



Vicerrectorado
Académico



**CONGRESO NACIONAL
y 1^{ER} CONGRESO
INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN**



**CONSEJO DE DESARROLLO
CIENTIFICO Y HUMANISTICO**

**“Investigación y
Sostenibilidad de la vida”**

Universidad de Carabobo

VII Congreso Nacional y 1er. Congreso Internacional de Investigación

Dr. Francisco Javier Triana Alonso

TOMO II

Del 01 al 03 de Diciembre de 2010
Campus Universitario
Bárbula, Estado Carabobo. Venezuela



Memorias VII Congreso Nacional y 1er Congreso Internacional de Investigación de la Universidad de Carabobo. *La Investigación en el Siglo XXI: Oportunidades y Retos*”

TOMO II

ISBN: 978-980-233-563-3

Depósito Legal: lf55320120014473



AUTORIDADES

Jessy Divo de Romero
Rectora

Ulises Rojas
Vicerrector Académico

José Ángel Ferreira
Vicerrector Administrativo

Pablo Aure
Secretario

Juan José Ramos
Decano Facultad de Ciencias Jurídicas y Políticas

José Luis Nazar
Decano Facultad de Ingeniería

Luis Torres
Decano Facultad de Educación

José Corado
Decano Facultad de Ciencias de la Salud

Benito Hamidian
Decano Facultad de Ciencias Económicas y Sociales

Yngrid Acosta
Decana Facultad de Odontología

José Marcano
Decano Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología

Zulay M. Niño R
Directora Ejecutiva CDCH-UC



DIRECTORES(AS) DE INVESTIGACIÓN

Rosa Graciela Ojeda
Directora de Investigación
Facultad de Ciencias Jurídicas y Políticas

Juan Luis León
Director de Investigación
Facultad de Ciencias de la Salud
Campus La Morita

Lisbeth Manganiello
Directora de Investigación
Facultad de Ingeniería

Bernardete M. De Agrela
Directora de Investigación
Facultad de Ciencias de la Educación

Ana Rita De Lima
Directora de Investigación
Facultad de Ciencias de la Salud
Campus Bárbula

Yamile Delgado de Smith
Directora de Investigación
Facultad de Ciencias Económicas y Sociales
Campus Bárbula

Carol Omaña
Directora de Investigación
Facultad de Ciencias Económicas y Sociales
Campus La Morita

Yolanda Felice
Directora de Investigación
Facultad de Odontología

Carlos Felipe Linares
Director de Investigación
Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología



COMITÉ ORGANIZADOR

Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico CDCH-UC

Junta Directiva del Congreso

Jessy Divo de Romero
Presidenta

Ulises Rojas
Vice-Presidente

Zulay M. Niño R.
Vice-Presidenta Adjunta

Gilberto Pinto
Coordinador General

Laura Antillano
Liseti Solano
Presidentas Honorarias

Joyce Esser de Rojas
Secretaria Ejecutiva

COMITÉ EDITORIAL

Rosalba Parra
Gilberto Pinto
Zulay Niño
Nayka Díaz
Yole González
María Dolores Couto
Joyce Esser de Rojas
Nora Vásquez
José Ortiz
Yalitz Aular
Salvador Buccella
Francesco De Bellis



COORDINADORES DE COMISIÓN

Nayka Díaz
Comisión Académica

Magda Cejas
Comisión de Arbitraje

Salvador Buccella
Comisión de Informática

Evelyn Martínez de Tortolero
Comisión de Finanzas

Rosalba Parra
Comisión de Publicaciones

Nora Vásquez
Comisión de Logística

Rosa María Tovar
Comisión de Medios y Comunicaciones

Anie Evies
Comisión de Protocolo

Manuel Barreto
Relaciones Interinstitucionales

Dalia Correa
Comisión de Turismo y Alojamiento

Alba Pérez Mato
Comisión de Cultura y Eventos Especiales

Servio Tulio Ferrer
Comisión de Seguridad

Onaldo Sifontes
Comisión de Transporte

Nayka Díaz
Asesora Científica

Yamile Delgado de Smith
Asesora Humanística



CONTENIDO

Bienvenida	xxxi
Francisco Javier Triana Alonso. Breve semblanza de un universitario ejemplar.....	xxxiii
Ex Presidentes y Ex Directores del Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico.....	xxxvi
Instituciones Participantes.....	xxxvii
Presidentes Honorarios.....	xxxviii
Epónimos	xl
Misión, Visión y Objetivo General del Congreso de Investigación de la Universidad de Carabobo.....	xlii
Sistema de Arbitraje.....	xliii
Programa Académico.....	xliv

TOMO I

TRABAJOS LIBRES

ÁREA CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

La pedagogía relacional: un camino educativo para un mundo sostenible <i>Franklin E. León R.</i>	47
La formación de orientadores(as) en America Latina: Criterios básicos para mejorar su calidad y pertinencia <i>Julio González Bello</i>	53
Significados institucionales y personales del infinito. Conflictos semióticos asociados a este objeto matemático <i>Carolina B. Vanegas R.</i>	59
La participación social del alumno en el desarrollo del servicio comunitario <i>María L. Trestini M., Marlene Talavera, Arelis Marcano</i>	64
Estrategias de enseñanza para mejorar la comprensión de enunciados en fundamentos de contabilidad <i>Jaem Ávila, Angie Franco</i>	71
Actitud hacia la investigación científica del estudiante de Odontología como elemento de cultura investigativa universitaria <i>Yadira Corral, Carmen Thamara Maldonado, Nubia Brito, Noraida Fuentes</i>	77
Instrumento para medir la actitud del tutor hacia el estudiante durante la actividad investigativa <i>Yadira Corral, Itzama Corral, Luis Manzanares</i>	83
La enseñanza de la fisicoquímica desde los principios del pensamiento complejo en la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Carabobo <i>Guillermo J, Centeno B.</i>	90
Modelo de gestión del conocimiento para el aprendizaje dialógico <i>María A. Larrea A.</i>	95
Gerencia universitaria: cambio y transformación <i>Amada Mogollón</i>	101
Actitudes hacia la conservación, defensa y mejoramiento del medio ambiente en la Mención Química de la FACE de la UC <i>Luz M. Salazar C., Lila Hernández</i>	106
Aproximaciones a la inteligencia creativa: una visión desde la educación inicial <i>Jeanette Alezones, Rosa M. Tovar</i>	112



El prácticum reflexivo y el aprendizaje de las ciencias experimentales desde los planteamientos de Donald Schön <i>Morella Acosta</i>	119
Expectativas de los usuarios potenciales del EcoParque Universitario de la Universidad de Carabobo, Campus Bárbula <i>Carmen K. Arasme S., Esmeya Díaz</i>	124
Adaptación de las Normas Vancouver a los trabajos de investigación desarrollados en la Facultad de Odontología, Universidad de Carabobo <i>Ybelisse Romero M., Gladys Orozco</i>	129
Elaboración de índices del uso de internet como herramienta de investigación por estudiantes del tercer año, colegio “María Auxiliadora” <i>Eglee J. Mujica A.</i>	135
Una orientación hacia la emancipación a través del conocimiento <i>Mónica Elizabeth Valencia de Contreras</i>	141
Reforma universitaria y sociedad del conocimiento en América Latina <i>María A. Larrea A.</i>	146
Ser en otros: en busca del fundamento ético <i>Franklin E. León R.</i>	151
Las nuevas tecnologías (TIC) y su uso como herramienta en orientación vocacional <i>Alida Malpica</i>	156
Enseñanza del inglés como lengua extranjera. Una mirada desde la innovación educativa <i>Aleida Aular</i>	161
Análisis hermenéutico del discurso en la Ley de Servicio Comunitario del Estudiante de Educación Superior <i>Yajaira J. Rodríguez N., Walter D. Lira M.</i>	167
Efecto de la estrategia metodológica ireal aplicada a la resolución de problemas matemáticos para el desarrollo del pensamiento divergente <i>Iliana Yurigma Rodríguez</i>	173
Investigar desde la Educación en el Siglo XXI <i>José T. Morales C.</i>	179
Formación de los practicantes docentes en el ámbito de la integración curricular <i>Rosa Amaya, Zoila Rosa Amaya</i>	185
La orientación educativa en Venezuela: historia y realidad <i>Omaira Yudith Lessire</i>	190
Patrimonio cultural inmaterial manifestado en el Velorio del Niño Jesús de Naguanagua <i>Álvaro L. Herrera A.</i>	195
La multimedia como reforzamiento lúdico para el aprendizaje de los estudiantes de educación superior <i>Yole González, Luis Guanipa, Rangel Rubén Darío</i>	200
Educación social y bienestar de la comunidad. Bajo un enfoque de Educación Ciudadana <i>Marlene C. Talavera, Max Macías</i>	207
Educación, bioética y deporte <i>Nereyda C. Hernández de R, Israel Rodriguez</i>	211
Estrategias de aprendizaje cooperativo <i>Thania M. Oberto M.</i>	218
Representaciones psico-socio-emocionales y sostenibilidad de la imagen corporal del obeso <i>Beatriz Dominguez</i>	222



Una aproximación a la identidad femenina desde lo imaginario <i>Mitzzy M. Flores S.</i>	228
Factores de quiebre en las parejas jóvenes de profesión docente, estudiantes de postgrado de la Facultad de Educación de la Universidad de Carabobo <i>Cristina Lorenzo V.</i>	233
Deconstrucción reconstrucción y flexibilidad. Una perspectiva en el diseño curricular basado en competencias <i>Milagros T. Briceño E.</i>	238
Análisis de las explicaciones de física en el aula universitaria desde un marco analítico pedagógico <i>Naykiavick Rangel, Thamara Fagúndez, Marina Castells</i>	242
Desarrollo endógeno en los espacios comunitarios desde un enfoque educativo <i>Marlene C. Talavera, María L. Trestini, Arelis Marcano</i>	247
De la socialidad a la identidad local - una tarea por construir en ciudadanía <i>Jairo Medina Cevedo</i>	251
Comprensión del proceso inmersivo de la mujer venezolana a la prostitución desde el enfoque factorial de la familia como parte dinámico de un sistema complejo <i>Francys G. Gómez B.</i>	256
El aprendizaje autónomo: un cambio en la formación del estudiante universitario <i>Zulayma Sanabria Guerra, Víctor A. Carrillo, Hellen K. Hernández</i>	262
Cambios en la educación superior en el marco de la actividad académica y profesional de los profesores y egresados universitarios <i>Magda Cejas. Mairy Cejas, Nataly Petit</i>	266
Conocimientos en lectura y escritura en estudiantes de castellano instrumental de FACE-UC <i>Teresa Mejías</i>	271
Dewey: enfoques de la educación artística y visual a propósito de la construcción del pensamiento para la paz como experiencia de vida <i>Aida Macias</i>	276
Reflexiones en torno al simulacro, desde Baudrillard: El Mall como texto <i>María Isabel Jácome</i>	281
El uso de la analogía en la enseñanza de la física universitaria <i>Thamara J. Fagúndez, Naykiavick Rangel, Marina Castells</i>	285
El proceso de institucionalización de la actividad investigativa en la Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Carabobo <i>Gerardo R. Campos</i>	292
Conflictividad escolar y formación del profesorado <i>José M. Fernández B., Celina M. Espinoza G.</i>	297
Perfil profesional de competencias específicas del docente de música <i>María C. Arcila F.</i>	302
La inteligencia emocional en la formación del docente en las instituciones de educación universitaria en Venezuela <i>Elizabeth Martínez R, Ruben Quintero M.</i>	307
Humedales de la Cuenca del Lago de Valencia: Integración universidad, docentes y comunidad para la sustentabilidad <i>Esmeya Díaz, Evelyn M de Tortolero, Roxy Pérez</i>	311
Competencias necesarias del estudiante de la mención de orientación para la realización del Servicio Comunitario <i>Olga Oliveros L.</i>	316



La pregunta. Poderosa herramienta de trabajo colaborativo para la gestión de conocimientos en entornos virtuales <i>Haydee Páez, Maritza Rojas de Gudiño</i>	321
La orientación verde, un espacio para estar en armonía con el universo <i>Grisel Vallejo B. Departamento de Orientación Facultad de Ciencias de la Educación</i>	327
Empoderamiento social de los adultos y adultas mayores de la ludoteca Simón Rodríguez <i>Ana Isabel Marquez Rojas, Migdy Chacin</i>	331
Presbítero Santiago Machado; Una vida que se hace caridad, no por pago sino por corazón <i>José R. Sánchez V., Miralyeth E. Chirino M.</i>	336
Efectividad de las clases “Metodología de la Investigación” en la aplicación de la estadística descriptiva en el trabajo especial de grado <i>Ligia Ceballos, Areida Y. González T.</i>	340
Sustentabilidad y currículo en el ciclo Básico de la facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad de Carabobo <i>María Á. Flores P., Esmeya C. Díaz</i>	344
Hacia la reconstrucción del currículo oculto de la educación desde la formación del nosotros: Una Realidad Contextual <i>Shirley Gómez</i>	349
Enseñanza y aprendizaje de las matemáticas en Ciencias Económicas y Sociales. Una experiencia en el aula <i>Jhonattan G. Medina O. y José Ortiz B.</i>	354
Modelo educativo de evaluación multifactorial fundamentado en normas ISO 9126 e ISO 14598 de materiales educativos basados en Web <i>Lisbeth Z. Castillo G.; Laybet Colmenares</i>	360
Maestría en Investigación en Salud: Un programa innovador para los profesionales del área sanitaria <i>Rosalina González L., Emy González, Laura Superlano, Ines Gaibazzi</i>	365
Módulo teórico reflexivo para la integración escuela comunidad a través de la práctica ciudadana <i>Luz M. González H.</i>	370
Algunos aspectos del enfoque ontológico y semiótico de la cognición e instrucción matemática <i>Dorenis J. Mota V., Mario Arrieche</i>	376
Historia-de-vida de la mujer popular venezolana o historia de un mundo-de-vida <i>Vivian González y Eusebio De Caires</i>	383
Reflexiones web-pistémicas del texto digital <i>Juan A. Ruffino J.</i>	388
Procesos actitudinales hacia el aprendizaje matemático reflejados por los estudiantes de Educación Media <i>Maryerlin T. Valecillos F., Guillermo Arraiz, Gusmarly Ziliani</i>	393
Estilos de aprendizaje en estudiantes de física y matemática como variable del desarrollo de habilidades directivas <i>Rosa Morales de Muñoz</i>	399
Creación de la unidad de estudios pedagógicos integrales – FaCE-UC <i>Emir Giménez A., Mónica Valencia B.</i>	405
Instrumento multidimensional para la evaluación por expertos de materiales educativos basados en web (e²mew) <i>Altagracia E. Táriba S., Laybet Colmenares</i>	411



Evaluación de un texto-recurso mediador para la iniciación en la lectura y escritura <i>Elisabel Rubiano A., Daisy Anzola C.</i>	416
La virtualidad: un escenario posible para la construcción de conocimientos matemáticos <i>Guillermo Arraíz, Maryerlin Valecillos, Gusmarlly Ziliani</i>	422
Análisis sistemático de experiencias innovadoras de la Universidad de Carabobo <i>María A. Ledezma F.</i>	428
La sibilante como marca de plural en el habla cotidiana de la ciudad de Maracay <i>Nancy J. Molina B.</i>	433
La afectividad en educación matemática <i>Gusmarlly Ziliani, Maryerlin Valecillos, Guillermo Arraíz</i>	438
Geometría fractal, una perspectiva de aproximación a la realidad ininteligible <i>Ahmad Osman C.</i>	443
Estrategia didáctica para el aprendizaje de la Unidad de Matrices en el Segundo año de Ciencia de la Unidad Educativa “Teresa Carreño” <i>Kemberli M. De Oliveira L., María A. Castillo F.</i>	448
Acción de investigar desde lo nodal en educación superior <i>Gladys M. Guillen S.</i>	453
El coaching personal como eje del liderazgo integral en docentes del nivel de educación superior <i>Juana Rios</i>	457
Evaluación de las instituciones venezolanas universitarias en el contexto latinoamericano. Un enfoque comparado <i>Leonor E. Perozo de R., Haydee Páez</i>	461
Elaboración de un audiovisual para la facilitación de la apropiación social del conocimiento: de la Universidad a la comunidad extra universitaria <i>Luisa Mercedes Freites Barros</i>	466
Reconstrucción Epistemológica de las concepciones sobre justicia social y equidad en el currículum de formación docente venezolano <i>Dulce Ceballos H., Leonardo Atencio</i>	471
Educación, pensamiento complejo y transdisciplinariedad <i>Karina M. Luna S., Minerlines Racamonde</i>	476
Uso de las tecnologías de información y comunicación (TIC) en el aprendizaje de Geometría II de la Facultad de Educación <i>Zoinel Lovera; Yonny Pérez; María del C. Padrón</i>	480
La orientación como praxis social. Pertenencia del orientador como dinamizador comunitario en el contexto socioeducativo de la actual realidad venezolana <i>Ricardo J. Carrillo O.</i>	485
Estrategias instruccionales de observación para el fortalecimiento en la formación de los estudiantes de la mención química de la Fa.C.E-UC <i>Gervany M. Moreno A., Luisana Chinchilla</i>	489
Aproximación a las competencias de modelización matemática en estudiantes de 12 a 14 años <i>Fabiola E. Guerrero S.; José Ortiz</i>	494
Sistema de indicadores de gestión para evaluar la investigación en el Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales de la UNELLEZ <i>Franklin J. Paredes; Duglas Moreno</i>	499
Necesidades formativas de los internos que estudian en el Complejo Penitenciario de Carabobo, Venezuela <i>María Victoria Moroño López</i>	504



Actitud de una muestra de los internos que estudian en el internado judicial carabobo, Venezuela, hacia los estudios y las herramientas tecnológicas <i>María Victoria Moroño López</i>	510
Preservación y conservación del ambiente en el contexto universitario del Área de Ingeniería Agronómica, UNERG, estado Guárico <i>Lesbia E. Lizardo D., Belén M. Bolívar L.</i>	515
Relación de la edad y el género en la motivación al logro de estudiantes universitarios <i>Elibeth M. Estrada B.</i>	521
Enseñanza de la geometría y competencias didácticas de docentes en servicio <i>Marisol Rivera R., José Ortiz</i>	526
La comunicación móvil (sms): una nueva forma de sociabilidad en los estudiantes del 1er. Semestre de la facultad de ciencias de la educación UC <i>Armando D. Salazar G.</i>	533
Actividades deportivas como estrategia para disminuir la violencia en educación primaria <i>Stanley Steele, Vladimir Sanchez</i>	538
Experiencia de un juego instruccional en un aula virtual sincrónico tipo MUD en los estudiantes de medicina <i>Eduardo J. Capote F., Hyxia Villegas, Alexis Duno</i>	545
Actitud de los docentes de matemática en formación hacia el uso de la Tecnología de la Información y la Comunicación <i>María del Carmen Padrón Ortiz</i>	550
Hacia la humanización de la educación matemática a partir de una reflexión hermenéutica centrada en la filosofía de FISH <i>Elda R. Talavera de V., Aleida P. de Montañez</i>	555
Uso de las tecnologías de información y comunicación (TIC) en el proceso de enseñanza de la Matemática de cuarto año <i>Karen D. Camacho V. Cehidimar Moncada</i>	559
Cualidades de la música como estrategia psicopedagógica <i>Minerva E. Soto S., Alvaro Herrera</i>	563
Orientación, sustentabilidad y ciudadanía. Una nueva racionalidad integrativa <i>Marilyn S. Durant De C.</i>	567
Pensamiento: ser humano una realidad indivisa <i>Esther M. Saavedra de Z.</i>	572
Estrategias cognitivas y aprendizaje matemático en educación media <i>Maira Esperanza Clemente Carpio</i>	577
Visita guiada: estrategia para valorar el ecoparque de la Universidad de Carabobo desde el enfoque de la sustentabilidad <i>Eliana Torres D; Esmeya Díaz y Roxy Pérez</i>	582
Pertinencia de la educación superior en la atención a personas con necesidades especiales <i>Dayana J. Perdomo F.</i>	586
Desarrollo de la interfaz de un material educativo para el manejo de la voz del docente apoyado en tecnologías <i>Blanca M. Valladares G., Vela Lamodak, Laybet Colmenares</i>	592
Una mirada crítica al uso de las TIC y a la enseñanza de la matemática en Venezuela <i>Alexandra M. B. P.</i>	597
Relación: ciencia y estética desde la visión integradora de Mario Bunge <i>Aida Macias</i>	602



Competencias matemáticas previas al estudio del álgebra lineal en estudiantes de ingeniería <i>Libardo Munar C., José Ortiz</i>	607
Interpretación del método cartesiano a la luz de la investigación en la educación matemática <i>Elda R. Talavera de V., Aleida Palencia de M.</i>	612
Los trabajos de grado: Reflexiones en la aplicación de la metodología cuantitativa y cualitativa <i>Magda Cejas, Elieth Diez, Victor Campos</i>	615
Propuesta de estrategias metodológicas sustentadas en las inteligencias múltiples, dirigidas a docentes adscritos a la Dirección de Extensión de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad de Carabobo <i>Xiomara Pacheco</i>	621
Necesidades de innovación en la enseñanza y aprendizaje de funciones reales en el nivel universitario <i>Alexis Fernández, José Ortiz, Cristóbal Reyes</i>	625
La bolsa de proyectos como estrategia de generación de conocimiento <i>Belkys Araujo M, María A. Silva P, Víctor León</i>	630
Liderazgo como función del director en las escuelas bolivarianas <i>Carmen T. Maldonado G., Yadira Corral</i>	636
Educar desde la pedagogía del amor <i>Marisol Sanabria S.</i>	642
Aplicación del software Física con ordenador en la enseñanza- aprendizaje del laboratorio II de Física en ingeniería <i>Ángela Cova</i>	646
Orientación y valores, son pilares fundamentales en la formación del nuevo ciudadano <i>Marina del C. Martínez</i>	652
Nociones básicas de lingüística <i>Ylmar del V. Campbell R.</i>	657
Actitudes de los estudiantes del nivel de educación media y diversificada ante situaciones de agresión <i>Maryangel I. Godoy F.</i>	662
La formación de investigadores en la universidad venezolana <i>Carlos Zambrano</i>	667
Modelo multidimensional de calidad para objetos de aprendizaje <i>Mayela Delgado Herrera, Francia Delgado</i>	672
Desarrollo del habla infantil bilingüe: Adquisición de la regla fonológica y morfológica de las inflexiones del plural del español <i>Mary Allegra</i>	678
La motivación en educación a distancia, un reto para docentes en el uso de la tecnología <i>Ifigenia A. E. Requena N., Francesco D. De Bellis T.</i>	684
Metodología de evaluación de impacto de estrategias de imagen corporativa, orientada a instituciones de servicios educativos a nivel superior <i>Carolina M. Rodríguez C.</i>	689
Las TIC y su aplicación en la educación superior <i>Ada E. Dugarte</i>	696
Los temperamentos en la escritura <i>Anamaría C. Feo</i>	702
Canales de percepción en el proceso de aprendizaje de los estudiantes del primer semestre de la FaCE <i>Bernardete M. De Agrela Do N.</i>	707



ÁREA CIENCIAS ECONÓMICAS Y SOCIALES

Aproximación a un esquema conceptual para propiciar cambios en la cultura organizacional <i>Ermelinda Mendoza de Ferrer</i>	713
Caracterización de la inspección del trabajo en Venezuela y su adecuación al nuevo marco de las relaciones laborales <i>Williams Aranguren Álvarez</i>	719
Síndrome de burnout en docentes de educación primaria de instituciones públicas ubicadas en el estado Carabobo <i>Mariela M. Rodríguez O.</i>	724
Diseño de la Dirección de Administración de la Fundación Parque Universitario de la Universidad de Carabobo <i>Thais Dubii Bondi, Esmeya Díaz</i>	732
El poder público nacional en Venezuela: Una primera aproximación: 1999-2007 <i>Domingo Sifontes, Natalia Aquino, Marianela Capacho</i>	736
Competencias necesarias para la realización del servicio comunitario en pregrado de FACES-UC, Campus Bárbula <i>William Guaira, Yadira Corral</i>	741
Plan de auditoría estratégica en el área de marketing de una empresa de servicio de seguridad <i>Doris Martínez, Carmen Colmenares y Yadira Corral</i>	748
Las determinaciones ontológicas de la gerencia <i>Ernesto López</i>	754
La doble presencia en el trabajo femenino. Caso Clínica del Centro Valencia-Carabobo <i>Dinoska Tovar Zerpa</i>	758
El nuevo cooperativismo en Venezuela: Una estrategia corporativista <i>Ramón Alberto Lameda Perozo</i>	764
Influencia de la tecnología en la gestión de recursos humanos ante las tesis del fin del trabajo <i>Thania Oberto Morey</i>	769
Mujer, trabajo decente y economía informal. Caso: mujeres trabajadoras en el estado Carabobo <i>Belkis Zoraida Tovar y Celsa Violeta Rojas</i>	774
Desafíos a los que se enfrenta la inspección del trabajo en el mundo <i>Williams Aranguren Álvarez</i>	779
El Enunciador Móvil. Notas para ir más allá de Lanz <i>Jesús Puerta</i>	783
Aportes ideológicos y de organización popular de los cantores populares en Venezuela <i>Sherline Chirinos</i>	789
La representatividad profesoral en el consejo de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la UC <i>Frank O. López Riera, Lourdes Mariella Abraham de Q</i>	795
Estimación del PIB potencial de Venezuela mediante filtrado de series y un var estructural <i>Exaú Navarro Pérez y Williams Vásquez Aguilera</i>	801
Arquitectura de la red virtual de aprendizaje para el Ciclo Básico <i>Neyda Ibáñez y Rubén Castillo</i>	807
La filosofía del entendimiento y los paradigmas filosóficos de la modernidad <i>Frank López</i>	812
Metodología educativa para el tratamiento de la práctica en el área de contabilidad general bajo un enfoque constructivista <i>Laura Valverde Nortés</i>	818



La planificación estratégica como herramienta gerencial para la pequeña y mediana empresa en Venezuela <i>Ahimara Suárez</i>	823
La inserción de la mujer en el mercado laboral <i>Aura Adriana Delgado C., Fabiola Cristina Rondón D.</i>	828
Patentes en Venezuela: caso industria petrolera <i>Rosa Morales, Rogelio Rojas, Alexandra Anchundia</i>	835
Lineamientos estratégicos para la formación de competencias laborales en el enfoque estructural de la Gerencia de Relaciones Oficiales de C.A. Danaven <i>Neyda Ibáñez, Rubén Castillo</i>	840
Organizaciones socioproductivas en el estado Carabobo. Enfoque emergente desde el desarrollo endógeno <i>Evelyn Martínez de Tortolero, Freddy Hernández Monrroy, María Ángela Flores, Rafael Lucena Castellano</i>	846
Consejos comunales y gestión administrativa-contable Una mirada desde Los Guayos, Venezuela <i>Dalia Correa, Pascuale Conte, Carley Piña, María Prieto</i>	852
Representación social del trabajo de los jóvenes <i>Lourdes Pereira Jardim</i>	857
IESPOVE: Una Propuesta Universitaria <i>Pedro Fernández, Carmen Mayz, Natalia Rivero, Elvia Jurado, Héctor Jiménez, Carmen Pineda, María Avila, Jose Risso, Nuris Gomez, Alvamir Escalona, Milagros Mena, Rita Vidal, Miguel Montilla, José A. García</i>	862
Métodos prospectivos cualitativos en la construcción de escenarios: caso Cooperativa de Servicios de Trámites Oficiales, R.L <i>Sixto Tovar, Neyda Ibañez, Ruben Castillo</i>	867
Incentivos laborales y su relación con el desempeño de las funciones secretariales <i>Aura Sambrano, Katuska Brito</i>	873
Los procesos de bifurcación de la economía-mundo contemporánea <i>Gustavo Fernández Colón</i>	877
Aproximación a la participación comunitaria en el proceso de contraloría social <i>Angemi Jiménez, Ricardo González, Mayerling Sánchez</i>	883
Parque tecnológico Carabobo: iniciativa para la gestión hacia la pequeña y mediana empresa. Elementos de análisis <i>Yoel García</i>	888
Estudio de la perspectiva interdisciplinaria entre la Contaduría, la Sociología y el Trabajo Social <i>María Duarte, Ligia Soto Navas</i>	893
La designación de los niños en los Andes de Venezuela <i>Francisco Freites Barros, Edixon Chacón</i>	899
Gestión tributaria municipal: lineamientos para la elaboración de un código de ética <i>Adrián Arturo Pacheco</i>	905
Las raíces y tubérculos: importancia en el desarrollo rural <i>Delis González Ochoteco</i>	910
Propuesta servicio de orientación laboral (SOL) para habitantes de la comunidad, a través de las “Casas de la Universidad de Carabobo” <i>Flor Alba Fuentes</i>	915



Factores institucionales desde la participación comunitaria y el capital social en el Municipio Valencia del estado Carabobo <i>Rafael A. Lucena C., Eveleyn M. de Tortolero, Freddy Hernández M.</i>	920
Premisas para la construcción de un sistema de contabilidad ambiental para parques universitarios <i>Caridad. A. Irausquín A., Esmeya Díaz</i>	925
La semiótica crítica, eje articulador entre el método y la teoría. Un estudio de competitividad de pymes del sector construcción <i>Iraida Elena Pérez Silva</i>	930
Triángulo docencia, investigación y extensión en la asignatura desarrollo organizacional. Una propuesta en servicio al desarrollo endógeno <i>Laura Yessenia Verde Carrizalez</i>	936
Las nuevas formas de pensamiento: adopción de la complejidad <i>Leticia Coromoto Montilla Ramonis</i>	942
La dirección de recursos humanos: clave en el fortalecimiento de la formación por competencia en las organizaciones <i>Magda Cejas, Nilda Chirinos, Edgar Porras, Mairy Cejas, Nataly Petit</i>	947
Ciencia e incertidumbre. Una aproximación a su comprensión <i>Jacqueline T. Mireles I.</i>	952
Los signos del trabajo informal femenino <i>Yamile Delgado de Smith, María Cristina González</i>	956
Liderazgo de la mujer y motivación de los trabajadores <i>Diana Rizo, Yamile Delgado de Smith, Yosbely Orta,</i>	962
Trabajadoras domésticas: condiciones de trabajo y necesidades <i>Diana Parra, Yosbely Orta, Yamile Delgado de Smith</i>	967
Tecnologías de información y comunicación en la gerencia universitaria <i>Yenitza del R. Poriet R.</i>	972
Síndrome de Boreout <i>Luis Eduardo Cabrera Noriega, Luis Simón Cabrera L.</i>	978
Significado de liderazgo responsable, desde la perspectiva de gerentes-líderes de organizaciones humanas, en el contexto de la complejidad <i>Ana Ysolina Soto de Clavero</i>	984
Efectividad de los programas de capacitación, basada en estrategias de evaluación pre-adiestramiento. Caso: empresa manufacturera <i>Nerza Z. Rey de Polanco, Mariet Morillos, Cirene Pinto, Nexdaly Robles</i>	991
Lineamientos estratégicos para la viabilidad del reconocimiento de la tributación verde en Venezuela <i>Yuslenis Yolimar Rojas Aguirre</i>	997
La Inflación: ¿Crimen de Lesa Humanidad? <i>Ricardo González Bravo, Ligia Sánchez</i>	1001
Diseño de un modelo gerencial social comunitario para la comunidad de Santa Águeda, estado Guárico <i>Demian A. Uzcátegui D.</i>	1006
Competitividad en la PyMEs del Municipio Diego Ibarra, a través de las Cinco Fuerzas Competitivas y las Tres Estrategias genéricas sugeridas por Michael Porter <i>Maily Medina, Marielba Colmenares</i>	1012



Contabilidad y prospectiva – complemento y fortaleza de la información contable en la dinámica organizacional <i>Fátima M. De Nóbrega Da Silva, Pedro J. González H.</i>	1017
Cambio social generado por la construcción del teleférico en el sector El Morrón, Vereda La Sucia del Corregimiento San Sebastián de Palmitas de Medellín (Antioquia-Colombia) <i>Sandra C. Montoya Galeano</i>	1022
Criterios que se conservan en la Sala Político Administrativa en materia de pago o abono en cuenta para la retención del impuesto sobre la renta <i>Hellen K. Hernández S., Victor A. Carrillo</i>	1027
Desarrollo social y atención al ciudadano en una empresa metalmeccánica <i>Jesús A. Useche Terán, Carlos Zambrano, Carlos Da Rocha, Doris Silva</i>	1032
Metodología Six Sigmas aplicada a procesos contables en una organización cooperativa <i>Jesús A. Useche Terán, Carlos Zambrano, Juan Betancourt</i>	1037
Criterios que se conservan en la Sala Político Administrativa en materia de pago o abono en cuenta para la retención del impuesto sobre la renta <i>Hellen K. Hernández S., Victor A. Carrillo</i>	1043
Un ejercicio metacognitivo en la enseñanza aprendizaje de la investigación científica en la institución universitaria <i>Dhynaida Quintana H., Luz Marina Márquez</i>	1048
Cultura tributaria y sustentabilidad <i>Leonardo Villalba</i>	1053
Cultura, medio ambiente y alimentación, en la Vereda “Playita” del Municipio de Bahía Solano. Departamento del Chocó, Colombia <i>Sebastián Rodas C., Catalina Montoya</i>	1057
Los Subsistemas de la Administración de Recursos Humanos para el desarrollo de los trabajadores en la empresa Agrollano Suplidores, C.A. <i>Marielba Colmenares, Maily Medina</i>	1064
Formación integral basada en aprendizaje continuo: una ventaja competitiva <i>Petit Nataly, Cejas Mairy</i>	1069
La gestión de los recursos humanos: Prácticas y tendencias <i>Edgar Rolando Smith Ibarra</i>	1075
Una mujer y un boxeador en la hora de sus verdades <i>Felipe A. Caballero R.</i>	1081
¿Ha disminuido realmente la pobreza en Venezuela? Una evaluación de los indicadores de pobreza en Venezuela <i>Pablo J. Polo, Moscoso Aldrys, Lopera Gladys</i>	1087
Teoría de regresión aplicada al análisis salariales <i>Valera H., Bruno</i>	1092
ÁREA CIENCIAS JURÍDICAS Y POLÍTICAS	
La zona gris entre la ficción y la realidad: la pedofilia virtual <i>Diony José Alvarado Pinto</i>	1101
Modernización democrática y Posdemocracia: Una aproximación a su conceptualización <i>María Isabel Puerta R.</i>	1107
Cultura militar y cultura democrática: elementos para la definición de la cultura política en Venezuela <i>María Isabel Puerta R.</i>	1111



Cambio institucional de 1999, ante la crisis de representación <i>Argenis S. Urdaneta G.</i>	1116
Nuevos cuestionamientos al concepto de subordinación <i>Thania Oberto Morey</i>	1122
La objeción de conciencia: aspectos normativos y bioéticos <i>Luisa Benavides de Castañeda</i>	1127
La cultura ecológica indígena como factor en la evolución del Derecho Ambiental venezolano <i>Yasser Abdel Abdelkarim Parada</i>	1132
Perspectiva general de la responsabilidad objetiva y subjetiva del empleador <i>Angela Cadavid de Zavarze, Nuvia del Carmen Pernia Hoyo</i>	1137
La construcción de la justicia global: el dilema entre el derecho y las políticas internacionales <i>Luis Enrique Ferrer Rojas</i>	1142
Democracia-Socialismo: ¿Una dicotomía posible en el actual Sistema de Partidos en Venezuela? <i>Hilarión Vegas Meléndez</i>	1147
Eficacia de la Constitución de 1999 a diez años de su promulgación <i>Judith Useche; Marie Picard de Orsini</i>	1154
El derecho a la educación del adolescente trabajador, como garantía a su protección laboral <i>Juliet González Sánchez</i>	1160
Capacidad jurídica de niños, niñas y adolescentes como sujetos plenos de derechos <i>Eloísa Sánchez Brito</i>	1165
Derechos fundamentales y derechos laborales <i>Leticia Coromoto Montilla Ramonis</i>	1169
Derecho del trabajo, cuestión social y justicia social <i>Rosiris Cecilia Rodríguez González</i>	1174
Causas del retardo procesal penal en el circuito judicial penal de Puerto Cabello. Estado Carabobo <i>Luigi Mitrano; Mercedes Navarro; Rusbel Nóbrega</i>	1179
El derecho al reintegro de los créditos fiscales. Una carga financiera para los contribuyentes del sistema tributario venezolano <i>Liliana Correia Pires</i>	1184
Espacio virtual de aprendizaje para apoyar clases presenciales en la FCJyP. Caso en estudio: Cátedra de Derecho Tributario <i>Tania Z. Bencomo E.</i>	1188
Articulación de la ética y el desempeño laboral del abogado <i>Eloísa Sánchez Brito; Juliet González Sánchez</i>	1194
La nueva forma laboral flexible en el marco de la capacitación de los trabajadores <i>Claudia Terán; Magda Cejas</i>	1198
Las creencias sobre la investigación en estudiantes de derecho. Un caso de estudio <i>Nohelia Alfonso</i>	1203

TOMO II

ÁREA INGENIERÍA

Modelación Estocástica de los Caudales Mensuales del Río Caroní en la Estación Hidrométrica Guri <i>Jorge E. Guevara Bello y Edilberto Guevara Pérez</i>	1261
--	------



Técnicas de modelación del proceso lluvia-escorrentía en la cuenca del río chirgua <i>Edilberto Guevara, Adriana Márquez</i>	1266
Evaluación de la estabilidad temporal y variabilidad espacial del patrón de infiltración en la cuenca del río chirgua <i>Adriana Márquez, Edilberto Guevara</i>	1271
Análisis Geomorfológico de la Cuenca del Rio Cabriales, Venezuela <i>Federico Valencia Ventura y Edilberto Guevara Pérez</i>	1279
Modelaje de la extracción de aceite de la almendra del corozo (Acrocomia aculeata), asistida por microondas y con solventes <i>Carlos Hernández, Edwin Oviedo, Alberto Mieres Pitre y Peggy Londoño</i>	1285
Desarrollo de un Algoritmo para el Cálculo de la Periodicidad de las Ondas de Vibrato <i>José Antonio Díaz, Howard B. Rothman, A. Antonio Arroyo</i>	1290
Anisotropía en el Comportamiento Mecánico a Tracción del Acero Inoxidable Aisi 304 Laminado <i>Juan Carlos Pereira Falcón¹, Mary Torres², Vicente Amigó³, Jenny Zambrano</i>	1297
Caracterización de un Suelo Agrícola Aledaño a la Mina Lomas de Níquel, Estado Aragua-Venezuela <i>Nereida Sánchez, Arglys Hernández</i>	1305
Sistemas de acondicionamiento preliminar de aguas superficiales en plantas potabilizadoras en Venezuela <i>Viky Mujica, Lisbeth Manganiello, María del Carmen Rodríguez</i>	1310
Tendencias analíticas actuales para la caracterización de polifenoles en granos de cacao <i>Lisbeth Manganiello, María Rodríguez, Aleyda Montañez, Ángel Rios, Viky Mujica</i>	1315
Diseño de un equipo de medición de viscosidad de bebidas alimenticias Obtención de Fertilizantes Edáficos a Partir del Licor Úrea Fosfato Generado como Subproducto en una Planta de Producción de Úrea Fosfato Cristal <i>Donato Magarelli, Katuska Franceschi, Dayana Castillo, Olga Ebratt</i>	1326
Evaluación Microbiológica de las Etapas del Procesamiento de Vegetales Troceados y su Influencia en la No Conformidad de los Productos <i>Carlos E. Hernández, Mayerling Pacheco y Alberto Mieres Pitre.</i>	1331
Caracterización Microestructural de Cables de Acero Perlítico de Relajación Baja y Normal, Destinados a Aplicaciones en Concreto Preesforzado <i>S. B. Cabello, M. Herrera, J. Cuesta, E. S. Puchi, G. González</i>	1336
Influencia de una amina sobre la actividad catalítica del complejo hidrosoluble RhH(CO)(TPPTS)₃ en la hidroformilación de olefinas de una nafta <i>Baricelli P. J, Rodríguez Alimar, Modroño-Alonso M, Rosales M</i>	1342
Ergonomía y psicología aplicada en una empresa del sector alimentos <i>Maricruz Santiago Valor, Azael Peña Loyo, Eliana Rodríguez Márquez</i>	1347
Factibilidad técnica de la instalación de un reactor piloto en una planta de tratamiento de superficies y adhesivos industriales <i>Katuska Franceschi, Donato Magarelli, Harold Medina</i>	1353
Propuesta para el Mejoramiento de la Producción de Agua Desmineralizada en una Planta Ensambladora de Vehículos <i>Pamela Cartes, Viky Mujica y María del Carmen Rodríguez.</i>	1358
Validación del Modelo de Mesoescala (MM5) del Servicio de Meteorología de la Aviación Militar Nacional Bolivariana <i>C. Vega, H. Malpica</i>	1364



Evaluación de la Calidad de los Servicios Públicos Domiciliarios de Recolección de Desechos Sólidos en el Municipio Naguanagua-Estado Carabobo <i>Lucia Chou Zheng; Carlos Pacheco Salcedo; Agustín Mejías Acosta</i>	1370
Consideraciones para el estudio de sitios potencialmente contaminados por efluentes papeleros (Caso Venezuela) <i>Polo Mirna, Martínez Yadira</i>	1376
Comparación del rendimiento de extracción de aceite de pulpa y semilla del fruto de la palma pijigao (<i>Bactris gasipaes</i> HBK) variedad amarilla <i>Ingrid Velásquez, Dalys Mendez, Viky Mujica</i>	1381
Influencia de la temperatura y la presión en la reacción de hidrofomilación bifásica del 1-hexeno utilizando el sistema Rh/Pz/DFFETS in situ <i>Victor Guanipa Q., Margarita Borusiak, Ángel González, Merlín Rosales, Pablo Bariecill</i>	1388
Modelos Anatómicos 2D y 3D para Cirugía Asistida por Computadora usando Máquinas de Vector de Soporte <i>Antonio Bosnjak, Guillermo Montilla, Ricardo Villegas, Iván Jara</i>	1393
Los Estilos de Aprendizaje de los Estudiantes de Ingeniería y las Estrategias de Enseñanza del Docente <i>Morella Acosta</i>	1398
Análisis Comparativo de Técnicas de Modelado de Operación del Embalse Pao-Cachinche <i>Milagros Padrón, Adriana Márquez y Edilberto Guevara</i>	1404
Controlador adaptativo tipo programador de ganancia con sistema supervisorio para la regulación del nivel en un tanque esférico <i>Aída R. Pérez R., Antonieta A. De Conno C., Álvaro D. Enríquez P.</i>	1410
Evaluación de la vida útil en una herramienta de corte en el mecanizado de piezas en bronce fosforoso <i>Luis F. Sidorovas, Rayner Godoy, Argenis Maza</i>	1416
Diseño de un sistema de recuperación de solventes para la reutilización en la limpieza de tanques de pinturas <i>Carlos Enrique Hernández; Karla García; Ylliana Reyes</i>	1421
Análisis de las anomalías pluviométricas en Venezuela <i>Franklin J. Paredes, Edilberto Guevara Pérez</i>	1426
Establecimiento de niveles de referencia para metales pesados como herramienta para evaluar la contaminación en los suelos <i>Julissa Brizuela</i>	1432
Desarrollo de un concentrado enzimático sustituto en la mezcla aditiva empleada en la producción de la harina de trigo panadera <i>Leonardo Franceschi; Alberto Mieres Pitre; Morelba Valdivieso</i>	1438
Balance del Nitrógeno en un Suelo Venezolano clasificado como Fluventic Haplustepts <i>Lily Marcano, Graciano Elizalde</i>	1444
Responsabilidad Social Individual, Contaminación Ambiental y Predicción de Eventos Naturales <i>Luis F. Sidorovas G.</i>	1449
Evaluación Ambiental de los Humedales en Venezuela. Caso Estudio Urama <i>Nereida López, Edilberto Guevara</i>	1455
Disminución del Tiempo de Cambio de Medida en una Empresa Fabricante de Cauchos, Bajo la Metodología Smed <i>Adriana Hernández, Ana Palacios y Emilsy Medina</i>	1460



Efecto del manejo agronómico sobre algunas características físicas de un suelo Evaluación Ergonómica en los Puestos de Trabajo de una Planta Manufacturera de Tambores Metálicos <i>María A. Navarro, Keila J. Rumbos, Crisdalith Cachutt</i>	1469
Revisión de las bases teóricas de Modelos de Gestión y Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas para Proyectos con Enfoque Participativo <i>Nancy Bolívar</i>	1476
Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibra de coco mediante ensayos destructivos y no destructivos <i>Belén Paricaguán, Carmen Albano, Ronald Torres, Nelson Camacho,</i> <i>Jeison Infante, Migdalis Alvarado</i>	1481
Estudio de las propiedades mecánicas de vigas y losas reforzadas con fibra de coco mediante ensayos destructivos y no destructivos <i>Belén Paricaguán, Carmen Albano, Ronald Torres,</i>	1487
<i>Nelson Camacho, Jeison Infante, Migdalis Alvarado</i>	1487
Programa de Mantenimiento Productivo Total (Mpt) en el Área de Molino de Trigo de una Empresa Molinera <i>Peggy A. Londoño D, Alberto Mieres-Pitre</i>	1493
Desarrollo de una galleta a partir del orujo de uva variedad criolla negra <i>Alberto Mieres Pitre, Adrian Andrade, Ledyamil García y Peggy Londoño</i>	1498
Extracción y caracterización del aceite de la semilla de uva (criolla negra) <i>Alberto Mieres Pitre, Adrian Andrade, Ledyamil García y Peggy Londoño</i>	1503
Determinación de las características de calidad del producto en una empresa de fabricación de perfiles de PVC <i>Díaz Andreina y Mieres Pitre Alberto</i>	1508
Racionalización de Recursos Complementarios para el Proyecto Factory <i>María Andreina Domínguez, Diana González, Marianna Barrios León</i>	1513
Condiciones de trabajo en una cooperativa venezolana de fundición <i>Bermúdez, Y., Córdova, J., Rodríguez, E.</i>	1519
Asignación de Carga de Trabajo a Flota de Montacargas Mediante Simulación con Arena V8 <i>González Sandoval, Jadlyn; Osorio Monsalve, Katiuska; Gómez Abreu, Ezequiel</i>	1525
Software para la Traducción de Lenguaje Escalera a Lista de Instrucciones, Destinado a la Programación de un Autómata <i>Aída R. Pérez R., Fausto A. González E., Francisco A. Álvarez G.</i>	1532
Evaluación del Citral contenido en el Aceite Esencial del Limón Criollo (citrus limonium) extraído con CO₂ Supercrítico <i>Mariuxi Fernández, Andrea Manosalva, Daniel Arias, Victor Perez, Germania Marquina-Chidsey</i>	1539
Formulación de un preparado farmacéutico con propiedades cicatrizantes a partir del llantén (Plantago major) <i>María Inés Preciado, Mariely Ortega y Pamela Cartes.</i>	1543
Imagen de un Instituto de Idiomas <i>Carmen Guédez, Lily Hosten, Deymarí Blanco</i>	1548
Síntesis del ácido cinámico en un sistema catalítico heterogéneo y su evaluación como fungicida <i>Vanessa Altomare, Rafael Hernández-Andara, Rodrigo García, Javier Ravelo, Celeste Fernández,</i> <i>Mario Rosi</i>	1554
Diagnóstico de dificultades para la gestión del conocimiento en empresas constructoras <i>Sergio Noguera; Marisela Giraldo; Luís Amendola; Tibaire Depool</i>	1560



Propuesta de un proceso de aprovechamiento de desechos de conchas de naranja (<i>Citrus sinensis</i>) para la obtención de celulosa <i>Doriana Gutiérrez H., José Correa S., Tony Espinosa, Gilberto Pinto P.</i>	1566
Identificación del Modelo Dinámico del Motor de Inducción utilizando Análisis de Sensibilidad Paramétrica <i>Antonio Millán, Carlos Villanueva, Antonio Fedón, Francisco Arteaga</i>	1572
Sistema de Control Difuso para la Alimentación de Sustrato en un Cultivo Semicontínuo de Levaduras <i>Llelysmar Crespo, Cravo Gabriel, Lameda Carlos</i>	1577
Evaluación del Proceso de Desnitrificación en Reactores Escala Piloto Tipo Bioactivados Rds <i>Mallia M. Auxilia D., Dautant S. Rafael, Pedro Montero, Adrián Sierra, Giovanni Mallia, Zulay Niño</i>	1582
Efecto de la atrazina sobre la actividad de los microorganismos del suelo <i>Samuel Cárdenas Izaguirre, Yadira Martínez</i>	1586
Reconstrucción de Imágenes de los Ventriculos Cerebrales usando varios Métodos de Segmentación de Level Set Implementados en ITK <i>A. Bosnjak, María F. Rodríguez, L. Colmenares, G. Montilla, I. Jara</i>	1591
Diseño de un Entorno Virtual para el Apoyo a la Presencialidad de las Clases de Neuroanatomía <i>Laybet Colmenares, Carlos Pinzón, Ivan Jara, Julio Barroso</i>	1596
<i>Antonio Bosnjak, Hyxia Villegas, Guillermo Montilla</i>	1596
Plan de reforestación parcial sobre la subcuenca del Río Cupira. Municipio San Diego, Estado Carabobo <i>Ocando Manuel</i>	1601
Propuesta para el Mejoramiento de la Eficiencia del Sistema de Tratamiento de Efluentes y Disposición de Desechos Sólidos Generados en una Empresa de Productos Alimenticios <i>Adrián Sierra, Auxilia Mallía, Daniel Llord, Marco Henríquez</i>	1607
Detección Mejorada de Neuropatologías Basada en Espectros de Orden Superior <i>César Seijas, Antonino Caralli, Sergio Villazana</i>	1614
ÁREA CIENCIAS Y TECNOLOGÍA	
Relación entre el parámetro de solubilidad y la densidad de energía libre no enlazante de solventes usando el método Continuum Polarizable Conductor Model (C-PCM) <i>Aray, Y.; Rodríguez, J.; Parra, J.</i>	1623
Aplicabilidad de la técnica de espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano para determinar dodecibenceno sulfonato de sodio en limpiadores <i>Mónica López, Ygmar Jiménez</i>	1629
Impacto de las Tecnologías de Información y Comunicación en el aprendizaje de estudiantes de las licenciaturas en Física y Biología <i>Grimón, F., Ortega, D., Delgado, D.</i>	1634
Lineamientos basados en la Arquitectura Empresarial para la Conceptualización de una Organización de Educación Superior Venezolana <i>Maria M. Guevara, Dinarle M. Ortega, María I. Jácome</i>	1640
Material Educativo Computarizado en la Enseñanza y Aprendizaje del Dibujo Técnico en 1er. Año Ciencias de la Unidad Educativa “Colegio Betania” <i>Doris K. Salazar C., Valermay Márquez</i>	1646
El Teletrabajo una opción para los trabajadores de la informática <i>Lubiza Osio Havriluk</i>	1653



Hidrogenación bifásica de aldehídos α,β-insaturados utilizando complejos hidrosolubles binucleares de rodio <i>Luis G. Meleán, Mariandry Rodríguez, Angel González, Merlin Rosales, Pablo J. Baricelli</i>	1658
Hidroformilación bifásica de alilbencenos e hidrogenación de aldehídos α-β insaturados con complejos de rodio y rutenio en líquidos iónicos <i>Pablo J. Baricelli, Luis G. Meleán, Mariandry Rodríguez</i>	1663
Proyecto Telesalud de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de Carabobo <i>Ing. Egilda Pérez, Dra. Hyxia Villegas, Dra. Maristela de Boada</i>	1668
Herramienta basada en la tecnología Rich Internet Applications (RIA) para la gestión del proceso de enseñanza-aprendizaje del sistema quirófono remoto <i>Marchetti, M, Grimón, F, Castañeda, A., Monguet, J., Escobar, P³</i>	1675
Diseño centrado en el usuario de un software educativo para uso de las TICs como apoyo en las prácticas docentes <i>María Gabriela Lasaballett, Hyxia Villegas</i>	1680
Estructura de los supercúmulos de galaxias mediante el Efecto Sunyaev-Zel'dovich <i>Nelson Falcón</i>	1685
Dinámica de gases contaminantes bajo equilibrio hidrostático en atmósferas planetarias <i>Nelson Falcón, Erith Muñoz</i>	1690
Conducción de Calor en la atmósfera de los cúmulos de galaxias <i>Nelson Falcón</i>	1695
Obtención de butil acetato en un sistema de destilación reactiva utilizando el aceite de fusel como un desecho agroindustrial <i>Vanessa Altomare, Henry Labrador, Paola Rodríguez, Vanessa Morales, Mario Rosi, Celeste Fernández</i>	1701
Multiplicador Paralelo en Campos Finitos de Galois GF (2^m) sobre FPGA Aplicado a Códigos Reed Solomon con longitud ajustable <i>Cecilia E. Sandoval Ruiz</i>	1706
Estudio del meteorito Hoba por Espectroscopía Mössbauer y Microsonda Electrónica <i>Angel E. Rivas, Nelson Falcón, Fernando González-Jiménez, Edgar Jaimes, Carlos Rojas</i>	1712
Educación Presencial o Teleformación en Educación de Postgrado. Todavía un Dilema <i>Arreaza Evelyn, Páez Haydee, Vizcaya Wildea</i>	1716
Experiencia Previa y Expectativas de Aprendizaje Empleando el Entorno Virtual Moodle como Apoyo a La Docencia <i>María Triolo, Rowland Saer, Yasmín Tang, Salvador Buccella, Arli Guerrero</i>	1723
La metodología de Geo-Ciudades aplicada al Manejo y Gestión Integral de Cuencas bajo un enfoque participativo <i>Antonio Romero F, Esmeya Díaz</i>	1730
Visión Artificial para el Vehículo Submarino Autónomo MANTA para la Localización de Fugas en Oleoductos Sumergidos de Instalaciones Petroleras <i>Fidel Gil, Javier Albrigo, Freddy Perozo, Joel Rivas</i>	1735
Reducción del nivel de lignina en la corteza del Eucalyptus urophylla mediante tratamiento térmico <i>Alvarado, C.; Heredia, U.</i>	1740
Diseño de interfaz gráfica para determinar los índices de pigmentación y eritema de la piel humana <i>F. Narea, L. Porras, R. Muñoz, A. Muñoz</i>	1747



TOMO III

ÁREA CIENCIAS DE LA SALUD

Aproximación teórica a la Calidad de Vida del docente universitario vista desde la Complejidad <i>Harold Guevara Rivas, Antonio Domínguez Montiel</i>	1805
Cambios en el estado nutricional del hierro durante la gestación <i>María Adela Barón, Evelyn Peña, Armando Sánchez y Liseti Solano</i>	1811
Factores de riesgo para Síndrome Metabólico y la proteína transportadora de esteroides de colesterol en mujeres posmenopáusicas <i>Yubire Barrios, Elisa Martínez, Milagros Espinoza, Gilberto Bastidas, María Adela Barón</i>	1815
Optimización de un protocolo para la detección de secuencias de ADN mutadas en el gen tp53: Resultados preliminares <i>Carlos JG. Flores-Angulo; José A. Martínez; Jorge Vargas-Arenas; Narviz Pulido; Nancy Moreno</i>	1820
Detección del virus de fiebre amarilla in vitro mediante transcripción reversa-reacción en cadena de la polimerasa <i>Johanny Ruiz, Ysmar Ruiz; Lola Bravo; Rosa Hernández; Flor Herrera</i>	1826
Estandarización de una PCR múltiple para el diagnóstico diferencial de taenia solium y taenia saginata <i>Elizabeth Ferrer, Elianee Useche, Erika Rangel, María Lares, Mercedes Vietri, María Milagros Cortéz, Luís Miguel González, Teresa Gárate, R. Michael e. Parkhouse</i>	1831
Cambios morfológicos en metales empleados en la fabricación de asas para la siembra de cultivos biológicos, mediante microscopia electrónica de barrido <i>Claudio Medina, Gilberto González, Clara Hernández</i>	1836
Variables sociodemográficas y comportamiento antropométrico en un grupo de gestantes adolescentes en situación de pobreza <i>Sánchez Jaeger Armando, Barón María Adela, Lobo Nellys, Solano Liseti y Peña Evelyn</i>	1840
Expresión de E-cadherina en los tipos moleculares de carcinoma ductal infiltrante de la mama <i>Natalia Fandiño, Tatiana Fandiño, Amilcar Pérez, Mai-Lyng Hung, Yolima Fernández, Felipe Saldivia, Aldo Reigosa</i>	1846
Estudio ergonómico en técnicos de mantenimiento en una planta cementera <i>Rogelio Manero Alfert</i>	1853
Evaluación de Unidades Repetitivas Micobacterianas Interdiseminadas-Número Variable Repetidos Tandem y Comparación con Espoligotipaje en aislados de Mycobacterium tuberculosis en Venezuela <i>María Victoria Méndez, Jacobus de Waard, Howard Eugene Takiff</i>	1860
Comprensión y complejidad de la salud en la mujer: El soma dialogante <i>Ana Cecilia Campos</i>	1865
Frecuencia de pacientes HIV positivos con resultados no retirados mediante Elisa e Inmunoblotting 2000-2008 <i>Isela Curiel, Haifah Kuder, Xiomara Tovar, Holanda Perdomo, María Delgado</i>	1871
Abordaje emergente de la psoriasis desde el paradigma de la complejidad en la visión de una bioética global <i>Maribel Bont Paredes, Yohana L Baudin, Luis Bolivar, Carlos Rojas Malpica, Jesús Leal Gutiérrez</i>	1877
Salud colectiva: campo complejo y transdisciplinar <i>Ivis Tirado M.</i>	1885
Intoxicaciones por Paraquat reportadas en el Centro Toxicológico de la Región Centro Occidental de Venezuela, Periodo 1997-2000 <i>Rodríguez M.; Agreda O.; Seijas D.</i>	1890



Apache II, valoración global subjetiva y albúmina sérica como escalas pronósticas de gravedad en pacientes críticos <i>Cantillan Daniela, Hernández Ruth, Ng Dayana, Quevedo Ysabela, Mireya Zavala, Amilcar Pérez.....</i>	1894
Determinación de 1-Hidroxipireno urinario por cromatografía líquida de alta eficiencia <i>Romero G, Palencia A, Vargas M, Piñero S, Rivero E.....</i>	1899
Valores de cotinina urinaria en niños asmáticos. Valencia - Estado Carabobo <i>Aura Palencia, Gabriela Romero, Maritza Vargas, Sofía Piñero, Carlos Flores, Exila Rivero.....</i>	1904
Hidrocarburos aromaticos policiclicos en cabello de personas expuestas en la avenida Bolivar Norte, Valencia, estado Carabobo, Venezuela <i>Maritza T. Vargas L., Aura Palencia, Gabriela Romero, Sofía Piñero, Exila Rivero, Leida Escalona</i>	1908
Deficiencia de hierro y parasitosis intestinal en niños de la comunidad Miguel Peña. Valencia. Carabobo <i>Sobeida Barbella de Szarvas, Jasmin Tan, Idda Medrano, Alexis Gil, Arelis Conde, Gina Latouche.....</i>	1914
Procesos simbólicos y salud: aportes teórico-metodológicos para una investigación <i>Luisa Rojas Hidalgo.....</i>	1919
Tumor primario de pulmón de tipo histológico poco frecuente <i>Vilma Esther Rebolledo Pulido, Isabel V Varela J</i>	1924
Interpretacion de células escamosas atípicas de significado indeterminado, mediante los criterios del Sistema Bethesda 2001. Laboratorio de Citopatología Valencia Venezuela año 2008 <i>Enersy M. Román S., Liliane C. Somogyi, Carmen C. Malpica G.</i>	1928
Evaluación morfológica y serológica de pacientes con diagnóstico clínico de Ehrlichiosis en una población del Estado Carabobo en Venezuela <i>Glenymar Contreras, Mileglis Cordero, Eliana López Viloría, Dora González.....</i>	1932
Obesidad infantil: resistencia a la insulina, diabetes mellitus tipo 2 e hipertensión arterial <i>Nerkis Angulo, Yaira Mathison, Ysabela Quevedo, Jesús Stampone.....</i>	1937
Síndrome Metabólico y Obesidad infantil: Evolución de criterios diagnósticos <i>Nerkis Angulo, Sobeida Barbella de Szarvas, Ysabela Quevedo, Jesús Stampone</i>	1942
Violencia Sexual: una patología social silenciada <i>Marbella Camacaro Cuevas, Karina Abou Orm Saab</i>	1949
Acción inhibitoria de la lidocaína en especies de Candida sp. <i>Milagros S. Joya M.milajoya@cantv.net.....</i>	1953
Identificación de procesos peligrosos en una universidad venezolana <i>Guido A. Squillante G., Carlos A. Espinosa R., David E. Seijas S., Doris M. Nóbrega de H.....</i>	1956
Sobrepeso y obesidad a nivel de la consulta de nutrición del hospital de niño Dr. “Jorge Lizarraga” Estado Carabobo. 2009 <i>Ida Medrano de Moreno, Osio María Alejandra, Sobeida Barbella de Szarvas</i>	1962
Relación entre IGF-1 (Factor de Crecimiento parecido a la Insulina tipo 1), diabetes tipo 2 y enfermedad cardiovascular <i>Mónica Tatiana Mejía Sandoval, Mónica Mejía, Maria Tucci, Maria Muñoz</i>	1967
Estudio del somatotipo en estudiantes universitarios y su relación como posible parámetro de padecer enfermedades no transmisibles <i>Castellanos Reinaldo, Corvos César, Sequera César.....</i>	1972
Comparación de la técnica de Inmunoseparación Magnética y el método convencional para el aislamiento de Salmonella spp. en leche pasteurizada contaminada artificialmente <i>Petrola Maribel, Pinto Andrealicia, Luigi-Sandoval Teresita, Rojas Tomás.....</i>	1978



Uso y características del consentimiento informado en trabajos de pregrado de la escuela de Bioanálisis- sede Carabobo. Periodo 2001-2008 <i>Nayari García, Angelica Picado, Briolanja Rodríguez, Beatriz Jurado, Amarily Perelli, Vita Calzolaio, Rosalina González.....</i>	1983
Genotipos de la Delta-Aminolevulinato Dehidratasa en trabajadores expuestos ocupacionalmente a plomo en la Región Central de Venezuela <i>Magola Fernández Garzon, José A. Martínez, Narviz Pulido, Carlos Flores Angulo, Mirta Rodríguez, Ana María Prieto, Bibi Nazila Ali, Carmen L. Piña A, Nancy Moreno</i>	1990
Síndrome metabólico, dependencia nicotínica y función pulmonar en pacientes fumadores activos <i>Querales Marvin, Leal Ulises, Rojas Susan, Espinoza Milagros, Emilia Barrios.....</i>	1996
Lipemia postprandial: relación con el síndrome metabólico y factores de riesgo cardiovascular <i>Susan Rojas, Marvin Querales, Ulises Leal, Milagros Espinoza, Emilia Barrios.....</i>	2001
Efecto de praziquantel sobre la actividad de superóxido dismutasa, fosfatasa ácida y fosfatasa alcalina en gusanos de Schistosoma mansoni <i>Osneycar Barreto, Ruth Blanco, Emilia E Barrios, Lissett Sánchez, Víctor Delgado, Viana Pinto, Wolfan Araque.....</i>	2007
Perfil lipídico – metabólico antes y después del ejercicio físico en estudiantes de primer año de Bioanálisis- Valencia, Universidad de Carabobo <i>Jerili Capote; Karina Cano; Nubia Brito; Yolima Fernández; Graciela Nicita.....</i>	2011
Infecciones de transmisión sexual y educación a través de valores éticos <i>Himán Richani.....</i>	2016
Viabilidad de promastigotes de Leishmania mexicana expuestos al antibiótico catiónico esteroideo-13 <i>Ysamar Yvonne Chirinos Vivas, Ysamar Yvonne Chirinos Vivas, Orquídea Leonor Rodríguez, Melcena Moreno, Paul B Savage, Martín Antonio Sánchez</i>	2021
Algunos aspectos sobre la sexualidad: Una visión desde la complejidad <i>Luzmila Fuentes Luque</i>	2025
Auto eficacia y actitud hacia el uso del condón de adolescentes de una Unidad Educativa de Valencia. Estado Carabobo 2010 <i>Fuentes Luzmila, Pérez Amílcar</i>	2029
Significado del cuerpo humano sin vida para algunos trabajadores de la salud y otros funcionarios públicos. Comunicacion preliminar <i>Tocci Dell Oglío Napoleòn, Cira Bracho de Lòpez, Jesús Leal Gutiérrez.....</i>	2034
Análisis de los microsatélites intragénicos IVS27AC28.4 e IVS38GT53.0 en un grupo de pacientes con Neurofibromatosis tipo 1 (NF1): Resultados preliminares <i>Jorge Vargas-Arenas; José A. Martínez; Narviz Pulido; Teresa Oropeza; Nancy Moreno.....</i>	2039
Evaluacion de la calidad higienico-sanitaria de leche cruda y pasteurizada. Valencia, estado Carabobo <i>Luigi-Sandoval, Teresita; Rojas Legna, Valbuena Oscar.....</i>	2044
Tratamiento quirurgico del reflujo vesicoureteral en pacientes pediátricos <i>Oriana Olivares, Paolo Russo, Ronald Guia, Carmen Nuñez, Zully Vilchez.....</i>	2049
Investigación Científica. Fraudes y Faltas a la Ética en el Proceso de su Publicación <i>Carlos A. Espinosa R., María A. Pieters R.....</i>	2052
Evaluación de la maestría en toxicología analítica en términos de tiempo de permanencia <i>Yalitz Aular, Maira Carrizales, Yolima Fernández.....</i>	2058
Frecuencia de bacterias sulfato-reductoras en agua de proceso de empresa papelera <i>Noja Izzeddin.....</i>	2062



Evaluación de bioaerosoles en quirofanos de centros de salud de la ciudad de Valencia, Venezuela <i>Noja Izzeddin, Luis Medina, Tomas Rojas</i>	2065
Caracterización clínico epidemiológica. Pacientes de la consulta de Osteoporosis. Ciudad Hospitalaria Dr. Enrique Tejera, febrero 2008- noviembre 2009. Valencia-Carabobo <i>Dérika López, Massiel Fagundez</i>	2070
Valores densitométricos y marcadores óseos. Consulta de osteoporosis Ciudad Hospitalaria Dr. Enrique Tejera febrero 2008- noviembre 2009 Valencia. Carabobo <i>Dérika López, Massiel Fagundez</i>	2074
Efecto del extracto etanólico de <i>Tithonia diversifolia</i> (Asteraceae) sobre mediadores de inflamación en macrófagos RAW 264,7 <i>Mirian García, Peter Taylor, Manuel Da Silva, Izaskun Urdanibia</i>	2078
Presencia del metabolito AOX (3-amino 2-oxazolidinona) de la furazolidona en muestras de carne procesada de aves y cerdos <i>Nelva Morella Ramírez d Rolo, Morella de Rolo, Carmen de Noguera,</i> <i>Antonia Clavijo Coromoto Alfaro</i>	2082
Excreción urinaria de tioeteres y 1-Hidroxipireno en trabajadores expuestos a hidrocarburos aromáticos policíclicos en una industria de la goma <i>Sofía Piñero, Exila Rivero, Soraya González, Sharin Marrero, Gabriela Romero y Lourdes Arvelález</i>	2087
Prevalencia de pacientes con sífilis <i>Oriana Olivares, Tatiana Lindholm, Newmar Lameda</i>	2092
Mutaciones de fibrosis quística en pacientes de distinta procedencia geográfica atendidos en la Unidad Proyecto Aragua y Laboratorio de Biología Molecular <i>María Fátima Baeta, Nicole Ramírez, Karina Pacheco, José A. Martínez, Nancy Moreno,</i> <i>Leidys Osorio, Manuel Rolo^{1*}</i>	2096
Detección de <i>Salmonella</i> spp mediante Inmunoseparación Magnética (IMS)-Cultivo y Coprocultivo, en muestras de heces humanas contaminadas artificialmente <i>Arredondo Diana, Álamo Torcis, Apóstolo Mónica, Ibarra Brigitte, Luigi-Sandoval Teresita</i>	2101
Percepción del equipo de salud sobre la atención de niños y adolescentes con el virus de inmunodeficiencia humana <i>Milagro Soto de Facchin, Jesús Leal Gutiérrez</i>	2106
Hacia el desarrollo de un ELISA de captura con potencial aplicación para la detección de coproantígenos de <i>Taenia</i> sp <i>Irene D’Orazio, Susana Gomes, Glenda Rojas, María Lares, María E. Figuera, Cruz Manuel Aguilar,</i> <i>María Martínez⁴, R. Michael E. Parkhouse⁵, María Milagros Cortéz¹</i>	2111
Caso clínico: Esquizofrenia y Síndrome de Silla turca vacía: correlación o causalidad <i>Eduardo Capote, Uribe Ezequiel, Richard Joseph Wix-Ramos, Milet Mendoza, Margreth Garcia</i>	2116
Leptina, adiponectina, perfil lipídico e índice homa en pacientes diabeticos tipo 2 <i>Dora C González, Eglismary Marcano, Livia Servelión, Milagros Espinoza, Ana K. Hernandez,</i> <i>Eliana Lopez Viloría, Carlena Navas</i>	2121
Diferenciación Territorial de la Salud y Condiciones de Vida en el Estado Carabobo <i>Eduardo E. Ortunio C., Magalys M. Maldonado G.</i>	2126
Tendencia de la mortalidad por cáncer de cuello uterino. Estado Carabobo. Periodo 1995-2007 <i>Eduardo E. Ortunio C., Magalys M. Maldonado G., Benny Suárez</i>	2132
Predicción de Riesgo de Diabetes Tipo 2 en adultos jóvenes en presencia de componente heredo-familiar <i>Mónica Mejía, Eliana Aldana, Angela Angel, Anaís Angulo, Neilene Araca, Zully Vilchez</i>	2137



Dominio del inglés de los docentes para implementar un programa director de inglés biomédico en la carrera de Medicina <i>Eddy Yuradys Guédez</i>	2142
Efecto de polisacáridos sulfatados en la infectividad de virus dengue en células vero <i>Argelia J. Celis A., Gerder Marlene, Moros Zoila, Liprandi Ferdinando</i>	2148
Ansiedad y ocupación en estudiantes de educación universitaria de una institución pública y una institución privada <i>Karem E. Peña M., Diana C. Wharwood L.</i>	2155
Factores de riesgo cardiovascular clásicos, proteína C reactiva y fibrinógeno en pacientes con lupus eritematoso sistémico <i>María Navarro, Gerardo Martínez, Scarlet Silva, Luis Pérez-Ybarra, María Ruíz, Mariela López</i>	2159
Estados de ansiedad y depresión relacionados con la relación familiar disfuncional en estudiantes de medicina de la Universidad de Carabobo <i>Eduardo Capote, Ezequiel Uribe, María Alejandra Brett, Wix Richard</i>	2164
Diseño y construcción de un fijador externo para fractura diafisaria de fémur <i>Greiza García, Ángel Sabril</i>	2169
Satisfacción laboral en el profesional de enfermería y su impacto en la aparición del síndrome de Bournout <i>Luisa Alguero, Jesús Hernández</i>	2174
ÁREA ODONTOLOGÍA	
Aplicación del índice cortical mandibular para la evaluación de la densidad mineral ósea <i>Maira Quevedo Piña, Adalsa Hernández</i>	2183
Diseño de una base de datos para un sistema informático experto en patología <i>Agüin Víctor, Berrios Gabriel, Meléndez, Rosa</i>	2190
La sensibilidad y especificidad en el diagnóstico de caries dental <i>Alejandra. Montenegro, Julieta A. Montero.</i>	2195
Microfiltración de restauraciones realizadas con ionómeros de vidrio <i>Natalie A. Pereira S.*, Andreína C. Jordán B., Douglas R. Rodríguez G.</i>	2201
Sensibilidad del Streptococcus Mutans a tres enjuagues bucales comerciales (Estudio in vitro) <i>Elizabeth Romano, Laura Rojas, María Cristina Aguilera, Norys Ramos</i>	2207
Resistencia a la compresión de los pernos colados prefabricados de fibra de vidrio y roscado al aplicar una fuerza continua <i>Rodríguez Arias A., Ramírez Medina A.</i>	2212
Comparación de restauraciones de resinas compuestas realizadas por estudiantes y odontólogos de servicios públicos, utilizando el criterio de Ryge modificado <i>Serrano Diana L, Rojas Andrea, Pereira Sánchez, Pereira Natalie</i>	2218
Detección de helicobacter pylori en pacientes portadores de prótesis fija a través de la técnica de PCR <i>Roba Izzeddin, Maria Salas, Rubén Toro, Rula Izzeddin</i>	2224
Deserción y repitencia académica en la Facultad de Odontología de la Universidad de Carabobo <i>Pablo A. Peña*, Juan P. Valente, Yadira Corral, Carlos Sierra</i>	2229
Propuesta de estrategias de enseñanza teórica-práctica para dinamizar los procesos de aprendizaje <i>Ordosgoiti Palomo D.; Roba Izzeddin; Parra Navarro P., Maria Salas, Rubén Toro, Rula Izzeddin</i>	2235
Poder predictivo de la Prueba Interna de Admisión en el desempeño académico de los estudiantes de Odontología <i>Labrador María, Orozco Jesmar</i>	2241



Efecto de las técnicas de relajación como terapia alternativa en la contractura muscular <i>Bello Ramos M, López Gil M, Od. Guada N.....</i>	2247
Efectividad del uso del programa photoshop como complemento en el diagnóstico de lesiones premalignas orales <i>Jiménez A., Linares F.....</i>	2254
Técnicas de diagnóstico para la displasia fibrosa monostótica. Reporte de un caso <i>Daniella Angel, Ybelisse Romero</i>	2260
Manual de orientación dirigido a representantes sobre prevención y manejo de la salud bucal en niños con hendidura labial y/o palatina <i>De Oliveira Adriana, Meijide Andreyana.....</i>	2265
Presencia del Virus del Papiloma Humano en cavidad bucal de pacientes con lesiones del virus a nivel genital <i>Torres S. Jessenia, Torres G. Patricia</i>	2270
Diagnóstico de caries dental y enfermedad periodontal en escolares <i>Pía E. Liccioni, Fabiola S. Amato, Ybelisse Romero, Yajaira Loaiza.....</i>	2274
LISTA DE ÁRBITROS.....	1209





Bienvenida

Del 01 al 03 de diciembre de 2010, se celebra en la ciudad de Valencia, Venezuela, el VII Congreso Nacional y 1er Congreso Internacional de Investigación de la Universidad de Carabobo, evento que lleva por lema “Investigación y sostenibilidad de la vida” y por nombre “Francisco Javier Triana Alonso” como homenaje póstumo a un universitario ejemplar.

Como las anteriores, esta edición del Congreso de Investigación, constituye un escenario académico de encuentro personal para el intercambio de experiencias investigativas en una amplia y multidisciplinaria agenda científica. En esta oportunidad tiene carácter internacional porque en su Comité Organizador y en la formulación de la propuesta programática participan reconocidas instituciones académicas internacionales.

Este evento, el más importante desde el punto de vista académico de nuestra institución, tiene como objetivos:

- Propiciar un espacio para el conocimiento, la reflexión y disertación sobre la actividad investigativa entre los investigadores de nuestra comunidad universitaria y sus pares de otras instituciones nacionales e internacionales
- Analizar las nuevas tendencias de investigación por áreas del conocimiento, desde una perspectiva interdisciplinaria
- Integrar de manera individual y colectiva a los investigadores e instituciones participantes en el evento, para consolidar a través de redes los productos investigativos
- Difundir los productos de investigación, mediante las diferentes modalidades de presentación previstas en el evento
- Fortalecer los vínculos de la actividad de investigación de la Universidad de Carabobo con las Instituciones productoras de Ciencia y Tecnología a nivel regional, nacional e internacional
- Propiciar la integración de las diversas estructuras de investigación, del Postgrado y de las Unidades Académicas de las Facultades de la Universidad de Carabobo
- Generar un espacio para la divulgación de las expresiones culturales y artísticas de los miembros de la comunidad universitaria

Su lema, “Investigación y sostenibilidad de la vida”, sintetiza el interés de los organizadores de que este encuentro tenga como principal motivación el poner de relieve, hoy más que nunca, la necesaria e imprescindible vinculación entre la producción de conocimiento y la sostenibilidad de la vida.

La práctica de la investigación científica y la utilización del saber derivado de ésta deberían estar siempre encaminadas a lograr el bienestar de la humanidad, y en particular la reducción de la pobreza, respetar la dignidad y los derechos de los seres humanos, así como el medio ambiente del planeta, y tener plenamente en cuenta la responsabilidad que nos incumbe con respecto a las generaciones presentes y futuras”. Declaraciones 1 y 39 del Informe de la Secretaría General de las Naciones Unidas, preparado por el Consejo Social y Económico (UNSEC, 1998), en referencia a la Ciencia para el Desarrollo Sostenible).

Estas declaraciones, como todas las que forman parte de ese documento, tienen total vigencia y sirven a los propósitos de ilustrar el interés que moviliza a la comunidad de investigadores de nuestra Universidad de Carabobo en la realización de este VII Congreso Nacional y 1er Congreso Internacional de Investigación de la Universidad de Carabobo.

Bienvenidos todos a transitar nuestro hermoso campus, en la seguridad de que la presencia de ustedes contribuirá a incrementar el establecimiento de redes en la comunidad científica y el intercambio entre pares, coadyuvando con ello a consolidar la tradición de nuestro congreso científico bienal.

El Comité Organizador



BREVE SEMBLANZA DE UN UNIVERSITARIO EJEMPLAR FRANCISCO JAVIER TRIANA ALONSO



Días devastadores para la ciencia y la docencia, el Dr. Francisco Javier Triana-Alonso, el amigo, el profesor, el consejero, el hombre de ciencia, el sabio, figura eminente, guía de muchos y ejemplo de todos, nos ha dejado físicamente. La tristeza es mucha y las palabras insuficientes. El vacío en los corazones de quienes tuvimos la oportunidad, el honor y el placer de conocerlo y trabajar con él, definitivamente no lo llenan las palabras de consuelo. Trabajador incansable, hombre de pensamientos acertados, profundos y agudos, de una prudencia, sabiduría y erudición sólo comparable a la de los grandes maestros, a esas personas que simplemente se siguen porque vinieron a esta tierra a enriquecerla y señalarnos el camino (Pérez-Ybarra, L.) .

El Prof. / Dr. Francisco Javier Triana-Alonso nació en la ciudad de Santa Cruz, Isla de La Palma de San Miguel, Islas Canarias, España, el 22 de Abril de 1957. Hijo de Nazario Triana Pérez (ya fallecido) y de Ricarda Alonso Hernández también oriundos de las Islas Canarias. Su padre, Nazario, participó en la Guerra Española y emigró a Venezuela en busca de un mejor

nivel de vida, un poco después de finalizada la Segunda Guerra Mundial (1952). Dejó a su familia en la Isla y los visitó en una oportunidad durante 1956, hasta que se reunieron definitivamente en Venezuela en el año de 1959, transcurriendo su niñez y adolescencia en Bejuma, Estado Carabobo.

Estudió la primaria y parte de la secundaria en el Colegio San Rafael de Bejuma y fue siempre el primero en cuanto a calificaciones en su salón de clases, por lo que obtuvo todos los premios correspondientes. Desde muy pequeño mostró sorprendentes habilidades artísticas, por lo que una Profesora lo animó para estudiar piano. En la misma Escuela comenzó las primeras clases de piano y en los actos culturales llegó a tocar el acordeón dejando a todo el mundo impresionado.

En los años adolescentes cambió el piano por la guitarra. Así que incursionó un poco en una vida de trovador con guitarra en mano, pero eso nunca impidió que fuera el primero de su clase en los dos últimos años de bachillerato transcurridos en Valencia en el reconocido Colegio Don Bosco.

Francisco decidió estudiar Química en la Universidad Simón Bolívar, por lo que se trasladó a Caracas a finales de 1974. Su vida transcurrió de una residencia estudiantil a otra en Baruta y en la zona de La Trinidad cerca de la Universidad. Los cambios de residencia también lo favorecieron, porque gracias a eso y a su insistencia conoció a la compañera de su vida, Silvia Mazzocco Knotzele, que vivía en el apartamento del frente en uno de los edificios de Baruta.

Francisco hizo la tesis de grado en el IVIC con el Dr. Rafael Apitz sobre el ácido acetilsalicílico y la coagulación sanguínea y fue ahí donde a pesar de su formación en Química comenzó su afición por la Bioquímica. Después de graduarse en 1979 y debido a sus credenciales de estudiante excelente, fue contratado como Profesor de Química en la propia Universidad Simón Bolívar.

Se casó con Silvia a comienzos de 1980 y al final del año nació su primer hijo, Javier Francisco, quien parece haber heredado las condiciones artísticas de su padre, ya que es un guitarrista y músico excelente. Cinco años después nació Paula que eligió ser Médico, graduada en la Sede Aragua de la Universidad de Carabobo en el año 2008. Francisco fue un esposo y padre de excepción.

Después de terminar su contrato con la Universidad Simón Bolívar en 1982, Francisco fue contratado para dictar Bioquímica en la Escuela de Medicina de la Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Carabobo, Sede Aragua, pasando posteriormente por concurso de oposición a Profesor Ordinario a Dedicación Exclusiva y comenzó a trabajar también como investigador en el recién fundado BIOMED.

A finales de 1989 mediante el programa de beca sueldo se fue con toda la familia: Silvia, Paula y Javier hasta Berlín en Alemania a realizar su Doctorado el cual inicia en Abril de 1990. Su estadía en el Instituto Max Planck



para Genética Molecular fue impecable alcanzando en Junio de 1993 la calificación Magna cum Laude para su Tesis Doctoral. Su tutor el Dr. Knud H. Nierhaus siempre habla del excelente trabajo que realizó Francisco y del cual se obtuvieron varias publicaciones muy importantes en revistas de alto prestigio internacional. Seguidamente, entre Julio de 1993 y Octubre de 1994, realiza su Post-Doctorado, bajo la sabia orientación del Dr. Nierhaus. Durante su estadía en Berlín, Francisco tuvo la oportunidad de conocer a personajes importantes de la investigación química, y es muy oportuno resaltar el contacto que tuvo con la Dra. Ada Yonath, quién fue recientemente galardonada con el Premio Nobel de Química por delinear a nivel atómico los ribosomas, verdaderas fábricas de proteínas que se encuentran en el interior de las células.

Regresó a finales de 1994 y desde Enero de 1997 hasta Mayo de 2006 se desempeñó como Coordinador del Centro de Investigaciones Biomédicas de la Universidad de Carabobo, el cual fue promovido posteriormente a Instituto BIOMED, contribuyendo de forma significativa a su creación en unión a destacados docentes investigadores adscritos al citado Centro de Investigación. Se desempeñó como Director del Instituto BIOMED desde Mayo de 2006 hasta el día de su lamentable fallecimiento.

Al escudriñar su impecable hoja de vida, encontramos que Francisco fue Profesor Asociado dentro del escalafón de la Universidad de Carabobo adscrito al Departamento de Fisiología y Bioquímica de la Escuela de Medicina “Dr. Witremundo Torrealba”. Destacó su labor en la formación de recursos humanos, la cual se ve reflejada en la Tutoría de numerosas Tesis de Pre-grado, Tesis de Post-grado y Trabajos de Ascensos. Recientemente, se graduó su primera tesista doctoral, la hoy Dra. Nirza Noguera, integrante de nuestra comunidad universitaria. Igualmente es significativa su producción científica, plasmada en la publicación en extenso de 54 trabajos en revistas arbitradas e indexadas de reconocido prestigio nacional e internacional, que abarcan escenarios desde la genética molecular y la biotecnología hasta la Diabetes mellitus y enfermedades infecto-contagiosas. Sus trabajos publicados se encuentran dentro de los más referidos a nivel internacional de nuestra institución universitaria. Asimismo, es notoria la visibilidad de las actividades en referencia con la presentación de alrededor de 170 trabajos en Congresos y Reuniones Científicas nacionales e internacionales.

Igualmente, con ahinco y la disposición y experticia que lo caracterizaba, coordinó la Comisión Académica del VI Congreso de Investigación de la Universidad de Carabobo, cargo que desempeñaba en la actualidad rumbo a la realización del VII Congreso de Investigación Nacional y I Internacional de nuestra institución universitaria, donde supo ganarse el aprecio y respeto de todos y cada uno de los integrantes del respectivo Comité Organizador.

Francisco fue miembro acreditado del Programa de Promoción del Investigador (PPI) desde marzo de 1995 y en la actualidad se encontraba ubicado en la categoría Nivel III del citado Programa. Sus actividades vinculadas a la investigación le hicieron acreedor de varias distinciones, entre las que destacan: Mención Honorífica en su Trabajo de Ascenso para Profesor Asistente, cinco Becas premios otorgadas por el Instituto Max Plank para Genética Molecular (Berlín, Alemania Federal), reconocimientos a su actividad en pro de la investigación científica universitaria, otorgados por la Dirección Superior de la Universidad de Carabobo y la Facultad de Ciencias de la Salud, y fue distinguido como Tutor de 12 Tesis de Grado, las cuales se hicieron acreedoras de Menciones Honoríficas, entre las que figuran las otorgadas en diferentes versiones de las Jornadas de Investigación en Pregrado, tanto de la Escuela de Medicina como de Bioanálisis, de la Facultad de Ciencias de la Salud, Sede Aragua (Universidad de Carabobo).

Francisco fue miembro activo de diferentes Asociaciones Científicas y Profesionales, tales como: Sociedad Venezolana de Parasitología, Asociación Venezolana para el Avance de la Ciencia, Asociación Venezolana de Bioquímica, Sociedad Alemana de Química y la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia.

Todos los que tuvieron la oportunidad de laborar a su lado, conocieron la vocación y mística de trabajo de Francisco, para él no existía horario de culminación de la jornada del día y de la noche. Tal y como ha sido escrito “fue un incansable formador y propulsor de grandes ideas para el bienestar humano” (Esquela, FCS-UC).

Hoy es un día en el que las palabras enmudecen, el dolor nos abraza, la tristeza alcanza el mayor de sus escenarios y las lágrimas protagonizan nuestros sentimientos. Hoy estamos de luto ante tan irreparable pérdida, es un golpe muy duro para todos aquellos que fuimos sus amigos y compañeros de trabajo. Es una gran pérdida para su familia, para el BIOMED, para toda la comunidad de nuestra Facultad de Ciencias de la Salud, para nuestra insigne universidad, para el País y mucho más allá de sus fronteras.

Digno ejemplo a seguir. Deja en nuestras cuatro paredes su quehacer en esta vida. Sin duda, se fue una admirable persona, amigo e investigador y docente de excelencia, un hombre que vino a cumplir una extraordinaria tarea, un hombre que labró un surco, el cual lo abonó a base de constancia, con el sacrificio de cada día y con la expectativa de un mañana mejor. Dios nuestro Señor, pedimos tu voluntad para que podamos reflejarnos en las virtudes y honestidad de este extraordinario ser humano de excepción.



Francisco, nos sentimos orgullosos de que formaras parte de nuestra comunidad universitaria. Con mucho dolor en el alma y a pesar que tengamos que conjugar todos los verbos en pasado, en nuestros corazones eternamente estarás más vivo que nunca.

Los genios no merecen que la vida les pague así, los sabios deben vivir largos años, deben nutrirnos con su visión, y tú gran amigo, siempre lo hiciste, para ti el trabajo, la ciencia y la universidad siempre fueron primero. Tu llama seguirá ardiendo, no se apagó, solo se fue a otro sitio y si allí hay que trabajar, investigar, guiar y enseñar, seguro que tú lo harás con gusto, entrega y beneplácito, porque estabas hecho de otra madera, porque tan grande hombre no se olvida (Pérez-Ybarra, L.).

Desde aquí, desde este escenario lleno de calor humano, solo me resta decir, parafraseando al poeta español Antonio Machado "caminante no hay camino, sólo se hace camino al andar" y tu Francisco, labraste un camino infinito durante tus vivencias y obra en esta vida.

Descansa en paz amigo.....Descansa en paz Francisco.

Prof. Juan J. Luis-Léon

Valencia, 17 de noviembre de 2010
(Acto de Instalación de las I Jornadas de Investigación
de la Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Carabobo)

Agradecimiento:

Deseo expresar mi agradecimiento a la toda la comunidad de nuestra institución universitaria, en especial a la de la sede Aragua de la Facultad de Ciencias de la Salud por sus manifestaciones de solidaridad ante tan irreparable pérdida y al Prof. Luis M. Pérez-Ybarra por su autorización para incluir en esta semblanza mensajes de su autoría.



**EX PRESIDENTES DEL CONSEJO DE
DESARROLLO CIENTÍFICO Y HUMANÍSTICO**

Luis Carrillo Romero

Jacobo Divo Gede

Joaquín Alvarado Henríquez

Elis Simón Mercado Matute

Rubén Ballesteros Lara

José Botello Wilson

Edgar Rolando Smith Ibarra

José Miguel Vegas Castejón

Jessy Divo de Romero

**EX DIRECTORES DEL CONSEJO DE
DESARROLLO CIENTÍFICO Y HUMANÍSTICO**

Fernando Fernández Laneti

Salvador Mateo

Henriette Kukec

Lucia Duarte

Reyna Carrasquel

Jorge Vargas Arenas

Edilberto Guevara

José Jesús Rodríguez



INSTITUCIONES PARTICIPANTES

Academia Nacional de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales	CENIM, España
Universidad de Guadalajara, México	Centro de Investigaciones Científicas, Yucatán AC (CICY), México
Universidad de La Plata, Argentina	Centro Nacional de Bioética (CENABI)
Universidad de los Andes	Confederación Sindical de Trabajadores de las Américas (CSA)
Universidad de los Llanos Ezequiel Zamora	Corporación Ambiental Biomunicipios, Colombia
Universidad de los Trabajadores de América Latina (UTAL)	
Universidad de Massachussets, USA	Ediciones Mc Graw Hill
Universidad de Oriente	Esparza Enclosed Venezuela
Universidad de Salamanca, España	Instituto de Salud Carlos III, Madrid, España
Universidad de Sevilla, España	Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC)
Universidad de Taipei, Taiwán	Organización Mundial de la Salud
Universidad del Zulia	Organización Talento Venezolano, TALVEN
Universidade do Porto, Portugal	Paul Geerders Consultancy, Holanda
Universidad Nacional Abierta, Centro Local Zulia	Servicio Autónomo Instituto de Altos Estudios en Salud Dr. Arnoldo Gabaldón
Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina	Universidad Autónoma de Madrid
Universidad Nacional de San Martín, Argentina	Universidad Autónoma de México
Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina	Universidad Bolivariana de Venezuela
Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez	Universidad Central de Venezuela
Universidad Pedagógica Experimental Libertador	Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado
Universidad Simón Bolívar	
University Medical Center Groningen, Holanda	
Universidad de Deberan, Hungría	Universidad de Barcelona, España



PRESIDENTES HONORARIOS

El Comité Organizador del VII Congreso Nacional y 1er Congreso Internacional de Investigación de la Universidad de Carabobo reconoce públicamente a las profesoras Liseti Solano y Laura Antillano, quienes en su trayectoria como investigadoras-docentes han acrecentado el acervo científico y humanístico de nuestra Universidad y contribuido en la formación de generaciones de profesionales e investigadores de reconocida calidad académica. Por estas razones es un honor prestigiar este magno evento designándolas Presidentes Honorarios.

Liseti Solano nació en Maracay, estado Aragua, primera hija de Rafael Solano y Aura Rodríguez de Solano y hermana de Asiris, Rafael y Enrique. Madre de tres hijos: Víctor, Ingeniero Industrial; César, Ingeniero Químico y Mayra; Licenciada en Relaciones Industriales, todos egresados de la misma Alma Mater, Universidad de Carabobo. Tiene cuatro nietos: Daniel de once años, Rodrigo de ocho años, Vanessa de cinco años y Maximiliano de seis meses. Comparte su vida con Premnath Bhaskaran.

Realizó sus estudios de Bachillerato en Ciencias, en el Liceo “Agustín Codazzi” de Maracay, para luego iniciar la carrera de Medicina en la Facultad de Medicina de la Universidad de Carabobo, graduándose exitosamente en 1972.

Luego de año y medio como Médico Visitante en la Universidad de Gainesville, en los Estados Unidos, regresa a Venezuela para incorporarse a la planta profesoral de la Escuela de Bioanálisis, y bajo la tutela del Dr. Enrico Sabatino y Dr. César Genatios, recibe su formación docente inicial.

Entre el año 1980 y 1983, realiza sus estudios de postgrado en Inmunología en la Universidad de Miami y a partir de 1984, comparte sus actividades entre la docencia en Exploración Funcional de Bioanálisis y la investigación, en la naciente Unidad de Investigación en Nutrición Clínica; bajo la dirección del Dr. Eleazar Lara Pantín. En 1994, recibe la coordinación de la Unidad, y consolida el Laboratorio de ésta, con el apoyo del Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad de Carabobo y se da inicio a la proyección nacional e internacional a través del financiamiento para el desarrollo de proyectos, de instituciones como el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, de Canadá, la Universidad John Hopkins de Estados Unidos y del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Este intenso y constante trabajo permite, que en unión de los investigadores a quienes apoya directamente, se logre la transformación en Centro de Investigación y más recientemente el ascenso a Instituto de Investigaciones en Nutrición.

Tanto en su actividad docente como en la de investigación, ha logrado destacar como conductor de estudiantes y de profesores e investigadores, razón por la cual el Instituto es el ente de investigación que tiene el mayor número de investigadores calificados dentro del Programa de Promoción al Investigador.



Letras, mención Letras Hispánicas (LUZ, 1972), Magister en Literatura Venezolana. Profesora de la Universidad de Carabobo, fue Directora de la Cátedra de Literatura Venezolana e Iberoamericana, en la Facultad de Ciencias de la

Cuando se arroja una piedra sobre las aguas muy quietas de un lago, se produce una serie de círculos concéntricos en movimiento. Desde el más pequeño, compacto y central, hasta los más grandes y lejanos que buscan tocar las orillas demorándose mientras se abren, todos ellos tienen el mismo eje que les ha dado vida, una primera búsqueda de lo profundo que se manifiesta en múltiples ondas que quieren abarcar el todo desde una primera mismidad. Esta imagen puede condensar una descripción de la escritura de Laura Antillano, cuentista, novelista, ensayista, articulista, poetisa, titiritera, crítica literaria, guionista de cine y televisión, productora radiofónica y promotora cultural venezolana, nacida en Caracas, hija adoptiva de Maracaibo, Licenciada en



Educación, de la cual también fue su Directora de Cultura. Dirigió por más de doce años el Programa “La Palmera Luminosa” en la Radio Universitaria. Fue Directora de Cultura de la Universidad de Carabobo en la gestión del Rector Asdrúbal Romero. Ha tenido una intensa participación en la Feria Internacional del Libro de la Universidad de Carabobo (FILUC) en cuya edición del año 2010 dirigió el Foro “Qué más se puede decir sobre la promoción a la lectura” y un homenaje a Victoria Di Estéfano, reconocida narradora venezolana.

Sus textos se caracterizan por construirse en torno a una sensibilidad muy individual, con claros visos autobiográficos, una mirada de mujer, que elabora temas narrativos desde la experiencia más inmediata, la cotidianidad, y desde un yo ficcional femenino elaborado con los hilos de la memoria. A partir de este centro, el yo mujer se multiplica en otros, se busca en la dispersión, más allá de sí mismo, en una escritura que adopta diversas formas: desde la narración fragmentaria en distintas manifestaciones, hasta la narración lineal, así como también la coexistencia de lenguajes múltiples que abarcan lo coloquial, el lenguaje publicitario, la escritura íntima, el discurso poético.

Ha publicado siete volúmenes de cuentos, cuatro novelas, dos libros de poesía, varios cuentos y novelas infantiles, así como varios ensayos en los que se destaca su perfil como investigadora en el campo de la creación literaria orientada hacia jóvenes y niños y la promoción del hábito de la lectura en esos segmentos etarios. Fue la primera mujer en hacerse acreedora al premio del reconocido concurso de cuentos organizado por El Nacional por “La Luna no es Pan de Horno”. Sus obras están marcadas por el encuentro de una memoria individual con una memoria colectiva. La geografía personal de la escritora entra en sus ficciones: Maracaibo, Caracas y Valencia. Los paisajes de la infancia y juventud, el viejo mercado marabino, el Silencio de Carlos Raúl Villanueva o las avenidas arboladas de camorucos en Valencia y los edificios de la Universidad de Carabobo, tan suyos, se convierten en la configuración de un mapa colectivo, de un imaginario del país, que se reúne con otros imaginarios como los de la cultura popular: el cine, la música popular, la publicidad, las noticias de prensa, la cultura universal, para trascender así la vida familiar y personal y reencontrarse en la historia. Todo ello permeado por una subjetividad que reúne la nostalgia con el asombro, teje narraciones cargadas de contenido afectivo y, en ocasiones, de alto vuelo poético.

Ya jubilada, pero activa, continúa asumiendo, consecuentemente, el rol de organizadora y anfitriona de los encuentros internacionales con la Literatura Infantil y Juvenil en Venezuela que tienen como sede principal a nuestra máxima casa de estudios –recientemente acaba de celebrarse el quinto encuentro-. Sigue desplegando una intensa actividad como promotora cultural a través de su fundación “La Letra Voladora” y dictando clases en la Maestría sobre Literatura Latinoamericana. Actualmente presenta en la Feria Internacional del Libro Venezolano, que se celebra en Caracas, la colección de literatura infantil venezolana titulada “Leer a la orilla del cielo”.



EPÓNIMOS

El VII Congreso Nacional y 1er Congreso Internacional de la Universidad de Carabobo ofrece un merecido reconocimiento a dos distinguidos representantes de nuestra Alma Mater: Lic. María Antonieta Pinto, quien ha dado valiosos aportes en el área de la Bibliotecología y la Documentación y el Dr. Santiago Perozo, profesor fundador de la Facultad de Ciencias y Tecnología de nuestra UC.



Hablar de María Antonieta Pinto es hablar de una mujer de avanzada. Siempre expresando su amor por la educación, los libros, la biblioteca y los desarrollos informáticos.

Nacida en Guigüe, cursó sus estudios de primaria en esta población; posteriormente, egresó del Liceo Pedro Gual de Bachiller en Humanidades en el año 1948. Realizó sus estudios universitarios en la Escuela de Biblioteconomía de la Facultad de Humanidades de la Universidad Central de Venezuela, (actual Escuela de Bibliotecología), en la promoción “Mario Briceño Irarorri”, egresando en el año 1958. Para la época muy pocas mujeres lograban ingresar a los estudios universitarios y ello implicó para Antonieta múltiples retos profesionales en un mundo laboral predominantemente masculino.

Se vincula a la Universidad de Carabobo desde 1958, ejerciendo cargos de Jefe de Biblioteca, Directora de la Biblioteca Central, Coordinadora y Asesora Técnica de las Bibliotecas. También ejerció actividad docente en las Facultades de Ciencias de la Educación y Ciencias Económicas y Sociales hasta el año 1978.

En 1959 viaja a los Estados Unidos para representar a la Universidad de Carabobo y hace pasantías en The Library Congress of Washington, en New York Library y Cornell University NY. Allí recibe clases sobre administración de bibliotecas, situación que le permite forjarse como una experta y abre el camino para que la Organización de Estados Americanos la asuma como becaria en el año 1963, en la Escuela Interamericana de Bibliotecología, para realizar estudios de Planificación de Bibliotecas Universitarias.

A su retorno a Venezuela, sus conocimientos en el área documental son requeridos por la empresa privada y allí deja sus huellas en el Grupo Mendoza Goiticoa, ICONEL, Cámara de Industriales de Valencia, Biblioteca Privada Dr. Manuel Azpúrua Arreaza e Instituto Tecnológico de Valencia – IUTVAL. En 1982, dada su trayectoria y aporte a la Universidad de Carabobo, se le reconoce con la máxima distinción de esta Alma Mater, y se le confiere la orden “Alejo Zuloaga Egusquiza” en su única clase. Por esa misma época, al mismo tiempo que ejercía la docencia en la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, representó a la Universidad de Carabobo en el Consejo Nacional de Universidades en condición de Adjunta.

En el año 1990 ingresa a la Fundación Centro de Información y Documentación, hoy FUNDACID BC UC, como Coordinadora de Procesos Técnicos. En la actualidad se desempeña como jefe de adquisiciones y representante de la FUNDACID BC UC ante el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CDCH) en la Subcomisión de Publicaciones. Igualmente, integra la Comisión Organizadora del evento de Revistas Científicas, patrocinado por el Vice-rectorado Académico, el CDCH y la FUNDACID BC UC.

Antonieta ha sido responsable de la recuperación y restauración del patrimonio histórico documental y bibliográfico de nuestra universidad y, actualmente, pertenece a la Comisión de Patrimonio Histórico, que se ocupa de mantener al día la memoria de la institución.

Docente por naturaleza, dirige los talleres para la formación y permanente actualización de los Editores de las Revistas Científicas de la Universidad de Carabobo, así como los talleres para facilitadores sobre las Técnicas Básicas de Moderación en Línea, para el Programa de Formación de Asistente de Bibliotecas.

Preocupada siempre por la docencia incursiona en el taller para facilitadores sobre las Técnicas Básicas de Moderación en línea, para el Programa de Formación “Asistente de Bibliotecas”. Actualmente cursa la Maestría en Ciencias de la Información en un Proyecto Binacional entre Venezuela y la Universidad de la Habana.

Hoy por hoy, Antonieta, es ejemplo de perseverancia, determinación y eficacia, para los que la acompañan y las generaciones futuras.

Santiago Liberio Perozo Villalobo nació en Punta de Leiva del estado Zulia. Ingresó en la Escuela de Química de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela en el año 1957, graduándose de Licenciado en Química en el año 1963. Inmediatamente se incorpora a la Universidad de Carabobo, dado que el entonces Decano de la Facultad de Ingeniería, Ing. Lázaro Cariello Celli, con interés en las áreas de ciencias e investigación tecnológica y con contactos importantes con la industria local, y en aras de formar profesionales que dieran respuesta a las necesidades que el sector industrial demandaba, crea en el año 1966, el Centro Experimental de Materiales, orientado fundamentalmente hacia investigaciones en metalurgia y otras especialidades de la ciencia, al cual se incorpora, junto con otros profesionales recién graduados de universidades autónomas del país, el Lic. Perozo, en el cual lleva a cabo labores de investigación en química, ejerciendo de igual manera, la docencia en Química General en el Ciclo Básico de la Facultad de Ingeniería.



Para esa época, se crea en la universidad el Plan de Rotación, que permite que docentes puedan formarse en programas de postgrado de cuarto y quinto nivel. En este sentido, y auspiciado por las relaciones que se tenía con la investigación que se hacía en el área de Catálisis liderada por el Dr. Paulino Andreus, de la Escuela de Química de la Facultad de Ciencias de la UCV, ingresa al programa doctoral del Instituto Rocasolano de Madrid, haciendo investigación en el área catalítica, graduándose de doctor en Química en 1970.

Para esa fecha, se crea el Centro de Investigaciones Químicas con una alta actividad en investigación y de intercambio académico, recibiendo investigadores europeos y facilitándose la salida de profesores de la Universidad de Carabobo.

Tiene varias publicaciones en su área de especialización y tiene una importante participación en la Asociación venezolana para el Avance de la Ciencia AsoVAC.

Disfruta su año sabático en la Universidad de la Florida, en Gainesville, Estados Unidos, donde realiza importantes investigaciones en catálisis.

En el año 1994 se crea la Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología, de la cual es miembro fundador y es designado Director del Departamento de Química, cargo que ejerce hasta el 2003, retirándose luego de una amplia actividad académica, enteramente al servicio de la Universidad de Carabobo, ocupándose actualmente a dedicación exclusiva, a sus actividades de padre y abuelo ejemplar de una bella familia marabina valenciana.



MISIÓN, VISIÓN Y OBJETIVO GENERAL DEL VII CONGRESO NACIONAL Y 1ER. CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE CARABOBO

Misión

Ser el escenario de promoción, difusión y divulgación de las investigaciones, en el ámbito local, regional y nacional, con proyección internacional, en un espacio de amplitud, basado en valores fundamentales como son: respeto, igualdad, justicia, inclusión y tolerancia.

Visión

Lograr el intercambio permanente del conocimiento creativo, producto del quehacer investigativo de la Universidad de Carabobo, asegurando su pertinencia en el marco de un sentido ecológico donde el binomio Investigación y Sostenibilidad de la Vida sea la guía orientadora en el siglo XXI.

Objetivo general

Consolidar el intercambio de saberes entre los actores de la producción investigativa, a nivel nacional e internacional, para generar un espacio de interacción, integración e interrelación entre los miembros de la comunidad científica.



SISTEMA DE ARBITRAJE

El Proceso de Arbitraje estuvo regido por los principios de independencia, imparcialidad y transparencia en la evaluación de los respectivos trabajos de investigación presentados a la consideración del VII Congreso Nacional y 1er Congreso Internacional de Investigación. Fue realizado de manera completamente automatizada, conforme a los criterios previamente establecidos por la comisión designada, resultando un sistema de arbitraje doble ciego, juicio de expertos. Se contó con un calificado equipo de trabajo, así como también con el registro de árbitros nacionales y extranjeros, por área de competencia, que permitió un proceso de evaluación objetivo posibilitando el arbitraje de 629 trabajos en extenso, de los cuales fueron aceptados 508 para su presentación en el congreso.

En la Comisión de Arbitraje estuvieron representadas todas las áreas del saber que conforman la estructura académica de la Universidad de Carabobo. Adicionalmente se generó un espacio denominado “otras áreas” para dar cabida a aquellos trabajos que por su naturaleza fueran identificados por sus autores como mixtos o de carácter transdisciplinario. A partir de estas consideraciones, la Comisión de Arbitraje quedó conformada por un Coordinador General, representado en la persona de la Dra. Magda Cejas y ocho subcomisiones, cuyos equipos coordinadores fueron: Ciencias Jurídicas y Políticas: Prof. Mónica Abellana y Prof. Verónica Figueredo; Ingeniería: Prof. Yadira Martínez y Prof. Morella Acosta; Ciencias de la Educación: Dra. Edith Liccioni, Prof. Marlene Talavera y Prof. Rubén D. Rangel; Ciencias de la Salud: Prof. Yeisy Guarate y Prof. Marianela Mejías; Ciencias Económicas y Sociales: Dra. Dalia Correa, Dra. Ligia Sánchez y Prof. Víctor Campos; Ciencias y Tecnología: Dra. Francisca Grimon, Prof. Dinarle Ortega y Prof. Maigualida Guevara; Odontología: Prof. Ybelisse Romero y Prof. Luisamelia Pino; Otras Áreas: Dra. Magda Cejas.



PROGRAMA ACADÉMICO

El Congreso de investigación es la oportunidad más importante que se da en nuestra Institución para evaluar y discutir entre pares la producción de conocimientos en las distintas áreas del saber representadas en las siete facultades universitarias. La planificación del programa académico se hizo en función de maximizar el intercambio entre expertos invitados de nuestra propia casa de estudios, de otras universidades nacionales e internacionales y de nuestros estudiantes de pregrado y postgrado. Este aspecto es muy importante pues estos intercambios de estudiantes y expertos son un elemento fundamental para la formación profesional y sin duda, reforzarán las ideas para continuar la investigación y formar nuevos lazos de cooperación científica intra- y extramuros. Este programa académico contempla los espacios matutinos dedicados a conferencias centrales, organizadas con invitados especiales de otras instituciones (nacionales e internacionales) y de la propia universidad, así como talleres y simposios en las variadas temáticas del congreso. En las tardes tendrán lugar las presentaciones de trabajos libres aceptados en sesiones organizadas de acuerdo a los temas desarrollados en cada caso. En este horario se realizarán también diferentes eventos (Simposios, Talleres, Conversatorios, Seminarios y Mesas Redonda) organizados por grupos, unidades, centros e institutos de investigación de nuestra Alma Mater, así como de otras universidades regionales y nacionales. También se incluirán trabajos libres aceptados que tengan relación estrecha con el tema del evento particular, de esta manera se propiciarán discusiones fructíferas entre los participantes. El programa está estructurado en tres partes: Programación General, Programa de Simposios y Programa de Trabajos Libres y Pósters.



Facultad de Ingeniería



Modelación Estocástica de los Caudales Mensuales del Río Caroní en la Estación Hidrométrica Guri

Jorge E. Guevara Bello y Edilberto Guevara Pérez
 Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales (CIHAM-UC)
 Universidad de Carabobo, Venezuela
 jorgeguevara85@gmail.com; eguevara@uc.edu.ve; fjnarea@gmail.com

Resumen

Las series de tiempo se analizan, tanto en tiempo, como en espacio y frecuencia. El estudio en tiempo y espacio, es más común entre científicos e investigadores; mientras que el estudio en el dominio de la frecuencia, se usa en aplicaciones prácticas de la ingeniería. En esta investigación se lleva a cabo un análisis estocástico de la serie de tiempo de caudales mensuales de la cuenca del Río Caroní, en la estación hidrométrica Guri para el período 1950-2003, utilizando el “método clásico” de Box y Jenkins. Para eliminar la tendencia y la periodicidad, se usó la diferenciación y la estandarización, respectivamente. Los modelos estocásticos de mejor ajuste fueron ARMA(1,0) (1,1)¹² y AR(1), el primero, con un coeficiente de correlación de ajuste de 0,9228 y el segundo, con un coeficiente de correlación de 0,626.

Palabras clave: Modelación estocástica; procesos estocásticos; modelos ARIMA; modelación de caudales, modelación río Caroní.

Stochastic Modeling of the Monthly Flows of Caroní River on Guri Hydrometric Station, Venezuela

Abstract

Time series are analyzed in both the domains of time and those of space and frequency. Time and space studies are more commonly used among scientist and researchers; while frequency studies are more applied in engineering practices. The current research performs a stochastic analysis of monthly flows of Caroní River, on the Guri Hydrometric Station for the 1950-2003 period, following the Box-Jenkins “classic methodology”. To eliminate tendency and periodicity, differentiation and standardizations are used, respectably. The stochastic models that best adjusted to the observed data were ARMA(1,0) (1,1)¹² and AR(1), the former with correlation coefficients of 0,9228 and the latter with 0,626.

Key words: Stochastic modeling; stochastic processes; ARIMA models; flow modeling; Caroní River modeling.

Introducción

Las series de tiempo se analizan en el dominio del tiempo, del espacio y de la frecuencia. El análisis temporal y espacial, es más común entre científicos e investigadores, mientras que, el análisis de la frecuencia es común en aplicaciones prácticas de ingeniería.

La modelación de una serie cronológica, en el dominio temporal, generalmente, se lleva a cabo mediante dos enfoques: el tradicional, de Box y Jenkins (1976) (procesos estocásticos ARIMA) y, el que utiliza modelos aditivos y estructurales (inteligencia artificial), en los que se asume que las observaciones incluyen sumas de componentes que comprenden una estructura de la series temporal. En este trabajo se usan los procesos estocásticos ARIMA, porque son considerados como modelos Benchmark para evaluar la bondad de los otros modelos, los cuales se pretende usar en una próxima investigación.

Fundamento teórico

Los fundamentos teóricos de la investigación se basan en las siguientes referencias: Box y Jenkins (1976); Guevara, J (2010); Chow (1954); Guevara E (1982, 1983); Maidment et al. (1992) y Saeid et al. (2009). Un proceso estocástico es una sucesión de variables aleatorias Y_t

ordenadas, en donde t puede tomar cualquier valor entre $-\infty$ y ∞ ; aunque para el caso de series de caudales sólo se trabaja con tiempos positivos. De manera genérica, la representación sería como sigue:

$$y_{-5}, y_{-4}, y_{-3}, y_{-2}, \dots, y_3, y_4 \dots \quad (1)$$

Siendo la media y la varianza:

$$E[y_t] = \mu t \quad (2)$$

$$s_t^2 = \text{Var}(Y_t) = E[y_t - \mu t] \quad (3)$$

De este modo, se puede definir el *Ruido Blanco* (White noise), como un proceso estocástico con esperanza (media) cero y varianza constante. Así mismo, se define un *Proceso Estacionario en Sentido Amplio o Débil*, como aquel en el cual, la esperanza matemática y la varianza no dependen del tiempo; la primera es constante (Ecuación 4) y la segunda es finita (Ecuación 5):

$$E[y_t] = E[y_{t+m}] ; \text{ para todo } m \quad (4)$$

$$\text{Var}[y_t] = \text{Var}[y_{t+m}] \neq \infty ; \text{ para todo } m \quad (5)$$



Para identificar los parámetros del modelo estocástico de la serie estandarizada, se usa la *Función de Auto Correlación (FAC)* y la *Función de Auto Correlación Parcial (FACP)*, dadas en las ecuaciones (6) y (8), respectivamente, las cuales se comparan con un conjunto de patrones que tipifican a los distintos modelos y por similitud, con dichos patrones se escoge el modelo deseado. Ver Tabla 1.

$$\hat{\rho}_k = \frac{\frac{1}{N-k} \sum_{i=1}^{N-k} (x_i - \bar{x})(x_{i+k} - \bar{x})}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad k = 0, 1, \dots, K \quad (6)$$

$$s(\hat{\rho}_j) = N^{\frac{1}{2}} [1 + 2 \sum_{j=1}^{k-1} r_j^2]^{\frac{1}{2}} \quad r_j = \begin{cases} \hat{\rho}_j & \text{para } j \neq 0 \\ 0 & \text{para } j = 0 \end{cases} \quad (7)$$

Los coeficientes $\tilde{\phi}_{k,k}$ de FACP (x_t) se estiman utilizando las ecuaciones de Yule-Walker, a partir de los coeficientes estimados de FAC (x_t), $\hat{\rho}_k$, de la siguiente forma:

$$\hat{\rho}_k = \phi_{k1} \hat{\rho}_{j-1} + \phi_{k2} \hat{\rho}_{j-2} + \dots + \phi_{kk} \hat{\rho}_{j-k} \quad j = 1, 2, \dots, k \quad (8)$$

Resolviendo la Ecuación (8), para $k = 1, 2, \dots, k$, se obtienen los estimados de FACP (x_t) = $\tilde{\phi}_{11}, \tilde{\phi}_{22}, \dots, \tilde{\phi}_{kk}$

Modelo Auto Regresivo AR(p)

Un modelo es auto regresivo de orden p, si la variable endógena de un periodo T es explicada por las observaciones de ella misma correspondiente a p periodos anteriores, añadiéndose, como en los modelos estructurales, un término de error. En el caso de procesos estacionarios con distribución normal. Bajo determinadas condiciones previas, Y_p puede expresarse como una combinación lineal de sus valores pasados (parte sistemática), más un termino de error (innovación). El orden del modelo expresa el número de observaciones retrasadas de la serie temporal analizada, que intervienen en el modelo estocástico que representa al proceso.

La expresión genérica de un modelo autoregresivo AR(p) es:

$$Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + a_t \quad (9)$$

La expresión (6) se puede abreviar de la siguiente manera:

$$\phi_p(L) Y_t = \phi_0 + a_t \quad (10)$$

En donde $\phi_p(L)$ es el operador polinomial de retardos:

$$\phi_p(L) = 1 - \phi_1 L - \phi_2 L^2 - \dots - \phi_p L^p \quad (11)$$

Y el término L es el operador de retardo tal que:

$$L^p Y_t = Y_{t-p} \quad (12)$$

Normalmente, se trabaja con modelos auto regresivo de órdenes bajos (Ej **AR(1)**, **AR(2)**) o coincidentes con la periodicidad de la serie de tiempo, ej., Semanal **AR(7)**, Mensual **AR(12)**.

Modelo de Media Móvil MA(q)

Un modelo de Medias Móviles es aquel que explica el valor de una determinada variable en un periodo T, en función de un término independiente y una sucesión de errores correspondientes a periodos precedentes, ponderados convenientemente. El parámetro q es el orden del proceso. La expresión general de un modelo **MA(q)** es:

$$Y_t = \mu + a_t + \phi_1 a_{t-1} + \phi_2 a_{t-2} + \dots + \phi_q a_{t-q} \quad (13)$$

De modo análogo a los procesos AR(p), la expresión (10) se abrevia como sigue:

$$Y_t = \phi_q(L) a_t + \mu \quad (14)$$

La aplicación de los modelos **AR(p)** y **MA(q)** y de la combinación de ambos, **ARMA(p, q)** está restringida,

Tabla 1: Comportamiento de FAC y FACP para modelos estacionarios.

Modelo	FAC (x_t), $\hat{\rho}_k$	FACP (x_t), $\tilde{\phi}_{k,k}$
AR(p)	Decae lentamente	Se trunca al retardo p
MA(q)	Se trunca al retardo q	Decae lentamente
ARMA(p,q)	Decae lentamente	Decae lentamente



en términos generales, a aquellos procesos estocásticos que cumplan, al menos de forma débil, la restricción de estacionalidad. En tal sentido, la inferencia estadística sobre la estructura del proceso estocástico a partir de una serie temporal, debe cubrir dos etapas:

- Verificar que la serie temporal sea estacionaria y, si no lo es:
- Transformar la serie temporal original a una que sí lo sea.

Modelo ARIMA(p,d,q) y SARIMA(P,D,Q)

Una vez analizada la estacionalidad y tendencia de la serie temporal, se sustraen dichas componentes, quedando así una serie de residuos con media y tendencia nulas. Es sobre esta nueva serie que se realiza el proceso descrito como metodología de identificación *ARIMA*. Para predecir valores de la serie original, se suma el valor de la tendencia estimada si se quisiera.

En su forma más general, el modelo *ARIMA(p,d,q)* o *SARIMA(P,D,Q)* (este último estacional), se escribe como:

$$Y_t = \varphi_1 Y_{t-1} + \varphi_2 Y_{t-2} + \dots + \varphi_p Y_{t-p} + \delta + U_t + \theta_1 U_{t-1} + \dots + \theta_q U_{t-q} \quad (15)$$

Entendiendo que puede haber más de un proceso generador de la serie (en la parte regular y en la estacional) y escribiendo una combinación de los modelos *MA(q)* y *AR(p)*, que han resultado de una serie de diferencias “*d*” en la parte regular y “*D*” en la parte estacional para que fueran estacionarios.

Metodología

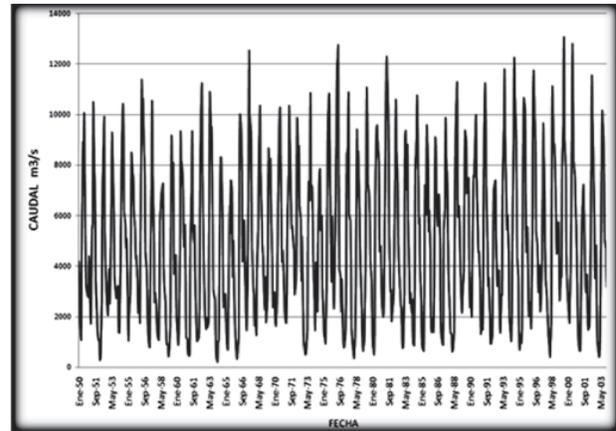
La serie de tiempo que se utilizó en este trabajo, está constituida por los caudales mensuales del río Caroní, en la estación hidrométrica *Guri*, ubicada en la Latitud 7.51.00 y Longitud -63.02.00 a 271 msnm.

El procesamiento de los datos se llevó a cabo utilizando el software StatGraphics Plus, módulo de *Time Series Análisis* (Análisis de Series de Tiempo), de acuerdo al siguiente procedimiento: 1) Se seleccionó la serie cronológica del período 1950-2003. 2) Se removió la tendencia mediante diferenciación y la periodicidad mediante la estandarización. 3) Sobre la base de las funciones de auto correlación y auto correlación parcial, se establecieron las posibles estructuras estocásticas de la serie analizada por comparación con los patrones dados en la Tabla 1. Finalmente, se estableció el modelo más adecuado.

Resultados

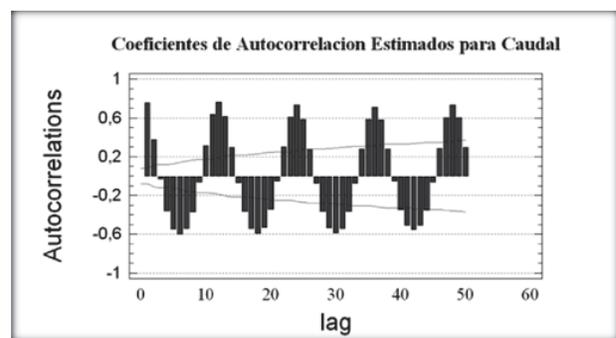
En la Figura 1 se presenta la serie de tiempo original, donde se observa que la misma posee una periodicidad anual y una leve tendencia.

Figura 1: Representación Gráfica de la Serie de Tiempo de caudales mensuales del río Caroní en Guri.



En la Figura 2 se presenta la función de auto-correlación (FAC), de la serie analizada y los límites de significación al 95%. Se observa un alto grado de correlación para retardos cíclicos, comportamiento observado en la Figura 1; lo que implica que la media, también varía en una forma cíclica siguiendo un patrón cuasi sinusoidal, que evidencia la relación entre la componente cíclica de la serie y el ciclo hidrológico anual de la zona bajo estudio; es decir, cada mes tiene una media \bar{y}_t .

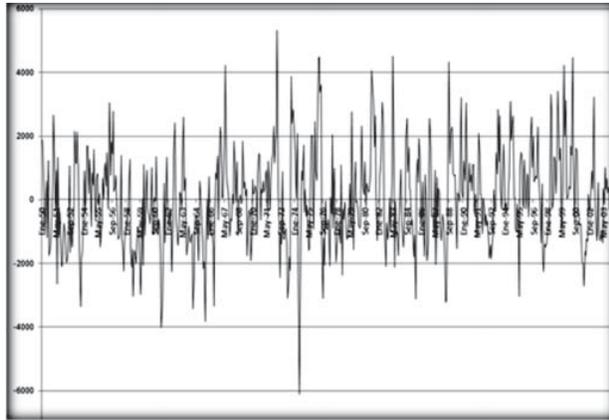
Figura 2: Función de Auto-Correlación de los caudales mensuales de la estación Guri.



En la Figura 3 se presenta la serie diferenciada, la cual muestra que luego de la remoción de la tendencia \bar{y}_t , aún presenta un patrón cíclico que le da carácter no-estacionario, el que se remueve mediante la estandarización.



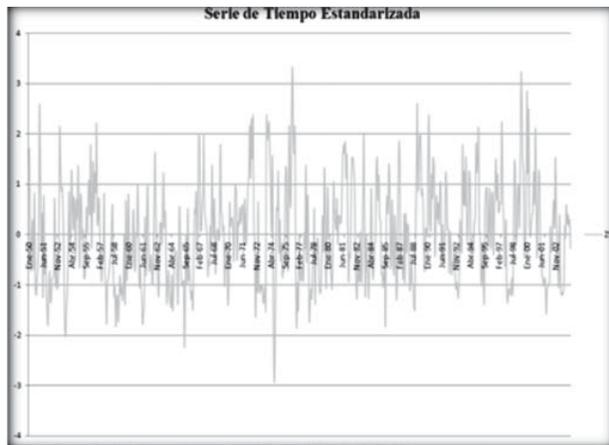
Figura 3: Serie de Tiempo Diferenciada $y_t - \bar{y}_t$.



La serie estandarizada z_t se ha graficado en la Figura 4 y se define de la siguiente manera:

$$z_t = \frac{(y_t - \bar{y}_t)}{s_t} \tag{13}$$

Figura 4: Serie de Tiempo Estandarizada Z_t .



En la Figura 4 ya no se aprecia el patrón cíclico de la Figura 1; no obstante, para determinar la estacionalidad de la misma, es necesario recurrir nuevamente a la FAC de la variable z_t , cuyo resultado se presenta en la Figura 5.

Comparando las FAC's dadas en las Figuras 5 (serie estandarizada) y 2 (serie original, se observa una evidente remoción del componente periódico mediante la estandarización de la serie de tiempo original. En lo que sigue, se usará la serie z_t para establecer el proceso estocástico que mejor se ajusta a la serie cronológica de caudales en el río Caroní, estación Guri. La estacionariedad del proceso se juzga mediante el periodograma de la serie, dado en la Figura 6, en donde se aprecia una concentración de grandes amplitudes a bajas frecuencias, indicando que z_t aún no es completamente estacionaria en la media; sin embargo, no hay una amplitud aislada a

alguna frecuencia fija, indicando que la periodicidad ha sido removida mediante la estandarización.

Figura 5: Función de Auto-Correlación Estimada para la Serie de Tiempo Z_t .

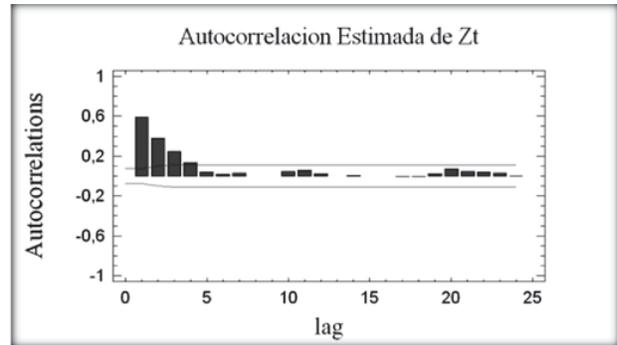
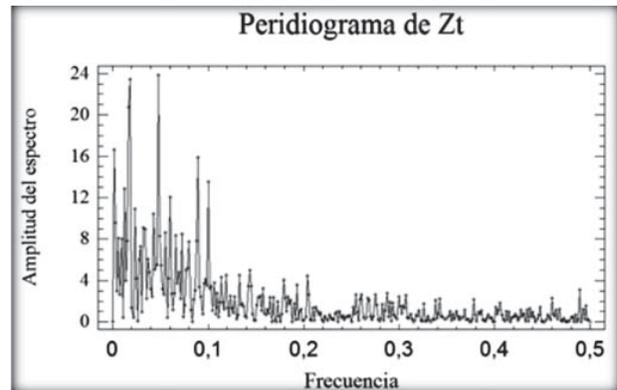


Figura 6: Función de Auto Correlación Parcial de Z_t .



Analizando las funciones FAC (Figura 5) y FACP (Figura 6), se observa que la primera decae lentamente y la segunda se trunca en el retardo $k = 1$. Comparando estos resultados con los patrones dados en la Tabla 1, se concluye que los caudales mensuales del río Caroní, en Guri, pueden modelarse mediante procesos estocásticos de la familia ARIMA. Luego de realizar simulaciones con diferentes estructuras, se encontró que los modelos que mejor se ajustan a los datos observados, son los procesos **AR(1)** y **ARMA(1,0)(1,1)**¹², para la serie estandarizada. En la tabla 2 se presenta un resumen de los parámetros de ajuste de estos modelos.

Conclusiones y recomendaciones

En esta investigación se modeló la serie de tiempo de los caudales mensuales del Río Caroní, utilizando el “método clásico” de Box y Jenkins. Para eliminar la tendencia y la periodicidad, se usó la diferenciación y la estandarización. Los modelos estadísticos que mejor se ajustan a los datos observados, fueron **ARMA(1,0) (1,1)**¹² y **AR(1)**; el primero, con un coeficiente de correlación de 0,9228 y el segundo, con un coeficiente de correlación de 0,626.



Tabla 2: Indicadores de desempeño de los modelos seleccionados.

Modelo	MSE Error cuadrático medio	ρ^2 coeficiente de determinación	R coeficiente de correlación
AR(1)	0,60346	0,3902	0,625
ARMA(1,0)(1,1) ¹²	0,0096	0,8516	0,9228

Se recomienda usar los procedimientos de inteligencia artificial, como algoritmos genéticos, redes neuronales artificiales y vectores de máquinas de soporte, para comparar los resultados con los de los métodos tradicionales.

Statistical Journal Volume 7 Number 1 April 2009. Dep. of Energy and Technology, Swedish Univ. of Agriculture Sciences, Department of Mathematics. Uppsala University, Silvelyn Zwanzig.

Reconocimiento

La investigación se llevó a cabo en el Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales de la Universidad de Carabobo (CIHAM-UC), con el apoyo financiero del Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CDCH-UC), por lo cual los autores expresan su especial reconocimiento.

Referencias

- Box, G. E. P. y Jenkins, G. M. (1976): Time Series Analysis: Forecasting and Control. Holden Day, San Francisco, USA.
- Chow, V.T. (1964): Handbook of Applied Hydrology. Mac Graw Hill. Ney York.
- Guevara, J (2010): Estudio predictivo del caudal del río Caroní utilizando máquinas de vectores de soportes para la planificación de recursos hídricos. Trabajo de grado para optar al grado de Maestría en Ingeniería Eléctrica. Universidad de Carabobo.
- Guevara, E. (1982): Análisis estocástico de series de tiempo univariadas. EL AGUA No.25. Julio 1982. pp 43 – 53. Venezuela.
- Guevara, E. (1983): Modelos estocásticos para la simulación de series hidrológicas. Series Hidrología CIDIAT No. H - 13. p. 156. Mérida, Venezuela.
- Maidment D. R. (Editor) (1992): Handbook of Applied Hydrology. Mac Graw Hill. New York.
- Saeid Amiri and Dietrich von Rosen (2009): The Svm Aproach for Box-Jenkins Models REVSTAT



Técnicas de modelación del proceso lluvia-escorrentía en la cuenca del río chirgua

Edilberto Guevara, Adriana Márquez
Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales.
Universidad de Carabobo, Facultad de Ingeniería, Venezuela
eguevara@uc.edu.ve; ammarquez@uc.edu.ve

Resumen

En este trabajo se investiga la adecuación de algunas técnicas deterministas y estadísticas, junto con la técnica de redes neuronales artificiales (RNA), para modelar un proceso de lluvia-escorrentía, basado en eventos. En la investigación se desarrollaron dos modelos de hidrograma unitario, cinco modelos de regresión, y un modelo de Redes Neuronales Artificiales (RNA). Para el ajuste se utilizaron los datos medidos en la Cuenca del Río Chirgua, Estado Carabobo, durante el período 2008-2009. Se encontró que los modelos RNA superan, en precisión, a los modelos convencionales.

Palabras clave: redes neuronales artificiales, lluvia-escorrentía, modelos hidrológicos

Comparative Analysis of Techniques to Model the Rainfall-Runoff Process in the Chirgua River Basin

Abstract

This paperwork investigates the suitability of several deterministic and statistical techniques, along with the artificial neural networks (ANN) techniques to modeling a process for rainfall-runoff, based on such events. Two Unitarian hydrograph models, five regression models, and a model of RNA were developed. The data employed was measured in the Chirgua River Basin during the 2008-2009 period. It was determined that the performance of ANN model is better, in terms of precision, than that of conventional models.

Key words: Artificial Neuronal Network, Rainfall-Runoff process, hydrologic models.

Introducción

El modelado del proceso de lluvia-escorrentía, es muy importante en los estudios hidrológicos de una cuenca para manejo y control de inundaciones y gestión de recursos hídricos. Es un proceso complejo, dinámico y no lineal, que se ve afectado por muchos factores fisiográficos y climáticos. La influencia de estos factores hace que el proceso de lluvia-escorrentía, no sólo sea complejo de entender, sino también, difícil de modelar (Guevara y Cartaya, 2004). Históricamente, los investigadores han utilizado modelos determinísticos, basados en la física del proceso subyacente, o en la teoría de los sistemas/modelos de caja negra. La mayoría de los modelos lluvia-escorrentía determinísticos, requieren gran cantidad de datos para la calibración y validación y son exigentes computacionalmente, por lo que son vistos con escepticismo por los investigadores y no han sido muy populares, (Grayson y otros, 1992). De otro lado, los sistemas de inteligencia artificial, como redes neuronales artificiales (RNA), constituyen herramientas eficientes para el modelado y la predicción que están siendo introducidas en la hidrología, como modelos de caja negra (Bishop, 1994; Jain y otros, 2002; 2004). En este trabajo, se comparan los resultados de la modelación del proceso lluvia-escorrentía, en la cuenca del río Chirgua, usando técnicas tradicionales y técnicas de inteligencia artificial. La cuenca del río Chirgua es una de las principales fuentes de producción de agua para el embalse Pao-Cachinche, ubicado en el Estado

Carabobo.

Materiales y métodos

El diseño de la investigación es no experimental y el tipo de investigación es correlacional, según Hernández et al, (2004). Para probar las técnicas determinísticas, estadísticas y de RNA, se usa información sobre precipitación y escorrentía recolectada en la cuenca del río Chirgua, Estado Carabobo, Venezuela, durante el período 2008 a 2009.

La precipitación se midió mediante un pluviómetro conectado a un sistema digital de almacenamiento en la estación La Paredeña, ubicada en la posición geográfica W-68°10'50" y N-10°11'45". Durante el año 2009 se registraron 20 tormentas de media hora de duración, 24 de una hora y 73 de dos horas. En esta investigación, se emplean eventos de lluvia de 1 y 2 horas de duración. En la Figura 1, se presenta una muestra de las tormentas registradas, conjuntamente con el valor de la infiltración acumulada (F).

La selección de los puntos para realizar las pruebas de infiltración, se llevó a cabo aplicando un muestreo probabilístico por conglomerados en dos etapas, en seis zonas de la cuenca, asumiendo un error estándar próximo a 0,015 y una probabilidad de ocurrencia de 99%. En la primera etapa, se seleccionaron los racimos y en la segunda, los sujetos de medición dentro de cada racimo. Los racimos vienen a ser las parcelas agrícolas y los sujetos de medición, los puntos de medición de las



pruebas de infiltración, definidos por las intersecciones de las líneas en una malla constituida por cuadrículas. La malla se superpuso a un ortofotomapa digital, usando la versión 9.3 de ArcGIS. Se hizo corresponder los ortofotomapas con las hojas oficiales de Cartografía Nacional 6546-I-SO y 6546-I-NO, con escalas variables entre 1:10.00 y 1:50.000. Se empleó un equipo de posicionamiento global para obtener las coordenadas geográficas de los puntos de medición. De ese modo, se llevaron a cabo 526 pruebas de infiltración usando infiltrómetros concéntricos de doble anillo, midiendo el nivel del agua en los intervalos de 2, 7, 17, 47, 77 y 137 minutos. En la Figura 2 se presentan los resultados de las mediciones de la tasa de infiltración, donde se observa que los valores máximos varían entre 1000 y 2000 mm/h, y el proceso se estabiliza después de 47 minutos.

Figura 1: Diagrama de masas de tormentas de D=1 h y D=2 h.

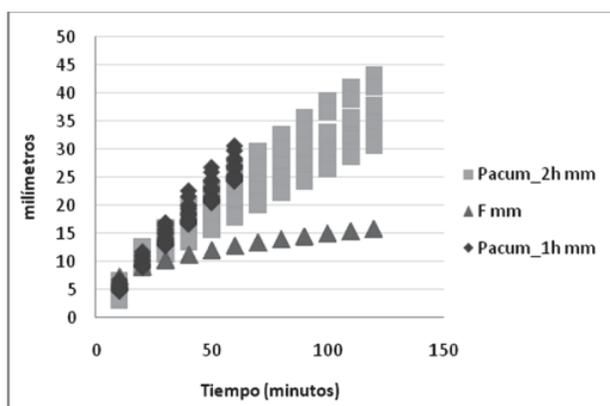
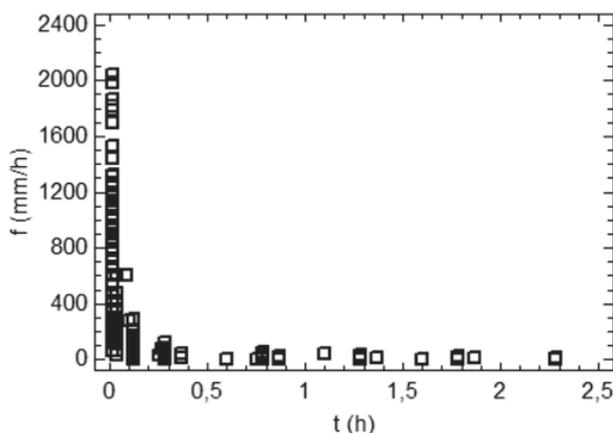


Figura 2: Tasa de Infiltración observada en campo.



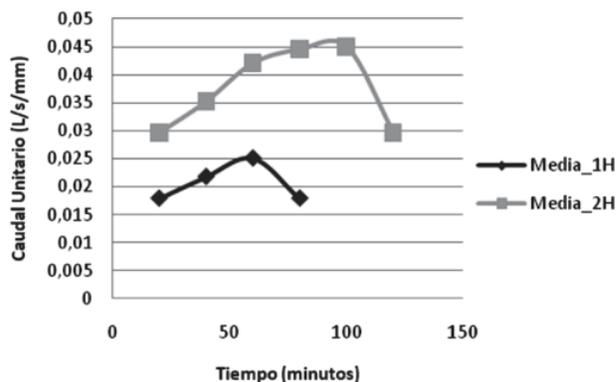
En cuanto al ajuste de los modelos, se aplicó el siguiente procedimiento:

Modelo de Hidrogramas Unitarios

La escorrentía fue medida empleando el método volumétrico, llevando a cabo las mediciones en el extremo inferior de los surcos agrícolas, tanto, durante

el ciclo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*), bajo riego, como en el cultivo de maíz (*Zea mayz L.*), en la estación lluviosa. Se usaron 41 hidrogramas medidos de escorrentía directa, para producir un hidrograma unitario (HU) para duraciones de lluvia de dos horas y 36 hidrogramas medidos, para generar un HU de una hora. En la Figura 3 se presentan los Hidrogramas Unitarios promedio y sus intervalos a un nivel de confianza del 95%. En la figura, se observa que los caudales unitarios varían entre 0,03 y 0,05 L/s/mm. Los hidrogramas de escorrentía, bajo lluvia, se generaron basados en la relación lluvia-escorrentía mediante el siguiente procedimiento: 1) Para una tormenta dada, se totalizan doce valores de lluvia (en mm); los doce valores corresponden a doce intervalos de 10 min (duración total de $12 \times 10 = 120$ min). 2) Para calcular la infiltración en cada intervalo de tiempo, se utiliza el modelo de infiltración acumulada de Philip, calibrado por Márquez y Guevara (2010) y el valor, así calculado, se resta de la precipitación total para obtener la “lluvia efectiva” en cada intervalo de tiempo. La “lluvia efectiva total”, se obtiene como la sumatoria de los doce valores calculados durante un evento de 2 h. 3) El HU de 2 horas y la lluvia efectiva total, se usan para calcular las ordenadas del hidrograma de escorrentía directa. (Ver Figura 4) (Guevara y Cartaya, 2004). 4) Se repiten 73 veces los pasos 1 a 3 anteriores, para cada tormenta, a fin de generar los datos de escorrentía de lluvia de 73 tormentas diferentes.

Figura 3: H.U. para una lluvia D= 1 h y D=2 h.



Modelo de Redes Neuronales Artificiales

El modelo de RNA, desarrollado en esta investigación, consiste de tres capas, una de entrada, una oculta y una de salida. Los datos de entrada al modelo RNA, están constituidos por doce ordenadas dentro de cada evento de lluvia; los datos de salida, por doce ordenadas de escorrentía de los hidrogramas de escorrentía. Setenta y tres conjuntos de datos entrada/salida fueron normalizados para obtener media cero y varianza 1 (0, 1).

Se usa como algoritmo de entrenamiento de propagación hacia atrás, el de Levensberg Marquardt.



Se dividieron, aleatoriamente, los vectores de entrada y salida, en tres conjuntos: 60% para entrenamiento, 20% para validar que la red sea una generalización y parar el entrenamiento; el 20% restante, se usa como una prueba completamente independiente de la generalización de la red, siguiendo las indicaciones en Demuth, (2009).

Descripción de los modelos utilizados

Modelo de Regresión

En este trabajo se analiza la aplicabilidad de dos tipos de estructuras de modelos de regresión: una estructura de modelo de regresión lineal múltiple (RLM) y una estructura de modelo de regresión no lineal múltiple (RNLM).

Para el caso del desarrollo del modelo LMR, la relación entre la escorrentía resultante en el tiempo t (Q_t) y la lluvia que da origen a dicha escorrentía, en cada tormenta, se representa mediante la siguiente expresión:

$$Q_t = \beta_1 P_t + \beta_2 P_{t-1} + \beta_3 P_{t-2} + \beta_4 P_{t-3} \dots + \beta_{12} P_{t-11} \quad [1]$$

Donde β_s es el coeficiente de regresión a ser determinado, Q_t es la escorrentía; P_s representa la lluvia y el índice t es el tiempo.

Para el caso del desarrollo del modelo no lineal múltiple, NLMR, la relación que se investiga es una regresión polinómica, de orden n entre 2 y 5, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Q_t = \beta_1 P_t^n + \beta_2 P_{t-1}^n + \beta_3 P_{t-2}^n + \dots + \beta_{12} P_{t-11}^n \quad [2]$$

Modelo de Redes Neuronales Artificiales

El modelo obtenido está representado por una arquitectura RNA de 12-N-12, donde el número de neuronas ocultas N de 20, fue el que proporciona el mínimo error de entrenamiento; es decir, el modelo es (12-20-12), expresado de acuerdo con Demuth, (2009).

Discusión de resultados

En la Tabla 1, se presenta una muestra de los resultados de la modelación para lluvias de duración 2 h, con sus respectivos intervalos de confianza del 95%, para cada uno de los parámetros de los modelos de regresión, RLM y RNLM. Para eventos de 1 y 2 h de duración, el ajuste de los modelos RLM y RNA, es satisfactorio, ya que R^2 , en ambos casos, es mayor que 0,99 en las etapas de entrenamiento, validación y prueba; mientras que para los modelos RNLM polinómicos, R^2 está alrededor de 0,5, mejorando para lluvias de 1 h, como se muestra en la Tabla 2. Con base en estos resultados, se puede afirmar que, en términos de R^2 , el proceso lluvia-escorrentía se ajusta mejor a los modelos que usan la herramienta RNA que a aquellos que usan las técnicas

clásicas de optimización. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Jain y otros (2001); Jain y otros (2002); Jain y otros (2004); Kumar, (2001); Srinivasulu y otros (2006).

La modelación basada en regresión, tiene en común con la modelación basada en técnicas de inteligencia artificial, que mediante el empleo de ambas se obtiene una aproximación satisfactoria entre la variable de salida y la observada. Sin embargo, mediante el empleo de las técnicas de inteligencia artificial, es posible obtener como resultado un vector de datos, que representa la secuencia de los valores dentro del evento modelado; este aspecto agiliza la obtención de los resultados, lo que pone de manifiesto, la alta potencia de la herramienta y la evolución de la tecnología que se emplea más recientemente en la identificación de sistemas, lo cual contribuye a la toma de decisiones que promueven la inmediata implementación de acciones correctivas en la gestión de los recursos naturales, como es el caso del agua y del suelo, netamente empleados en los sistemas productivos agrícolas.

En cuanto a las RNA's, se recomienda emplear otras funciones de transferencia que difieran de la función sigmoideal, así como, incluir más de dos capas ocultas.

Conclusiones y recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos en la presente investigación, se extraen las siguientes conclusiones y recomendaciones:

1. Los modelos RNA se ajustaron mejor a los datos de lluvia que los modelos convencionales, en términos del coeficiente de determinación R^2 , salvo algunas excepciones, como es el caso de la modelación estadística de eventos de lluvia de 1 h de duración.
2. Los modelos RNA representan mejor a la estructura física de los procesos lluvia-escorrentía, en comparación con los modelos convencionales.
3. El análisis comparativo de los resultados de todas las técnicas de modelado utilizadas, reveló que RNA es la técnica más adecuada, seguida por el método determinístico de Hidrograma Unitario y la regresión estadística.
4. Se recomienda profundizar el análisis con RNA, utilizando otros algoritmos para la función de transferencia.
5. Se recomienda realizar una modelación, empleando eventos de lluvia ocurridos entre los meses de agosto a septiembre.

Reconocimiento

La investigación se desarrolló en el Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales (CIHAM-UC) con el aporte financiero del Consejo de Desarrollo



Tabla 1: Coeficientes de Regresión de Modelos.

P	V		RLM	RNL-1	RNL-2	RNL-3	RNL-4
β_{\square}	P_t	Med	-0,0693473	0,0369223	0,0182655	0,006452	0,00207
		Min	-0,10219	-0,016167	0,00230191	0,000834	-0,000111
		Max	-0,0365047	0,0900116	0,034229	0,012069	0,004251
β_2	P_{t-1}	Med	0,0519004	-0,014701	-0,0201367	-0,01156	-0,005613
		Min	0,0179873	-0,075574	-0,0375986	-0,01745	-0,007808
		Max	0,0858136	0,0461724	-0,0026748	-0,00567	-0,003418
β_3	P_{t-2}	Med	-0,025216	0,0230618	0,0303167	0,018098	0,008985
		Min	-0,061002	-0,043831	0,0116416	0,011946	0,006744
		Max	0,01057	0,0899548	0,0489917	0,02425	0,011227
β_4	P_{t-3}	Med	0,14212	0,018695	0,0240067	0,011714	0,004852
		Min	0,104115	-0,047413	0,00413093	0,00473	0,002185
		Max	0,180126	0,0848034	0,0438824	0,018699	0,007519
β_5	P_{t-4}	Med	-0,144285	0,0111475	0,00518583	0,003607	0,002009
		Min	-0,188299	-0,023739	-0,0040684	0,000756	0,001031
		Max	-0,100271	0,0460339	0,01444	0,006457	0,002987
β_6	P_{t-5}	Med	-0,250453	0,016601	-0,0020034	-0,00377	-0,00244
		Min	-0,291806	-0,02767	-0,0137437	-0,00727	-0,003556
		Max	-0,2091	0,0608721	0,00973697	-0,00027	-0,001324
β_7	P_{t-6}	Med	0,0860579	-0,025262	-0,0272524	-0,01234	-0,004702
		Min	0,0605629	-0,052479	-0,0337752	-0,01415	-0,00526
		Max	0,111553	0,0019554	-0,0207297	-0,01052	-0,004143
β_8	P_{t-7}	Med	0,114792	0,0059312	0,00121102	0,000268	6,2E-05
		Min	0,0829604	0,0017019	0,00038356	8,56E-05	1,92E-05
		Max	0,146624	0,0101605	0,00203848	0,00045	0,000105
β_9	P_{t-8}	Med	0,25958	0,0051685	0,00124253	0,000252	4,76E-05
		Min	0,23059	0,0026927	0,00091831	0,000203	3,92E-05
		Max	0,28857	0,0076443	0,00156675	0,000302	5,6E-05
$\beta_{10\square}$	P_{t-9}	Med	0,0294691	0,0043653	0,00084742	0,000152	2,61E-05
		Min	0,0258138	0,0018175	0,00052677	0,000104	1,8E-05
		Max	0,0331244	0,0069132	0,00116806	0,0002	3,42E-05
β_{11}	P_{t-10}	Med	-9,754E-05				
		Min	-0,004023				
		Max	0,0038279				
β_{12}	P_{t-11}	Med	0,0056751				
		Min	0,0014736				
		Max	0,0098766				



Científico y Humanístico de la Universidad de Carabobo y al Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Investigación (FONACIT).

Tabla 2: Criterio de funcionamiento de Modelos.

Modelo	R ²	R ²
	(D=1H)	(D=2H)
Entrenamiento-Calibración		
RLM	0,999816	0,999791
RNLM-1	0,999275	0,594182
RNLM-2	0,98903	0,559346
RNLM-3	0,954918	0,481252
RNLM-4	0,893898	0,33729
RNA 12-20-12	1	0,99585
Prueba/Validación		
RLM	0,999939	0,999796
RNLM-1	0,999554	0,583006
RNLM-2	0,992946	0,547437
RNLM-3	0,972053	0,46855
RNLM-4	0,932972	0,322779
RNA 12-20-12	1	0,99835

D=Duración de tormenta

Referencias

- Demuth, H., Beale, M., Hagan, M., (2009). Neural Network Toolbox. User Guide. MATLAB.
- Bishop, C. M. (1994). "Neural networks and their applications." *Rev. Sci. Instrum.*, 65, 1803–1832.
- Guevara, E. y Cartaya, H. (2004). *Hidrología Ambiental*. Universidad de Carabobo. Venezuela.
- Grayson, R. B., Moore, I. D., and McMahon, T. A. (1992). "Physically based hydrologic modeling—2. Is the concept realistic?" *Water Resour. Res.*, 28(10), 2659–2666.
- Jain, A., Varshney A.K. and Joshi, U.C. (2001) "Short-term water demand forecast modeling at IIT Kanpur using artificial neural networks", *Water Res. Manage.* 15 (5) 299–321.
- Jain, A., and Ormsbee, L.E. (2002) "Evaluation of short-term water demand forecast modeling techniques: conventional v/s artificial

intelligence", *J. Am. Water Works Assoc.* 94 (7) 64–72.

- Jain, A., and Ormsbee, L.E. (2004) "An evaluation of the available techniques for estimating missing fecal coliform data," *J. Am. Water Res. Assoc.* 40 (6) 1617–1630.
- Jain, A., Sudheer, K.P., and Srinivasulu, S. (2004). "Identification of physical processes inherent in artificial neural network rainfall runoff models", *Hydrol. Process.* 118 (3) (2004) 571–581.
- Hernández, R., Fernández C., Baptista P., (2004). *Metodología de la investigación*. (3^a ed.). México: McGraw-Hill.
- Kumar, A. and Minocha, K. (2001) "Discussion on rainfall runoff modeling using artificial neural networks", *J. Hydrol. Eng. ASCE* 6 (2) 176–177.
- Márquez A. y Guevara, E. (2010). "Estimación de parámetros de modelos de infiltración en base a propiedades físicas del suelo en una zona agrícola de Venezuela". *Revista de Ingeniería de la Universidad de Carabobo*. (Actualmente en revisión)
- Srinivasulu, S. and Jain, A. (2006) "Comparative analysis of training algorithms for ANN rainfall-runoff models", in: *Proceedings of the IICAI2003: First Indian International Conference on Artificial Intelligence*, December 18–20, 2003, Hyderabad, India, 2003. A. Jain, A. Kumar / *Applied Soft Computing* 282 6 272–282.



Evaluación de la estabilidad temporal y variabilidad espacial del patrón de infiltración en la cuenca del río Chirgua

Adriana Márquez, Edilberto Guevara
 Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales.
 Universidad de Carabobo, Facultad de Ingeniería, Venezuela
 ammarquez@uc.edu.ve; eguevara@uc.edu.ve

Resumen

En este artículo se evalúa la estabilidad temporal y variabilidad espacial del patrón de la infiltración empleando índices globales y locales de asociación espacial. Los índices usados son: el índice local de Moran, índice global de Moran, índice global de Getis y Ord, índice local de Getis y Ord. Se realizaron 496 pruebas de infiltración aplicando el método de doble anillo en la cuenca del río Chirgua, Venezuela, en la estación seca y lluviosa durante dos años (2008-2009). Las diferencias encontradas en el análisis de los resultados entre los índices globales y locales se atribuyen a la pseudo normalidad de los índices locales en los extremos de la distribución.

Palabras clave: Variabilidad espacial, infiltración, índice de asociación espacial.

Assessing the temporal stability and spatial variability of the infiltration pattern in the basin of chirgua river

Abstract

This article evaluates the temporal stability and spatial variability of the pattern of infiltration rates using global and local indexes of spatial association. The indexes used are Moran's local index, Moran's global index, Getis-Ord global index, and Getis-Ord local index. 496 infiltration tests were carried out in the basin of Chirgua River, Venezuela for two years (2008-2009) during the dry and rainy seasons, using the method of double ring. The differences found in the analysis of the results between global and local indexes are attributed to the pseudo normality of local indexes at the ends of the distribution.

Key words: Spatial variability, infiltration, spatial association index.

Introducción

La variabilidad de las propiedades hidráulicas del suelo ha sido estudiada por Nielsen et al., (1973); Warrick et al., (1977); Sharma et al., (1980); Sisson y Wierenga (1981), Vieira et al., (1981); y Bautista y Wallender (1985). La técnica más utilizada para caracterizar la variabilidad de las propiedades del suelo es la estadística clásica; sin embargo, la creciente disponibilidad de grandes conjuntos de datos espaciales ha promovido la creación de técnicas para su análisis (Anselin y Getis, 1992 ; Openshaw, 1993). En el análisis de datos espaciales, un enfoque para evaluar el grado de asociación se basa en estadísticos globales, tales como el índice global de Moran o el Índice de Geary. Estos estadísticos son representativos del patrón de asociación local cuando no existen valores atípicos (más de dos desviaciones de la media) en el conjunto total de los datos. Otro enfoque que se fundamenta en los patrones de asociación local y los valores atípicos, plantea el uso de los estadísticos tales como, el propuesto por Getis y Ord, (1992) basado en la distancia y el índice local de Moran (Anselin, 1995), los cuales han sido usados por Brito et al., (2005) para la caracterización de áreas de máxima infiltración y por Starr, (2004) en el análisis de patrones de almacenamiento de agua en tierras agrícolas con fines de precisión en el manejo del agua. Esta investigación tiene como propósito analizar el patrón espacial y temporal de infiltración para identificar zonas

críticas y orientar la aplicación de medidas de regulación del agua de riego.

Fundamentos teóricos

Índice Local de Moran

El estadístico local de Moran para una observación i se define mediante:

$$I_i = z_i \sum_j w_{ij} z_j \quad [1]$$

Donde las observaciones z_i, z_j son desviaciones de la media, y la sumatoria sobre j es tal que sólo se incluyen los valores vecinos $j \in J_i$. Para facilitar la interpretación, los pesos w_{ij} pueden ser la forma estandarizada de las filas, aunque esto no es requisito, y por convención, $w_{ii}=0$. El estadístico global correspondiente se expresa como:

$$\sum_i I_i = \sum_i z_i \sum_j w_{ij} z_j \quad [2]$$

Un valor positivo para el Índice Local de Moran (I_i) indica un agrupamiento espacial de valores *similares* (altos o bajos), y un valor negativo indica un agrupamiento espacial de valores diferentes (una ubicación con valores altos rodeada por vecinos con valores bajos)

**Estadístico Getis y Ord (G_i)**

El estadístico G_i para una observación i se define como:

$$G_i = \frac{\sum_j w_{ij}(d)z_j}{\sum_j z_j} \quad [3]$$

Donde $w_{ij}(d)$ son los elementos en la matriz de pesos basada en la distancia, (para detalles, ver Getis y Ord, (1992)). Para el estadístico G_i^* (como un valor z estandarizado), un valor positivo indica un agrupamiento espacial de valores altos, y un valor negativo un agrupamiento espacial de valores bajos.

Materiales y Métodos

La investigación es descriptiva y el diseño empleado es no experimental. La selección de los puntos para realizar las pruebas de infiltración se llevó a cabo aplicando un muestreo probabilístico por conglomerados en dos etapas, en seis zonas de la Cuenca del río Chirgua, Estado Carabobo, Venezuela, durante el período 2008-2009, como se muestra en la Tabla 1; asumiendo un error estándar próximo a 0.015 y una probabilidad de ocurrencia de 99%. En la primera etapa se seleccionaron los racimos y en la segunda, los sujetos de medición dentro de cada racimo (Hernández, 2003). Los racimos vienen a ser las parcelas agrícolas y los sujetos de medición, los puntos de muestreo definidos por las intersecciones en una malla cuadrada constituida por cuadrículas. La malla permite un registro preciso de la posición de un lugar

(Hodgson, 1987). Las dimensiones de las cuadrículas se fijaron utilizando el criterio del Soil Survey Division Staff (1993), según el cual, para estudios experimentales la mínima área delimitada debe ser de una hectárea. La malla se superpuso a un ortofotomapa digital usando la versión 9.3 de ArcGIS. Se hizo corresponder los ortofotomapas con las hojas oficiales de Cartografía Nacional 6546-I-SO y 6546-I-NO, con escala variable entre 1:1000 y 1:50000. De ese modo, se llevaron a cabo 496 pruebas de infiltración usando infiltrómetros concéntricos midiendo el nivel del agua en los intervalos de 2, 7, 17, 47, 77 y 137 minutos. Las pruebas realizadas en total durante el período seco fueron 360, a razón de 180 anual. El resto, 136 pruebas se realizaron durante el período lluvioso. El grado de agrupación de valores similares, atípicos, máximos y mínimos de infiltración se mide mediante estadísticos globales y locales suponiendo que éstos se ajustan a una función de distribución normal. *La hipótesis nula (H_0) establece que no existe un patrón espacial entre los valores asociados a los elementos.* H_0 se rechaza si el estadístico de prueba cae en la región de rechazo que está delimitada por valores críticos. Los valores críticos supuestos para z corresponden a $\pm 1,96$ desviaciones estándar de la media, asumiendo un nivel de confianza del 95%. El criterio empleado para definir los valores en la vecindad de un elemento es la contigüidad de primer orden.

Tabla 1: Muestreo de infiltración.

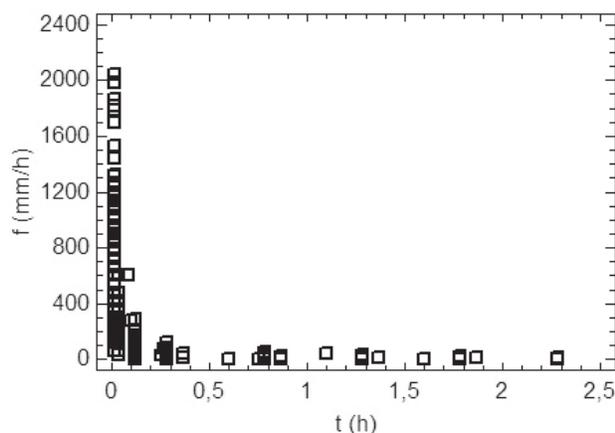
Zona	Fecha Muestreo	Tipo de Muestreo		Muestreo por Conglomerado		Fuente	Tamaño de muestra (Sitios de Muestreo)
				Nº Total Parcelas	Nº Total de Sitios de Muestreo		
1	2008	Múltiple	1era Muestra	30	210	Toro et al., (2008)	46
	2009		2da Muestra			Da Graca et al., (2009)	30
	2009		3era Muestra			Chacón et al., (2009)	30
2	2008	Múltiple	1era Muestra	41	188	Quintero et al., (2009)	30
	2009		2da Muestra			Silva et al., (2009)	30
	2009		3era Muestra			Morillo (2009)	30
3	2008	Múltiple	1era Muestra	35	120	Archila et al., (2009)	30
	2009		2da Muestra			Muñoz H., (2009)	30
4	2008	Múltiple	1era Muestra	24	120	Morillo (2009)	30
	2009		2da Muestra			López et al., (2009)	30
	2009		3era Muestra			Trejo et al., (2009)	30
5	2008	Múltiple	1era Muestra	55	220	Manrique et al., (2009)	30
	2009		2da Muestra			Sánchez et al., (2009)	30
	2009		3era Muestra			Velásquez (2010)	30
	2009		4ta Muestra			Vivas et al., (2010)	30
6	2008	Simple	Única Muestra	20	45	Córdova et al., (2009)	30
Total				205	903		496



Discusión de resultados

En la Figura 1 se presentan los resultados de las pruebas de infiltración, donde se observa que la máxima tasa de infiltración alcanzada varió entre 1000 y 2000 mm/h y se midió al inicio del riego, mientras que la estabilización inició luego de 47 minutos de haber iniciado la prueba.

Figura 1: Tasa de Infiltración observada en campo.



Indicadores globales de asociación espacial

En la Tabla 2 se muestra que los valores del Índice Global de Moran (I) resultaron en su totalidad positivos y los valores z asociados mayores al valor crítico, indicando agrupamiento significativo de valores similares. En la etapa inicial para los años 2008 y 2009 se muestra que z toma los siguientes valores: 4.29 y 8.04, respectivamente, siendo significativamente diferente el cambio temporal, mientras que en la etapa estable para los años 2008 y 2009 se encuentra que z toma los siguientes valores: 2.30 y 2.33, respectivamente, siendo estadísticamente no significativo el cambio temporal.

Tabla 2: Índices globales de asociación espacial.

f_i	Índice Global	2008			2009		
		PC	z	T	PC	z	T
$t=2$ min.	I	0.42	4.29	C	0.76	8.04	C
$t=47$ min.	I	0.23	2.30	C	0.21	2.33	C
$t=2$ min.	G	0.02	3.47	C	0.03	6.93	C
$t=47$ min.	G	0.02	1.47	A	0.02	0.92	A

f_i : Tasa de infiltración para un tiempo t , I: Índice Global de Moran, G: Índice Global de Getis y Ord, PC: polígonos contiguos, C: Agrupado, A: Aleatorio, D: Disperso, Valor Crítico: $z=\pm 1.96$, Nivel de Significancia: 0.05

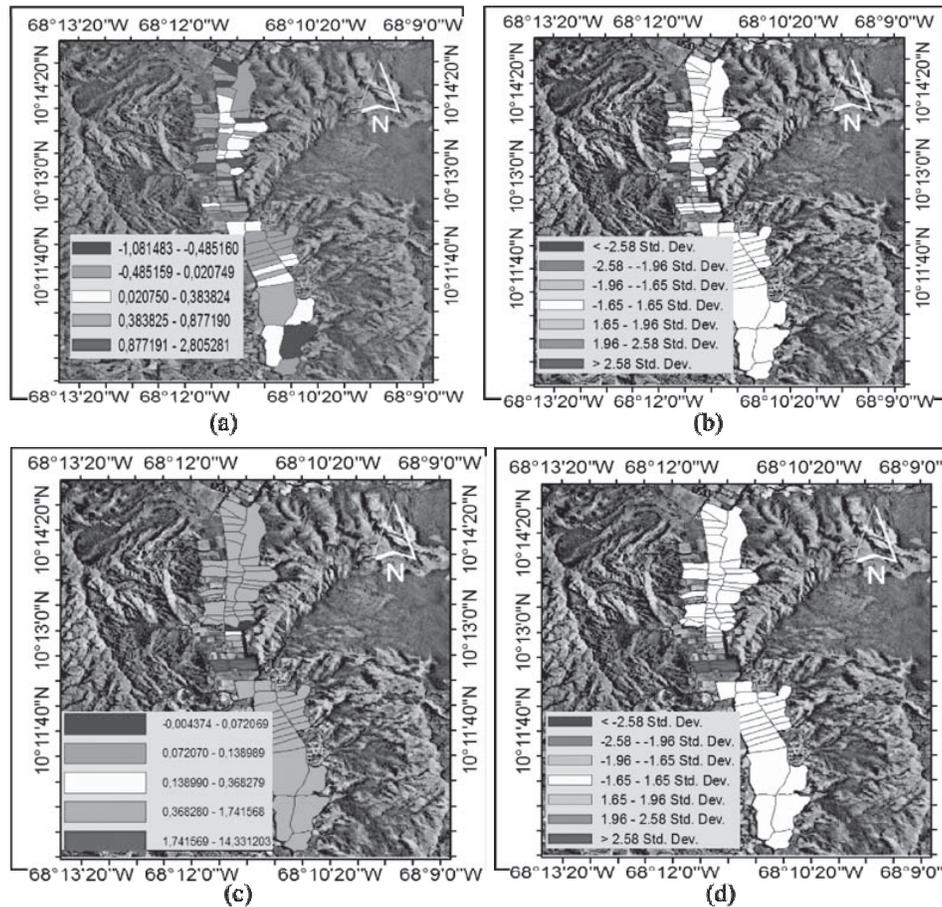
En la Tabla 2 se muestra que los valores del Índice Global de Getis (G) resultaron en su totalidad positivos indicando agrupamiento de valores similares altos. En la etapa inicial para los años 2008 y 2009 se muestra que z toma los siguientes valores: 3.47 y 6.93, respectivamente, siendo significativamente diferente el

cambio temporal. En la etapa estable para los años 2008 y 2009 se encuentra que z toma los siguientes valores: 1.47 y 0.92, respectivamente, siendo estadísticamente no significativo el cambio temporal y espacial, con lo cual se acepta la hipótesis de aleatoriedad completa. De ese modo, en el estado inicial el suelo responde de manera homogénea al ingreso del agua desde la superficie, existiendo áreas donde la tasa de infiltración es mayor, mientras que en el estado estable, el suelo presenta una condición aleatoria en relación al flujo del agua internamente, lo que supone cambios en su capacidad de permitir la circulación interna motivado a la saturación de sus espacios porosos y estabilización del flujo en una etapa más temprana.

Indicadores locales de asociación espacial

En la Figura 2 se observa el patrón local de agrupación en 2008. En la Figura 2(a) se muestran las agrupaciones con valores del índice local de Moran negativo, donde se observa que los valores varían entre -1.08 y -0.4, encontrándose con mayor frecuencia en las parcelas del sector alto de la cuenca, mientras que los valores positivos se observan en el sector medio y bajo. En la Figura 2(b) se observa que los valores de z varían entre ± 1.65 en la mayoría de las parcelas resultando menor al valor crítico ± 1.96 , excepto en el sector medio, donde se observan valores de z estadísticamente significativos. Con base en la significancia, el patrón local de agrupación es aleatorio en gran parte de la cuenca y refleja valores significativamente similares en el sector medio. Con respecto al índice G_i^* , en la Figura 4(a) se observan valores z positivos significativos, > 2.58 para G_i^* representando las zonas con altas tasas de infiltración en el estado inicial, lo que supone un mayor grado de porosidad y contenido de humedad inicial bajo. En la Figura 2(c) se observa que los valores positivos del Índice local de Moran varían entre 0.07 y 0.14 para la mayoría de las parcelas en toda la cuenca; encontrando que los valores más altos en el sector medio varían entre 0.36 y 14. En la Figura 2(d) se observa que los valores de z varían entre ± 1.65 en la mayoría de las parcelas resultando menor al valor crítico ± 1.96 ; mientras que en el sector medio se encontraron valores de z estadísticamente significativos. Mediante estos resultados se ha encontrado un patrón de agrupación aleatorio en gran parte de la cuenca y de valores significativamente similares en el sector medio. Con respecto al índice G_i^* , en la Figura 4(b) se observan valores z positivo significativos, > 2.58 indicando las zonas con la más alta tasas de infiltración en el estado estable, lo que se supone que existe mayor contenido de arena en la composición granulométrica del suelo en esta zona, ver Figura 4(b). De acuerdo con el análisis de los patrones locales de agrupación espacial en 2008 se encontró un patrón aleatorio en la mayoría de las parcelas. (Figuras 2(b) y 2(c)). Esta interpretación

Figura 2: Índice Local de Moran (ILM) y Valor z Período Seco 2008. Tasa de infiltración para $t=2$ min.: (a) ILM.(b) Valor z. Tasa de infiltración para $t=47$ min.: (c) ILM. (d) Valor z



basada en el valor Z resulta contraria al patrón local de agrupación real mostrado en las Figuras 2(a) y 2(c), lo cual se explica ya que en la primera figura se observa un agrupamiento significativo de valores que difieren unos de otros en el sector alto y de valores similares en los sectores medio y gran parte del bajo; mientras que en la segunda se observan valores similares en toda la cuenca, por lo tanto la aleatoriedad no es total.

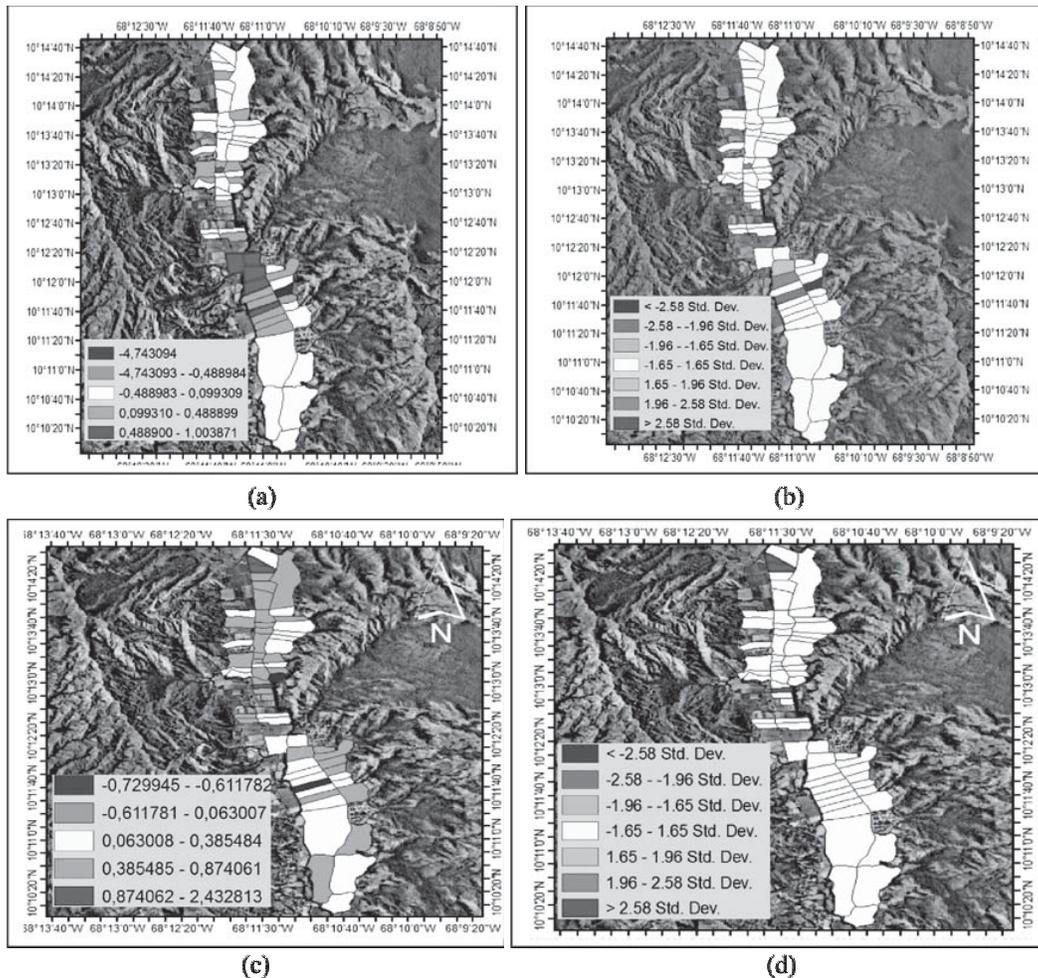
En una sección posterior se discutirá la suposición de normalidad para la distribución de los índices locales. Con respecto a la relación entre el índice global y las indicaciones del patrón local de agrupación, se encuentra que en el estado inicial se cumple que el primero no es representativo del segundo; mientras que en el estado estable se encontró correspondencia.

En la Figura 3 se observa el patrón local de agrupación en 2009. En la Figura 3(a) se muestran las agrupaciones de valores del índice local de Moran, donde se observa que los valores varían entre -0.48 y 0.09 en la mayoría de las parcelas de la cuenca, mientras que los valores positivos altos se observan en las parcelas ubicadas al inicio del sector bajo. En la Figura 3(b) se observa que los valores de z varían entre ± 1.65 en la mayoría de las parcelas resultando menor al valor

crítico ± 1.96 . Con base en la significancia, el patrón local de agrupación es aleatorio en gran parte de la cuenca y refleja valores significativamente similares en el sector medio. Con respecto al índice G_i^* , en la Figura 4(c) se observan valores z positivo significativos que varían entre 1.96 y 2.58, lo que indica la ocurrencia de la más alta tasa de infiltración en el estado inicial en la parcelas del sector medio. En la Figura 3(c) se muestran los valores del índice local de Moran, donde se observa que los valores varían entre -0.6 y 0.06 en la mayoría de las parcelas de la cuenca, mientras que en el resto de las parcelas se observan valores positivos. En la Figura 3(d) se observa que los valores de z varían entre ± 1.65 en la mayoría de las parcelas resultando menor al valor crítico ± 1.96 . Con respecto al índice G_i^* , en la Figura 4(d) se observa valores de z positivos significativos que varían entre 1.96 y 2.58, lo que indica la más alta tasa de infiltración en el estado estable en las parcelas del sector alto. De acuerdo con el análisis de los patrones locales de agrupación espacial en 2009, se encontraron valores de las tasas de infiltración aleatorios en la mayoría de las parcelas (Figuras 3(b) y 3(c)). Esta interpretación basada en la significancia resulta contraria al patrón local de agrupación real mostrado en las Figura 3(a) y



Figura 3: Índice Local de Moran (ILM) y Valor z Período Seco 2009. Tasa de infiltración para $t=2$ min.: (a) ILM. (b) Valor z. Tasa de infiltración para $t=47$ min.: (c) ILM. (d) Valor z.



3(c), donde se observa que los índices negativos más altos corresponden al sector alto y los positivos más pequeños al sector bajo, tanto en el estado inicial como en el estable. En una sección posterior se discutirá la suposición de normalidad para la distribución de los índices locales. Con respecto a la relación entre el índice global y las indicaciones del patrón local de agrupación, se encuentra que en el estado inicial se cumple que el primero no es representativo del segundo, mientras que en el estado estable se encontró correspondencia.

Comparando el patrón local de agrupación espacial entre 2008 y 2009 se observa que disminuye la ocurrencia de valores atípicos en el sector alto y se mantienen las agrupaciones similares en los sectores medio y bajo. En estas condiciones, la medida de manejo del agua se orienta hacia disminuir los tiempos de riego en el sector bajo y enfatizar en el manejo de la labranza en el sector alto a fin de incrementar la retención del agua en el suelo.

Distribución del Índice de Moran

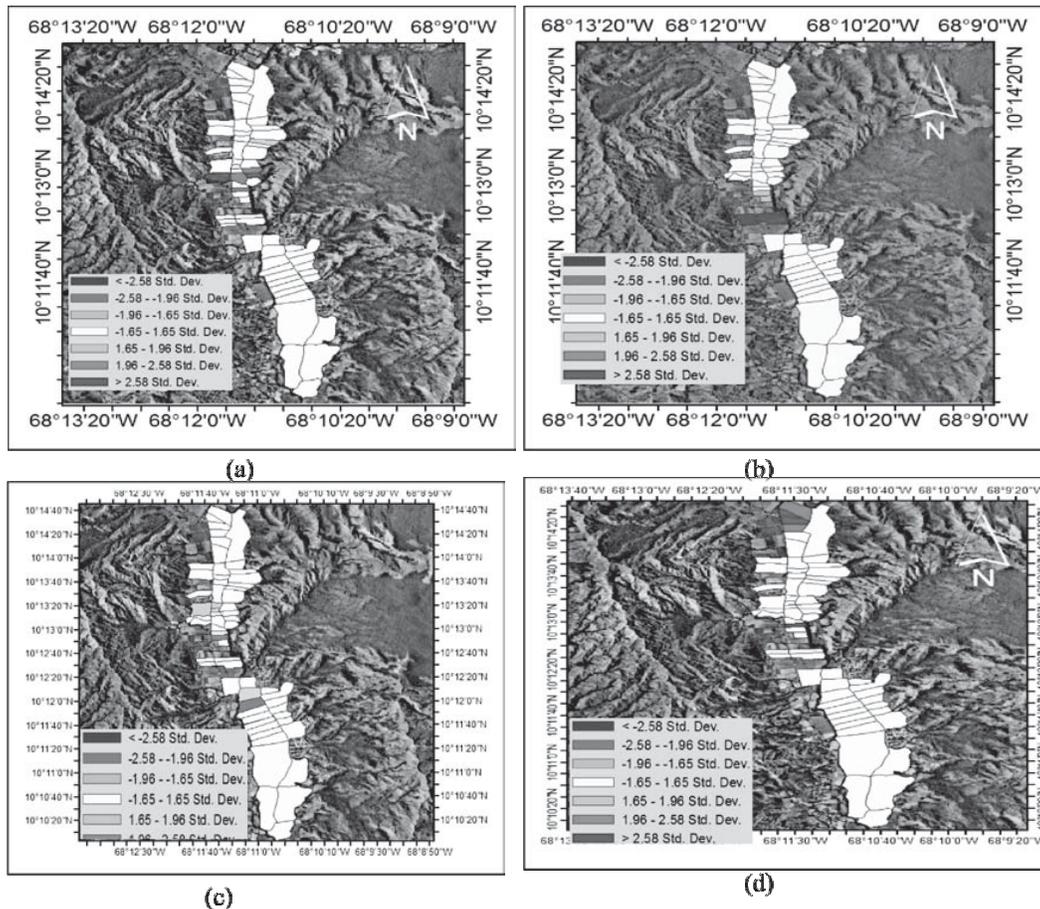
El análisis del patrón espacial bajo la hipótesis planteada, supone una distribución normal para el índice local de Moran y el estadístico Getis-Ord. En las Figuras 5(a) y 5(b) se observa el gráfico cuantil-cuantil, donde se ilustra la carencia de normalidad en el caso de los índices locales de Moran en 2008 y 2009. El mismo problema parece que también afecta a la distribución del estadístico Getis y Ord, ya que se derivan de una manera similar, quedando establecido que la inferencia para la prueba de agrupaciones espaciales locales puede resultar inválida. Según Anselin (1995), en la práctica, la inferencia sobre la base de los niveles de pseudo significancia indicado por un enfoque de aleatorización condicional parece ser la única alternativa viable.

Conclusiones y Recomendaciones

Sobre la base de los resultados obtenidos en la presente investigación, se extraen las siguientes conclusiones y recomendaciones:

1. Mediante el análisis de los patrones locales de agrupación espacial en 2008 y 2009 se encontró

Figura 4: (a) Valor z para G_i^* . Tasa de infiltración en $t=2$ min-2008. (b) Valor z para G_i^* . Tasa de infiltración en $t=47$ min-2008. (c) Valor z para G_i^* . Tasa de infiltración en $t=2$ min-2009 (d) Valor z para G_i^* . Tasa de infiltración en $t=47$ min-2009.

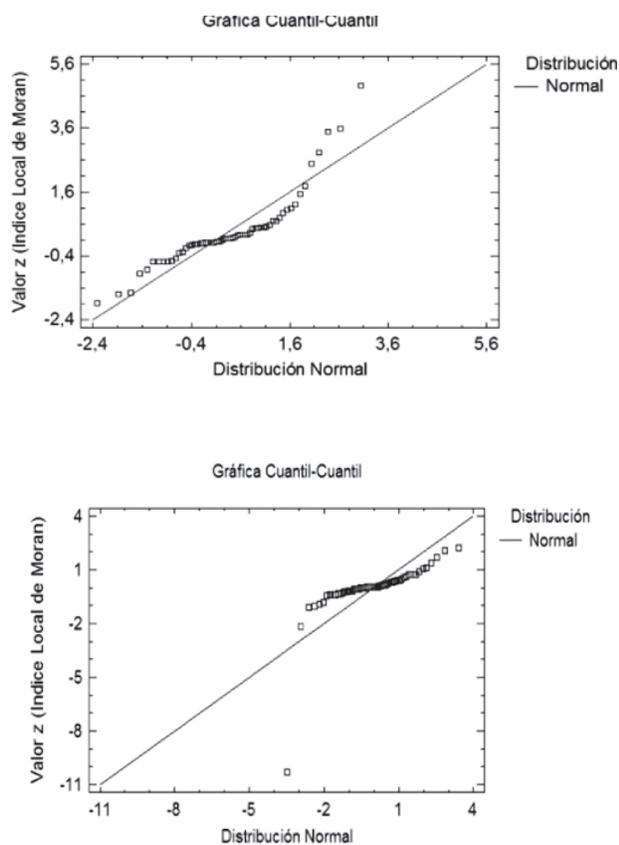


2. La verificación de la suposición de normalidad para la distribución de los índices locales dio como resultado carencia de ajuste de los índices locales en las extremidades de la función de distribución normal, lo que trae como consecuencia que se juzgue un patrón de agrupación local como aleatorio cuando en realidad existe agrupación significativa de valores atípicos en unos sectores y similares en otros sectores de la zona de estudio, por lo que la aleatoriedad es condicional en este caso.
3. Con respecto a la relación entre el índice global y las indicaciones del patrón local de agrupación. En el estado inicial, se cumple que el primero no es representativo del segundo; mientras

4. Mediante la comparación del patrón local de agrupación espacial entre 2008 y 2009 se encontró que la ocurrencia de valores atípicos disminuye ligeramente en el sector alto y las agrupaciones similares se mantienen en los sectores medio y bajo. En consecuencia, parece existir estabilidad en el tiempo con respecto a las tasas de infiltración medidas en la cuenca en el estado inicial y en la estabilización.
5. Se recomienda como medida para conservar el agua y el suelo, disminuir los tiempos de riego en el sector bajo y enfatizar en el manejo de la labranza en el sector alto, siendo necesario un excedente de esta actividad hasta un nivel de subsolación o arado profundo, a fin de romper los estratos duros e impermeables del perfil del suelo, y favorecer el incremento de la infiltración, la permeabilidad y la retención del agua hacia el interior del suelo.



Figura 5: Gráfico cuantil-cuantil. Valor z del índice local de Moran vs la Distribución.



Referencias

- Anselin, L., Getis A., (1992). "Spatial Statistical Analysis and Geographic Information Systems". The Annals of Regional Science. (26) 19-33.
- Anselin, L. (1995). "Local Indicator of Spatial Association-LISA". Geographical Analysis, 27(2): pp. 93-115.
- Archila A., Hernández D., (2009). "Comparación de modelos matemáticos de infiltración en el Sector El León. Cuenca del río Chirgua. Estado Carabobo". Tesis de Grado. Universidad de Carabobo. Venezuela.
- Bautista, E. and Wallender, W, (1985). "Spatial variability of infiltration in furrows". Trans. Am. Soc. Agric. Eng., 28: 1846-1851.
- Brito M.G., Costa C.N., Almeida J.A., Vendas D., Verdial P.H., (2006). "Characterization of maximum infiltration areas using GIS tools". Engineering Geology (85): 14-18
- Chacón Ch., Segura F., Sandoval A., (2009). "Comparación de modelos matemáticos de infiltración en una parcela en el Sector Cariaprima. Período húmedo 2008. Cuenca del río Chirgua. Estado Carabobo". Tesis de Grado. Universidad de Carabobo. Venezuela
- Da Graca E., Saturno Y., (2009). Comparación de modelos matemáticos de infiltración en el Sector Cariaprima. Cuenca del río Chirgua. Estado Carabobo. Tesis de Grado. Universidad de Carabobo. Venezuela
- Getis, A., Ord K., (1992). "The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics". Geographical Analysis. (24): 189-206
- Hodgson, J., (1987). Muestreo y descripción de suelos. Editorial Reverté, S.A. España
- Manrique, O., Velásquez Y., Gómez Y (2009). "Comparación de modelos matemáticos de infiltración en el Sector La Paredaña. Cuenca del río Chirgua. Estado Carabobo". Tesis de Grado. Universidad de Carabobo. Venezuela
- Morillo J., (2009). "Comparación de modelos matemáticos de infiltración en el sector potrerito- cuenca del río Chirgua, municipio Bejuma - Estado Carabobo. Período húmedo 2008". Tesis de Grado. Universidad de Carabobo. Venezuela
- Morillo K., Morey R., (2009). Comparación De Modelos Matemáticos De Infiltración En El Sector La Colonia, Cuenca Del Río Chirgua, Municipio Bejuma, Estado Carabobo.
- Muñoz H., (2009). "Comparación de modelos matemáticos de infiltración en una parcela en el Sector El León. Período húmedo 2008. Cuenca del río Chirgua. Estado Carabobo". Tesis de Grado. Universidad de Carabobo. Venezuela
- López M., De Ornelas I., (2009). "Comparación de modelos matemáticos de infiltración en una parcela en el Sector La Colonia. Período húmedo 2008. Cuenca del río Chirgua. Estado Carabobo". Tesis de Grado. Universidad de Carabobo. Venezuela
- Quintero A. y Altamiranda, K., (2009). "Comparación de modelos matemáticos de infiltración en el Sector La Paredaña. Cuenca del río Chirgua. Estado Carabobo". Tesis de Grado. Universidad de Carabobo. Venezuela
- Openshaw, S., (1993). "Some suggestion concerning the development of artificial intelligence tools for spatial modeling and analysis in GIS". Geographic Information System, Spatial Modeling and Policy Evaluation, pp 17-33. Berlin



- Sánchez J., Sortino C., (2009). "Comparación de modelos matemáticos de infiltración en el Sector La Paredaña. Período húmedo 2008. Cuenca del río Chirgua. Estado Carabobo". Tesis de Grado. Universidad de Carabobo. Venezuela
- Starr G.C., (2004). "Assessing temporal stability and spatial variability of soil water patterns with implications for precision water management" *Agricultural Water Management* (72) 223–243
- Soil Survey Division Staff. (1993). "Soil survey manual. Soil Conservation Service". U.S. Department of Agriculture Handbook 18. <http://soils.usda.gov/technical/manual/>
- Sisson, J.B. and Wierrenga, P.J., (1981)." Spatial variability of steady state infiltration rates as a stochastic process." *Soil Sci. Soc. Am. J.*, (45): 699-704.
- Sharma, M.L., Gander, G.A. and Hunt, C.G., (1980). "Spatial variability of infiltration in a watershed". *J. Hydrol.*,(45): 101-122.
- Trejo G., Pérez J., Seijas E., (2009). "Comparación De Modelos Matemáticos De Infiltración En El Sector La Colonia, Cuenca Del Río Chirgua, Municipio Bejuma, Estado Carabobo. Periodo Seco 2009". Tesis de Grado. Universidad de Carabobo. Venezuela
- Toro E., Zamora R., (2008), "Comparación de modelos matemáticos de infiltración en el Sector La Paredaña. Cuenca del río Chirgua. Estado Carabobo". Tesis de Grado. Universidad de Carabobo. Venezuela
- Vieira, S.R., Nielsen, D.R. and J.W. Biggar., (1981). "Spatial variability of field-measured infiltration rate". *Soil Sci.Soc. Am. J.*, (45): 1040-1048.
- Warrick, A.W., Mullen, G.J. and Nielsen, D.R., (1977). "Scaling field measured soil hydraulic properties using asimilar media concept". *Water Resour. Res.*, (13): 355-362.
- Velásquez L., (2010). *Comparación De Modelos Matemáticos De Infiltración En Una Parcela En El Sector La Paredaña- Cuenca Del Rio Chirgua, Municipio Bejuma Del Estado.* Tesis de Grado. Universidad de Carabobo. Venezuela
- Vivas R., Petit J., Palacio A., (2010). *Validar modelos matemáticos de infiltración en el sector La Paredaña, Cuenca alta del río Chirgua en el Municipio Bejuma del Estado Carabobo.* Tesis de Grado. Universidad de Carabobo. Venezuela



Análisis Geomorfológico de la Cuenca del Río Cabriales, Venezuela

Federico Valencia Ventura y Edilberto Guevara Pérez
 Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales (CIHAM-UC)
 Universidad de Carabobo
 federicovalencia@hotmail.com / eguevara@uc.edu.ve

Resumen

El objetivo de esta investigación es la determinación de los parámetros morfométricos de forma, relieve y relativos a la red de drenaje de la cuenca del río Cabriales, con miras a usarlos en el plan de gestión de riesgos de la ciudad de Valencia, debido a que dichos parámetros permiten conocer la respuesta hidrológica y morfodinámica de la cuenca a la ocurrencia de eventos extremos de precipitación. Utilizando programas tipo CAD y GIS, se determinaron 27 parámetros, entre lineales, de área y volumen. Los resultados más importantes son la longitud del cauce principal de 37 Km; la pendiente media de 0,93 %; densidad de drenajes, de 36,40 m/Ha y el de torrencialidad, de 6,59 N_1/Km^2 . Los parámetros, permiten inferir la forma del hidrograma y los tiempos al pico en comparación con otras cuencas y los riesgos de inundación.

Palabras Clave: Cuenca, Parámetros morfométricos, Hidrograma.

Geomorphologic Analysis of Cabriales River Basin, Venezuela

Abstract

This research deals with the determination of morphometric parameters, terrain and other aspects concerning the sewage network of the Cabriales River basin, as a means to employ them on disaster prevention strategies of the city of Valencia, since those parameters allow to know the hydrological and morphodynamic response of the basin to extreme hydrometeorological events. Using CAD and GIS tools, twenty seven parameters were determined, some of them being: Length of the main river 37 Km; average slope, 0,93 %; drainage density, 36,40 m/Ha; torrenciality, 6,59 N_1/Km^2 . Said considerations allow to infer on the hydrogram forms and peak levels in comparison to other basins and flooding risks.

Key Words: Basin, Morphometric Parameters, Hydrograph.

Introducción

En la cuenca del río Cabriales se han llevado a cabo numerosos estudios sobre contaminación de las aguas y saneamiento. También, se han desarrollado proyectos hidráulicos para la rectificación y protección del cauce en zonas urbanizadas y de recreación.

Últimamente, el gobierno nacional, a través del Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Industrias Intermedias, ha venido apoyando a nivel nacional, estudios sobre gestión de riesgo en cuencas urbanas, priorizando la selección en función de la importancia de las ciudades. Una de estas ciudades es Valencia, la cual se encuentra dentro de la cuenca del río Cabriales. Como una etapa previa al estudio de gestión de riesgos, se requiere llevar a cabo el análisis geomorfológico de la cuenca, ya que no existe ningún trabajo previo en esta área de investigación. En este trabajo, se lleva a cabo un análisis geomorfológico con la finalidad de obtener los parámetros geomorfológicos que servirán de información básica para determinar la respuesta hidrológica de la cuenca y ayudar así, al estudio del plan para la gestión de riesgos.

Objetivo

El trabajo tiene como objetivo principal, investigar la relación entre los parámetros geomorfológicos y morfométricos de la cuenca del río Cabriales y el

comportamiento hidrológico y morfodinámico de la misma.

Área de estudio

La cuenca del río Cabriales está situada, geográficamente, en la Región Centro Norte del territorio venezolano, en el centro del estado Carabobo; limita por el norte, con la cordillera de la costa; por el sur, con la cuenca del río El Paíto; por el este, con la cuenca del río Los Guayos y por el oeste, con las cuencas de los ríos Guataparo y Tocuyito.

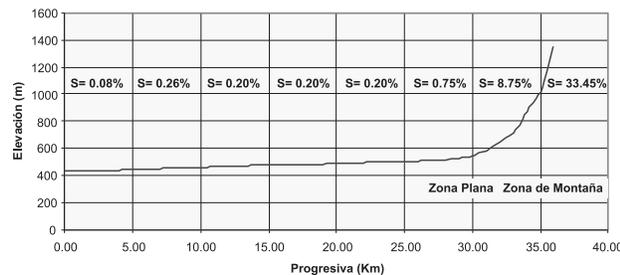
Figura 1: Localización de la cuenca del río Cabriales (Tomado de Google Earth).





La cuenca posee dos grandes grupos de relieves, con topografías altamente divergentes: un sector montañoso, con diversos tipos de vegetación y otro sector más plano, caracterizado por un predominio de suelo granulares finos con ocasionales estratos arcillosos. En la Figura 2 se presenta el perfil longitudinal del cauce del río Cabriales, en el cual se aprecia la zona montañosa y plana. La vegetación está conformada por bosques nublados, herbazales secundarios o arbolados, bosques de vaguada y bosques estacionales. El régimen climático muestra dos períodos: uno lluvioso, mayo - octubre y otro seco, noviembre-abril. La temperatura media es de unos 25°C. Según la clasificación climática de Koepen, el clima de la cuenca es del tipo AW (Clima tropical de Sabana); mientras que, según Holdridge, el clima corresponde a un Bosque Seco Tropical (Walter y Medina 1971).

Figura 2: Perfil longitudinal del cauce principal del río Cabriales.



Metodología

La investigación se llevó a cabo de acuerdo al siguiente procedimiento: 1) Se recopiló y seleccionó las cartas geográficas 6547-II-SE, 6647-III-SO, 6546-I-NE, 6646-IV-NO, 6546-I-SE, 6646-IV-SO, 6546-II-NE, 6646-III-NO, en escala 1:25.000, facilitadas por el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar, en imágenes raster, algunas de vuelos realizados en el año 1978 y otras del año 1979. 2) Se digitalizó la información cartográfica usando un programa AutoCad, obteniéndose un archivo vectorial topográfico. Se exportó el archivo tipo CAD a un programa SIG, para adquirir el modelo digital de elevaciones. 3) Sobre el mapa digitalizado, se determinó el sistema hidrográfico de la cuenca y se calcularon los parámetros geomorfológicos. La caracterización de los parámetros se presenta en la Tabla 1, conjuntamente con los resultados obtenidos para cada uno de ellos.

A continuación se resumen los algoritmos cuantitativos para el cálculo de los parámetros:

Índice de compacidad, (Gravelius, 1914):

$$K_c = 0,282 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde, K_c , Coeficiente de compacidad; P, Perímetro de la cuenca (Km); A, Área de la cuenca (km²)

Índice de forma, (Horton, 1932):

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

Donde, K_f es el coeficiente de forma; L, longitud axial de la cuenca (km); A, el área de la cuenca (km²)

Índice de elongación, (Schumm, 1956): La elongación tiene la siguiente expresión matemática:

$$E = \frac{1,1284A^{1/2}}{L_{cp}}$$

Donde, E es la elongación; L_{cp} , longitud del cauce principal de la cuenca (km) y A , área de la cuenca (km²).

Rectángulo equivalente, (Roche, 1963): Con los rectángulos equivalentes se trata de representar la cuenca por medio de un rectángulo que tenga igual superficie, perímetro, coeficiente de compacidad y distribución hipsométrica, (Campos, 1998). Los lados del rectángulo se convierten en los límites de la cuenca y las curvas de nivel se transforman en rectas paralelas al lado menor del rectángulo. A continuación se dan las fórmulas de ambos lados:

$$L_1 = \frac{K_c (A)^{1/2}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_c} \right)^2} \right)$$

$$L_2 = \frac{K_c (A)^{1/2}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_c} \right)^2} \right)$$

Donde, L_1 , L_2 son los lados del rectángulo (km); K_c , el coeficiente de compacidad; A, área de la cuenca (km²).

Longitud al centroide, (Viesman, et ál, 1977):

$$L_c = 0,550L^{0,96}$$

Donde, L_c es la longitud al centroide (km); L , longitud de la Cuenca (km).

Amplitud del Relieve: Diferencia entre la cota máxima y la cota mínima del escurrimiento. La cota máxima es la mayor altura sobre la divisoria topográfica y la cota mínima, se refiere al punto mas bajo de la cuenca.

**Tabla 1:** Caracterización de los parámetros morfométricos determinados en el estudio para la cuenca del río Cabriales

Variable	Parámetro	Símbolo	Dimensión	Resultado
Parámetros de Forma	Área	A	L^2	148,21 Km^2
	Perímetro	P	L	75,97 Km
	Longitud	L	L	27,18 Km
	Ancho	W	L	11,08 Km
	Diámetro	D	L	13,73 Km
	Coficiente de compacidad	K_c	-	1,759
	Factor de forma	K_f	-	0,201
	Elongación	E	-	0,368
	Rectángulo equivalente	L1, L2	L	L1:33,24 Km; L2:4,40 Km
	Longitud al centroide	L_c	L	17,76 Km
Parámetros de Relieve	Cota máxima	H_r	L	1.630 msnm
	Cota mínima	h_r	L	434 msnm
	Amplitud de relieve	HR	L	1.196 m
	Altura media	H_m	L	669,68 m
	Altura mediana	H_{md}	L	570,00 m
	Pendiente media	S	%	25,34 %
Parámetros de la Red de Drenaje	Longitud cauce principal	L_{cp}	L	37,32 Km
	Cota máxima cauce principal	H_c	L	1.350 msnm
	Cota mínima cauce principal	h_c	L	434 msnm
	Amplitud de cota	HC	L	916,00 m
	Pendiente media cauce principal	J	%	0,93 %
	Relación de bifurcación	R_b	-	3,59
	Relación de longitud	R_l	-	2,35
	Relación de área	R_a	-	2,92
	Densidad de drenaje	D	L/L_2	36,40 m/Ha
	Longitud total de las corrientes	L_{tc}	L	539.472,63 m
	Coficiente de torrencialidad	F	N_1/L^2	6,59 N_1/Km^2



Elevación media de la cuenca, (Linsley, et ál, 1949): Es igual al cociente entre el volumen bajo la curva hipsométrica y el área de la cuenca. También, se estima como el valor altura correspondiente al 50 % del área de la cuenca.

Pendiente de la cuenca, (Wisler y Brater, 1959): La pendiente media de una cuenca se puede estimar como sigue:

$$J(\%) = \left(\left(\sum_{i=1}^n L_i \right) E / A \right) \times 100$$

Donde, $J(\%)$, Pendiente media de la cuenca en porcentaje; L_i , longitud total de las curvas de nivel de igual desnivel (m); E , equidistancia de las curvas de nivel usadas en el cálculo (m); A , área de la cuenca (m^2).

Orden de las corrientes: La clasificación de corrientes, propuesta por Horton (1945) y modificada por Strahler (1957), refleja el grado de ramificación o bifurcación, donde el cauce que no tenga afluentes se define como corriente de orden uno. Un cauce de orden dos se forma con la confluencia de dos cauces de orden uno; un cauce de cualquier orden se forma con la confluencia de dos cauces de orden inmediatamente inferior. El cauce principal se determina partiendo desde el punto más alto de la cuenca hacia aguas abajo, siguiendo la corriente de más alto orden, hasta llegar a la salida de la cuenca (Campos, 1998).

Relaciones de parámetros geomorfológicos: En adición a los parámetros descritos, Horton (1945), introdujo los siguientes conceptos:

Relación de bifurcación, definida por:

$$R_{b_i} = \frac{N_i}{N_{i+1}}$$

Donde, R_{b_i} es la razón de bifurcación i ; N_i , número de cauces de orden i ; N_{i+1} , Número de cauces de orden $i+1$

Relación de área, dada por:

$$R_{a_i} = \frac{A_{i+1}}{A_i}$$

Donde, R_{a_i} : Razón de áreas i ; A_i , promedio de áreas de cauces de orden i ; A_{i+1} , promedio de cauces de orden $i+1$.

Relación de longitudes, expresada como:

$$R_L = \frac{L_{i+1}}{L_i}$$

v

Donde:

R_{L_i} : Razón de longitudes i ; L_i , promedio de longitudes de cauces de orden i ; L_{i+1} , promedio de longitudes de cauces de orden $i+1$.

Los valores de R_b , R_l y R_a en la naturaleza, varían entre 3 y 5 para R_b ; entre 1,5 y 3,5 para R_l y entre 3 y 6 para R_a (Rodríguez, J. et al., 1980).

Densidad de drenaje, (Horton, 1945): Se expresa como:

$$D_d = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{A}$$

Donde:

D_d : Densidad de drenaje (L/L^2); L_i , longitud de todos los cauces o corrientes (L); A , área de la cuenca (L^2)

Coefficiente de torrencialidad, (Horton, 1945), dado como la relación entre los números de cauces de orden uno con respecto el área de la cuenca.

$$F = \frac{N_1}{A}$$

Donde:

F : Coeficiente de torrencialidad (N_1/L^2); N_1 , Número de cauces o corrientes de orden 1 (L); A , área de la cuenca (L^2)

Discusión de los resultados

La cuenca del río Cabriales corresponde a un sistema hidrográfico de dimensiones medianas, en concordancia con la clasificación de cuenca con respecto a su tamaño (Chow, 1962), de drenaje dendrítico, según la clasificación de Eagleson, P.S. (1970), donde abundan curvas suaves. Los ramales son, en algunos casos, paralelos, sin evidencia de control estructural geológico, típico de materiales uniformes de granulometría fina. El sistema se extiende de norte a sur, de manera perpendicular a la Cordillera de la Costa. Basado en el tamaño de la cuenca (área, perímetro, longitud, ancho, diámetro, elongación, compacidad), se trata de un sistema alargado que puede generar hidrogramas de grandes caudales, con tiempos al pico de relativa lentitud para intensidades de lluvia importantes en magnitud y duración. En la Tabla 1 se presentan los resultados obtenidos para los

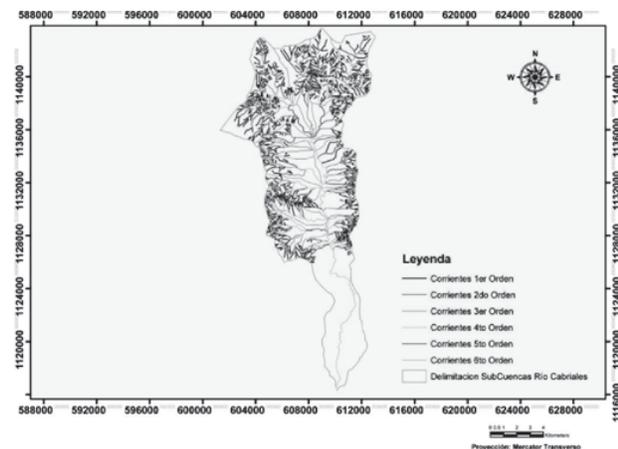


parámetros morfométricos de la cuenca, destacándose el área de la cuenca (148,21 km²), quizá, el parámetro más importante, que determina la escala de los fenómenos hidrológicos como el volumen de precipitación que ingresa y la magnitud de los caudales. Ver Tabla 1.

En la cuenca, hay propensión a una acumulación de humedad, debido a la altura de las nacientes (1630 msnm), permitiendo un sostenimiento del caudal de estiaje en el período seco. La amplitud del relieve, permite la formación de zonas con vegetación diversa, específica de cada altitud.

La longitud de cauce principal es de unos 37 km. El perfil longitudinal dado en la Figura 3, muestra pendientes de hasta 50 %, en un tramo de unos 7 km por sobre la cota 570 msnm y pendientes mínimas de 2 % y menores, en alturas inferiores. El tramo de cauce llano, tiene una longitud de unos 30 km, con una pendiente media de 0,28% (0,16°), favoreciendo deposiciones de sedimentos y elevada posibilidad de atenuar y retardar el pico de crecida, generado en el tramo superior.

Figura 3: Clasificación según Horton de las corrientes en la cuenca del río Cabrales.



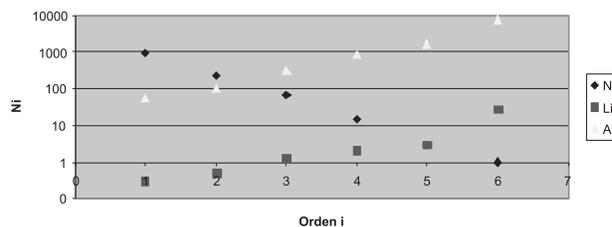
La longitud total del sistema de drenajes es de unos 539 km. Las corrientes de orden 1, representan el 51% de la longitud total, lo cual indica un tiempo de respuesta lento. El orden mayor, obtenido en los cauces, es 6, por tanto, la cuenca es de orden 6 y alcanza dicho valor a los 10,50 km de recorrido, lo cual, corrobora la reducción de los tiempos de concentración a la salida de la cuenca. En la Figura 3 se presentan el sistema hidrográfico y la los órdenes de las corrientes.

El coeficiente de torrencialidad presenta un valor de baja susceptibilidad a los procesos erosivos que se muestran al final de la cuenca. El coeficiente de compacidad refleja un tipo de cuenca alargada, así como, la densidad de drenaje, con un valor bajo de 36,40 m/Ha o 3,64 km/km², verificándose, un cuenca de respuesta lenta, menor tiempo al pico frente a una tormenta que en otras cuencas con densidad más elevada. El factor de forma

tiene un valor de 0,201, indicando un comportamiento de la cuenca a una baja o media susceptibilidad a las inundaciones.

Los valores medios de la razón de bifurcación, longitud y área son 3,59, 2,35 y 3,00, respectivamente, como se aprecia en la Figura 4. Los valores de la razón de bifurcación, varían entre 3,59 a 4,22, indicando una cuenca madura, cuya actividad erosiva, de presentarse, es muy lenta sin afectar bruscamente el sistema desde el punto de vista morfológico.

Figura 4: Relación de bifurcación, longitud y área, correspondiente a la cuenca del río Cabrales.



La altura mediana indica que el 50% del área de la cuenca está por debajo de 570 msnm, con pendientes menores al 0.20 % (0.002 m/m); siendo esta zona en donde se encuentran más del 80% de los desarrollos residenciales, comerciales e industrial de la cuenca, con riesgos de inundación potencialmente elevados.

Conclusiones

Debido a la gran cantidad de ramificaciones, la cuencadelríoCabralesesunsistemahidrogeomorfológico de orden 6, cuya respuesta hidrológica está determinada por los parámetros morfométricos.

Con las condiciones geomorfológicas, evidenciadas a través de los parámetros, se espera la ocurrencia de picos elevados de corta duración y tiempos de concentración pequeños; lo mismo que, una mediana actividad erosiva que disminuye en la parte baja, con el decrecimiento de la pendiente.

Si bien, la producción del flujo volumétrico, en la cuenca, es proporcional al área de drenaje de las subcuencas, el pico de crecida es retardado por las características geomorfológicas de la cuenca, especialmente, por el orden de la cuenca.

Los parámetros Horton: relación de bifurcación, relación de longitud y relación de área, obtenidos en esta investigación, pueden ser utilizados para determinar el hidrograma unitario instantáneo geomorfológico.

En función del factor de forma, la cuenca presenta baja a media susceptibilidad para las inundaciones, pero ésta dependerá de las condiciones específicas geomorfológicas del cauce principal, en las condiciones regulares y/o en las condiciones al momento de presentarse una tormenta extrema; así como del uso de la cuenca y la forma de las intervenciones antropológicas.



Resalta la importancia del uso de los sistemas de información geográficos, como una herramienta importante en la medición de los parámetros morfométricos.

Se recomienda utilizar esta metodología para determinar la morfología en otras cuencas de drenaje del estado Carabobo y del país.

Referencias

- Campos, F. (1998) Procesos del Ciclo Hidrológico. Universidad Autónoma de San Luis de Potosí.
- Chow, V.T. (1962) Hydrologic Determination of Waterways Areas for the Design of Drainage Structures in Small Drainage Basins. University of Illinois at Urbana – Champaign, USA.
- Eagleson, P.S. (1970) Dynamic Hydrology. McGraw Hill. New York, USA.
- Gravelius, H. (1914) Flusskunde. Goschen Verlagshandlung Berlin.
- Horton, R. E. (1932) Drainage basin characteristics. Transaction of American Geological Union, 13: 350-361.
- Horton, R.E. (1945) Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. Bull. Geol. Soc. Amer., 56:275-370.
- Lisley, R.; Kohler, M. y Paulhus, J. (1949) Applied Hydrology. McGraw-Hill Series.
- Rodríguez, J.; Valdes, J; Devoto D. y Fiallo, Y. (1980) La estructura Geomorfológica de la Respuesta Hidrológica de una Cuenca. Universidad Simón Bolívar.
- Roche, M. (1963) Hydrologie de surface. ORSTOM, Gauthier-Villars, Paris, 430 pp.
- Schumm, S.A. (1956) Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. Bull. Geol. Soc. Amer., 67:597-646.
- Strahler, A.N. (1957) Quantitative analysis of watershed geomorphology. Trans. Am. Geophys. Union, 38:913-20.
- Viessman; Knapp; Lewis y Harbaugh. (1977) Introduction to Hydrology. Second Edition. Harper & Row Publishers. New York.
- Walter, H y Medina, E. (1971) Caracterización Climática de Venezuela sobre la base de Climadiagramas de Estaciones Particulares. Boletín de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales. Tomo XXIX No. 119-120.
- Wisler, C.O. y Brater E.F. (1959) Hydrology. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA. Second Edition.



Modelaje de la extracción de aceite de la almendra del corozo (*Acrocomia aculeata*), asistida por microondas y con solventes

Carlos Hernández, Edwin Oviedo, Alberto Mieres Pítre y Peggy Londoño
Ingeniería. Universidad de Carabobo.
carherna@uc.edu.ve, camieres@uc.edu.ve

Resumen

La extracción, asistida por microondas, es una técnica que se está usando en la obtención de aceites, ya que reduce el tiempo de extracción y minimiza los costos de operación, por tal razón, el presente estudio se centró en la extracción de aceite de la almendra del fruto del corozo (*Acrocomia aculeata*), recolectado en Guigüe, estado Carabobo, asistida por microondas y con solventes. La almendra del corozo se caracterizó fisicoquímicamente utilizando la normativa venezolana COVENIN. La extracción se realizó mediante irradiación por microondas y con un equipo Soxhlet. Se efectuó la caracterización fisicoquímica del aceite y finalmente, se desarrolló un modelo matemático del proceso de extracción de aceite, utilizando la teoría de aproximación de funciones de MATLAB. Como resultado de la extracción, se obtuvo un 39,746% en aceite, cuyos parámetros característicos fueron: índice de saponificación 447 gKOH/kg, índice de acidez 1,026%, índice de peróxido 2,04 meqO₂/kg aceite, índice de refracción 1,4565. La relación matemática que vincula el rendimiento del sistema versus el tiempo de exposición al microonda, resultó ser un polinomio de grado 3, cuya función es: $F_{3(x)} = 0,007 X^3 + 0,0561 X^2 - 1,4225 X + 14,0891$.

Palabras clave: Extracción por microondas, corozo, extracción por solvente, *Acrocomia aculeata*.

Modelling of oil extraction of corozo almond by microwave assisted and with solvent (*Acrocomia aculeata*)

Abstract

The extraction assisted by microwaves is a technique that is being used in the oil obtaining, since it reduces the extraction time and diminishes the operation costs, for such reason the present study was centered in the extraction assisted by microwaves and with reliable the almond of the fruit (*Acrocomia aculeata*) collected in Guigüe, Carabobo state. The almond was physical and chemical characterized using Venezuelan norm COVENIN, extraction was carried out by microwave irradiation and with a Soxhlet equipment, soon the physical and chemical characterized to the oil took place and finally a mathematical model was developed using the theory of approach of functions, of MATLAB. As result obtained like yield a 39.746% in oil, the saponification index of 447 gKOH/kg, the acid value 1.026%, the peroxide index 2.04 meqO₂/kg oil, the refractive index 1.4565. The mathematical relation that ties the yield of the system versus the time of exhibition to the microwave, turned out to be a polynomial of degree 3, whose function is: $F_{3(x)} = 0.007 X^3 + 0.0561 X^2 - 1.4225 X + 14.0891$.

Key Words: Microwave extraction, corozo, solvent extraction, *Acrocomia aculeata*.

Introducción

En Venezuela el 80% de los aceites y grasas que se consumen son importados (Rodríguez, 2007), por lo que se debe desarrollar tecnologías que permitan aumentar la producción nacional a partir de recursos naturales no aprovechados, como las palmas aceiteras, que en su gran mayoría, son desconocidas y que constituyen una fuente muy valiosa para la producción de aceite, útiles en la elaboración de una gran cantidad de productos. Entre tales palmas se encuentra la de corozo, la cual posee un tallo espinoso largo y aéreo de 4 a 11 m de alto y de 10 a 35 cm de diámetro; las hojas son de color verde claro, cuya longitud varía entre 1 y 1,5 m (Hey, 1995). Cada árbol es capaz de producir de cuatro a seis racimos del fruto (corozo), los cuales maduran entre los meses de noviembre y marzo. El fruto producido es de forma redondeada de 3 a 4 cm de diámetro, volviéndose de verde a amarillo verdusco cuando maduran (Hoyos y Braun, 1984). La almendra de la semilla es comestible y tiene un alto contenido de aceite, sin embargo, las mismas no son usadas para ello (Hey, 1995).

Existen diversos métodos para la extracción del aceite de la almendra del fruto del corozo: mecánicos, como el prensado en frío (aceite crudo) y químicos, como la extracción con solventes líquidos volátiles. Ambos métodos han sido utilizados en estudios realizados en la Universidad de Carabobo, Arveláez et. al (2008). La extracción utilizando solvente es mayor que la extracción con prensado en frío, pero presenta el inconveniente que con solvente (usualmente tóxico) se gasta consume mayor cantidad de energía; además, el tiempo prolongado a altas temperaturas atenta contra la estabilidad molecular de los ácidos grasos poliinsaturados, que favorece la disolución de ceras y otras sustancias, afectando la pureza del aceite, por lo que se debe minimizar aplicando otro tipo de extracción.

Por ello, el objetivo principal de la presente investigación fue la extracción de aceite de la almendra del fruto del corozo (*Acrocomia aculeata*), asistida por microondas y con solventes, ya que este proceso, en comparación con los métodos convencionales mencionados anteriormente, ofrece ventajas en cuanto a



reducción en tiempo de preparación de la muestra, mayor rendimiento de procesamiento de la muestra, menor cantidad de solvente empleado, dando lugar a ahorros financieros, (González (2005)). La investigación llevada a cabo trata de explicar el rendimiento de la extracción de aceite por una técnica no convencional, usando irradiación por microondas; igualmente, se establece un modelo matemático del proceso de extracción de aceite de la almendra del fruto del corozo, que permite hacer predicciones en relación al cambio en el rendimiento cuando se modifique el tiempo de irradiación.

Metodología

Se identificaron las zonas donde existe actualmente sembradío de corozo, encontrándose una en Guigue, estado Carabobo, recolectándose los frutos maduros para así obtener la máxima cantidad de aceite. Los mismos fueron trasladados al laboratorio de alimentos de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de Carabobo para la extracción de aceite así como la caracterización del mismo.

Dimensionamiento del fruto de corozo y caracterización fisicoquímica de la almendra

Para el dimensionamiento se eligió, de forma aleatoria, un lote de 50 frutos de corozo pesados en una balanza analítica para determinar la masa de cada uno; luego, con un vernier se midió las dimensiones: ancho y largo. Seguidamente, haciendo uso de una prensa vertical marca MANLEY, modelo 9382, se procedió a fracturar el hueso de la semilla para después, separar la almendra del endocarpo y así pesar las almendras. Se procedió a la molienda por medio de un molino de disco por fricción (marca Split fase AC motor modelo 4e), para su reducción de tamaño. Se realizó la caracterización

fisicoquímica utilizando los métodos de análisis de la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN), que se presentan en la tabla 1 y se procede a realizar la extracción de aceite. Se dispone de un horno de microondas doméstico, marca Panasonic, modelo NNT-945SI, cuyas especificaciones se describen en la Tabla 2.

Se coloca en un beacker de vidrio, la almendra molida en contacto con el solvente (hexano grado analítico, marca Merck, en proporción 3 de hexano, 1 de almendra) y se introduce en el horno; se somete a irradiación en el tiempo estipulado y se acumula el solvente junto al extracto. Luego se separa el extracto del residuo, filtrando con una gasa. La almendra molida (residuo) se coloca en un equipo Soxhlet y se somete a proceso de extracción con solvente, siguiendo la normativa COVENIN 3218:1996. Se procede a los análisis fisicoquímicos del aceite, en cuanto a requisitos de calidad e identidad, según Normas COVENIN correspondiente, Tabla 3.

Modelo matemático del proceso de extracción de aceite y su validación

El desarrollo del modelo matemático del proceso de extracción de aceite, se efectuó mediante el estudio de la teoría de aproximación de funciones (métodos numéricos), que consiste en ajustar funciones a un conjunto de datos y encontrar la “mejor” función de cierta clase, que pueda usarse para representarlos (James, 2009). Este método se desarrolló mediante el programa MATLAB, versión 6.0, empleando la función POLYFIT, determinándose las diferentes funciones. Para la validación del modelo se estableció la masa del sistema (aceite+solvente+almendra) por medio del modelo matemático desarrollado, con el mismo program, haciendo uso del comando POLYVAL.

Tabla 1: Métodos utilizados para determinar la composición proximal de la almendra del fruto del corozo.

Determinación	Método	Alcance
Humedad	COVENIN 1156: 1979	Porcentaje de agua libre presente en la almendra
Cenizas	COVENIN 1155:1979	Porcentaje de materias minerales presentes en la almendra
Grasas	COVENIN 3218:1996	Porcentaje de grasa cruda presente en la almendra
Calcio	COVENIN 1158:1982	Determinación de elementos mayoritarios en rubros alimenticios
Proteínas	COVENIN 1195:1980	Porcentaje de nitrógeno para determinar las proteínas presentes aplicando un factor de conversión adecuado
Carbohidratos	Por diferencia: %C=100-Grasa-Humedad-Cenizas-Proteínas	Porcentaje de Carbohidratos totales presentes en la almendra calculados por diferencia



Tabla 2: Especificaciones técnicas del horno de microondas.

Tensión de alimentación	12V-60Hz-15A
Potencia Máx. de incidencia de las microondas	800 W
Frecuencia de operación	2450Mhz
Capacidad del horno	0,8 pies cúbicos (22.000 cm ³)
Potencia fuente de poder	10,5A ; 1230W

Tabla 3: Métodos utilizados para determinar los requisitos de calidad e identidad del aceite crudo de corozo.

TIPO DE ANÁLISIS	NORMA EMPLEADA	ALCANCE DEL ENSAYO
Índice de Refracción	COVENIN 702:1996 [9]	Determinación de la medida directa del ángulo de refracción. Indicativo de la pureza y color del aceite.
Índice de Saponificación	COVENIN 323:1998 [10]	Determinación de los miligramos de hidróxido de potasio necesarios para saponificar un gramo de aceite.
Índice de Acidez	COVENIN 325:1996 [11]	Determinación del contenido de ácidos grasos libres existentes en la muestra.
Índice de Peróxido	COVENIN 508:2001 [12]	Determinación del contenido de miliequivalentes de oxígeno activo, contenido en 1000g de aceite o grasa.

Resultados y Discusión

Dimensiones del fruto de corozo. Las dimensiones del fruto permiten determinar el método más apropiado para el proceso de separación de la almendra del endocarpio y trituración de la almendra, observándose que la mejor manera de separación fue por medio de una prensa vertical ya que el hueso de la semilla es bastante duro. Los valores promedios del peso para la semilla y almendra fueron 10,2845 g y 2,4869 g \pm 0,0001 g, respectivamente.

Caracterización fisicoquímica de la almendra de corozo

En la Tabla 4 se muestran los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica de la almendra de corozo.

El contenido de agua en una semilla es un factor de suma importancia para las diversas etapas de extracción de aceite de la misma; cada semilla tiene un óptimo de humedad y valores alrededor de 9 % son bastantes buenos para la mayoría de las oleaginosas, Bernardini (1981).

A medida que aumenta la humedad de la almendra disminuye el rendimiento de extracción de aceite, (Bailey, 1961). De acuerdo a estos trabajos y el resultado obtenido, la humedad de la almendra estudiada es apta para la extracción. El porcentaje de ceniza presente en la almendra se encuentra dentro del valor normal para la mayoría de las tortas proteicas (Bernardini, 1981).

El porcentaje de grasa cruda indica el alto contenido de aceite presente, demostrando que la almendra de corozo es un recurso oleaginoso de posible aprovechamiento como materia prima para la industria aceitera nacional. El valor de porcentaje de proteínas presente en la torta residual, después de la extracción, es de (21,30 \pm 0,06)%, inferior a los valores reportados por Arveláez et. al (2008) y Mieres y Hernández (2007) de 32%. Esto puede ser debido a ciertas condiciones del suelo por pérdidas de bacterias nitrificantes. El alto porcentaje de calcio puede ser originado debido al alto contenido del mismo en los suelos donde fueron cultivadas las plantas, es decir, suelos con alto porcentaje de minerales.

Extracción del aceite de la almendra del fruto del corozo mediante el proceso asistido por microondas y con solventes

Los solventes polares de bajo peso molecular y alta constante dieléctrica, irradiados por microondas, incrementan su temperatura rápidamente. El hexano, solvente no polar, presenta una constante dieléctrica baja y poca habilidad de polarizarse con el campo magnético, absorbiendo menor energía electromagnética, la cual modifica muy lentamente, logrando poco calentamiento del mismo; es decir, no alcanza su punto de ebullición sino al transcurrir un tiempo prolongado de exposición al microondas, lográndose que la energía sea absorbida por otros elementos, como por ejemplo, la almendra.

Tabla 4: Análisis proximal de la almendra del fruto del corozo.

Humedad (H\pm0,01)%	Ceniza (C\pm0,005)%	Grasa (G\pm0,005)%	Calcio (Ca\pm0,6)%	Proteína cruda (P\pm0,5)%	Proteína desgrasada (P\pm0,6)%
5,60	1,880	39,746	18,2	10,0	21,3



En este caso, la energía electromagnética suministrada al sistema hexano+almendra fue tal, que alcanzó el punto de ebullición, observándose volatilización del solvente al final de la exposición al microondas. La potencia trabajada fue de 800W, máxima potencia del microonda usado, superior a la indicada en trabajos anteriores realizados con el aceite de Neem (140 W y 280W) (González, 2005). Esto, aunado a que un sobrecalentamiento genera una degradación del aceite solubilizado en el hexano, según Yong-Jin et. Al, 2005, que trae como consecuencia que la relación masa de almendra-volumen del solvente, disminuya a medida que aumenta el tiempo de exposición al microondas por lo que la masa del sistema disminuye. Este fenómeno se observa cuando el tiempo de exposición supera los 15 s por lo que las mejores condiciones de la extracción son las señaladas en la Tabla 5.

Tabla 5: Condiciones seleccionadas para la extracción de aceite de la almendra del corozo.

Tamaño de partícula (mm)	Tiempo de exposición al microondas(t±1)s	Masa de la almendra (m±0,0001g)	Tiempo de extracción (h)
2,38	15	2,5001	5

En la Tabla 6 se presentan los parámetros fisicoquímicos del aceite crudo extraído de la almendra del corozo, contemplados en los requisitos de calidad e identidad.

El índice de saponificación del aceite extraído es bastante alto, indicativo de su alta calidad, útil para la fabricación de jabones mediante hidrólisis alcalina de los ésteres y de cosméticos (Bailey, 1961). El índice de refracción es semejante a los reportados, Arveláez et. al (2008) y Mieres y Hernández (2007), y también a los de aceite de coco y palma, valores esperados para los aceites de este tipo. El índice de peróxido, determinado para el aceite extraído, está por debajo del máximo estipulado por la normativa venezolana, (5 meq O₂/kg en el mercado), y también, por debajo de los valores obtenidos por Arveláez et. al (2008) y Mieres y Hernández (2007), (3,83 y 3,331 meq O₂/Kg, respectivamente), esto es debido a las altas temperaturas desarrolladas en el proceso de irradiación con el microondas y al proceso de extracción (Soxhlet); sin embargo, el índice de peróxido se encuentra dentro del rango establecido por la normativa para los aceites

Tabla 6: Requisitos de identidad del aceite del corozo.

Índice de refracción (I.R. ± 0,0001)	Índice de saponificación (I.S.±13)gKOH/kg	Ácidos grasos libres(ácido oleico) (A.G.L.±0,003)%	Índice de peróxido (I.P.±0,60) meq.O ₂ /Kg
1,4565	430	1,016	2,04

comerciales, lo que demuestra que la irradiación le da al aceite una alta resistencia a la oxidación lipídica. Por otra parte, el grado de acidez fue de 1,016%, expresado como ácido oleico, valor superior a lo recomendado por la normativa que regula la calidad de los aceites y grasas vegetales comestibles y establece que no debe ser mayor a 0,1%. La acidez e índice de acidez, son una medida de la cantidad de cadenas de ácido graso que han sido hidrolizadas desde la estructura básica del triglicérido, formando glicerina y ácidos grasos libres. Es probable que el efecto de la irradiación genere un ataque nucleofílico sobre los glicéridos produciendo una mayor cantidad de ácidos grasos libres.

Modelo matemático del proceso de extracción de aceite y su validación

Con los datos obtenidos, se hizo un ajuste por mínimos cuadrados para hallar la función aproximada, utilizando la función POLYFIT de MATLAB, que posee un lenguaje muy utilizado en análisis de datos. Se empezó ensayando con polinomio de grado uno (1), luego de grado dos (2), siendo el de grado tres (3) el que mejor se ajusta al rendimiento del sistema extraído versus tiempo de irradiación en el microondas. La validación del modelo matemático consistió en hacer un ajuste polinómico para encontrar la curva (en este caso, el polinomio) que más se aproxime al conjunto de datos obtenidos experimentalmente; para ello se hizo uso de la Teoría de Aproximación de Funciones, el cual se puede trabajar en MATLAB con el POLYFIT, el cual genera los coeficientes del polinomio del grado que se quiere y soluciona el problema de ajuste por mínimos cuadrados, observándose su correlación con los datos obtenidos, utilizando la función POLYVAL. Se obtuvo la mejor correlación con un polinomio de grado 3 (ver ecuación 1 y Tabla 7). La función aproximada del polinomio de grado 3, es:

$$F_{3(x)} = 0,007 X^3 + 0,0561 X^2 - 1,4225 X + 14,0891 \quad (1)$$



Tabla 7: Condiciones experimentales para polinomio de tercer grado.

Tiempo (s)	Valor de la masa experimental (g)	Valor de la masa según la función F3 (g)
15	2,9175	2,9175
20	2,2580	2,2580
25	2,2222	2,2222
30	2,2649	2,2649
35	1,8410	1,8410

Conclusión

El rendimiento de la extracción se corresponde con los obtenidos en trabajos anteriores donde se usaron otras técnicas de extracción de aceite. En relación a la calidad del mismo, debe ser sometido a un proceso de refinación para disminuir el índice de peróxido y los ácidos grasos libres. La teoría de aproximación de funciones permite obtener la relación matemática que vincula el rendimiento del sistema versus el tiempo de irradiación al microondas, la cual es un polinomio de grado 3.

Referencias

Arveláez, L. A. Mieres y C. Hernández (2008). Diseño Experimental Aplicado a la extracción de aceite de la almendra de la palma de corozo (*Acrocomia aculeata*). Revista Téc. Ing. Univ. Zulia 31(edición especial) 122-129.

Bailey, A. (1961). Química de los Alimentos. 3ra. Edición. Editorial Addison Wesley Longman. México.

Bernardini, E. (1981). Tecnología de aceites y grasas. Madrid. España.

Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). (1979). Determinación de humedad. Norma N° 1156: 1979. Fondonorma, Caracas, Venezuela.

Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). (1979). Determinación de cenizas. Norma N° 1155: 1979. Fondonorma, Caracas, Venezuela.

Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). (1996). Determinación de grasa cruda. Norma N° 3218: 1996. Fondonorma, Caracas, Venezuela.

Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). (1982). Determinación de Calcio. Norma N° 1158:1982. Fondonorma, Caracas, Venezuela.

Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). (1980). Determinación de proteínas. Norma N° 1195: 1980. Fondonorma, Caracas, Venezuela.

Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN (1996). Aceites y Grasas vegetales. Determinación

del índice de refracción. Norma N° 702: 1996. Fondonorma, Caracas, Venezuela

Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN (1998). Determinación del índice de saponificación. Norma N° 323: 1998. Fondonorma, Caracas, Venezuela

Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN (1996). Determinación de la acidez. Norma N° 325: 1996. Fondonorma, Caracas, Venezuela

Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) (2001). Determinación del índice de peróxidos. Norma N° 508: 2001. Fondonorma, Caracas, Venezuela.

González, H. (2005). Evaluación del aceite obtenido de la almendra del neem (*Azadirachta Indica*) por extracción asistida por microondas. Trabajo Especial de Grado. Escuela de Ingeniería Química. Universidad de Carabobo.

Hey, J. (1995). Flowering and Fruiting Phenologies of the Palm *Acrocomia aculeata*: Patterns and Consequences. *Biotropica* 27(2), 168-173.

Hoyos, J. y Braun, A. (1984). Palmas en Venezuela. Caracas, Venezuela. Editorial La Salle.

James G. (2009). Matemática Avanzada para Ingeniería. 2da. Edición. Prentice Hall. México.

Mieres A. y C. Hernández (2007). Cambios del Índice de Acidez y de Peróxido del Aceite de la Almendra del Corozo (*Acrocomia aculeata*) a Diferentes Temperaturas. *Alimentos Ciencia e Ingeniería* 16(1) 221-223.

Rodríguez D. (2007). Situación Perspectiva de la Industria de Aceites y Grasas en la Comunidad Andina de Naciones (CAN). *Aceites y Grasas* 1(67) 1-2.

Yong-Jin Cho, Ji-Yuomg Hong, Hyang Sook Chun, Sang Kook Lee, Hye-Young Min. (2005). Ultrasonication-assisted extraction of resveratrol from grapes. "J Food Eng" *Journal Food Engineering*. Volumen 77, pp. 725-730



Desarrollo de un Algoritmo para el Cálculo de la Periodicidad de las Ondas de Vibrato

José Antonio Díaz¹, Howard B. Rothman² y A. Antonio Arroyo²

¹Universidad de Carabobo. ²Universidad de Florida

jadiaza@yahoo.com

Resumen

Para la realización de este trabajo, se seleccionaron 10 muestras de voz, de vocales sostenidas provenientes de cantantes sobresalientes, de las cuales se extrajeron las ondas de variación de frecuencia y de variación de amplitud. Luego, se desarrollaron e implementaron algoritmos matemáticos para medir cuantitativamente la simetría de las ondas. Estos algoritmos se utilizaron para generar un total de 41 parámetros, de los cuales se seleccionaron 12. A estos 12 parámetros se le realizó un análisis estadístico, para determinar como influía la simetría de las ondas en la calidad de las muestras.

Palabras Claves: Vibrato, modelado de la voz, procesamiento del habla.

Algorithm development for periodicity calculus on Vibrato Waves

Abstract

In this research 10 voice samples of sustained vowels from outstanding singers were chosen, extracting frequency and amplitude waves variation. Then, mathematical algorithms were developed and implemented in order for quantitative measurement of wave symmetry. These algorithms were used to generate 41 parameters, from which 12 were selected. A statistical analysis was performed on these 12 parameters in order to find the relationship between wave symmetry and sample quality.

Key Words: Vibrato, speech models, speech processing.

Introducción

Las ondas de variación de frecuencia y amplitud en vocales sostenidas, provenientes de voces sobresalientes (vibrato), han sido estudiadas por muchos años. En los años 1930, el Dr. Carl Seashore realizó el primer y más detallado estudio de estas señales (Seashore, 1932 y 1936). Desde ese entonces, sólo se han realizado pocos y aislados esfuerzos para estudiar este tipo de señales. Las técnicas de procesamiento de señales digitales se desarrollaron mucho tiempo después de la época en que el Dr. Carl Seashore realizó sus estudios, sin que hasta el momento se hayan aplicado en profundidad estas técnicas, las cuales, mediante una selección y uso apropiado, permitirían extraer información de las señales de voz, para luego aplicar los resultados obtenidos a los modelos de voz actuales.

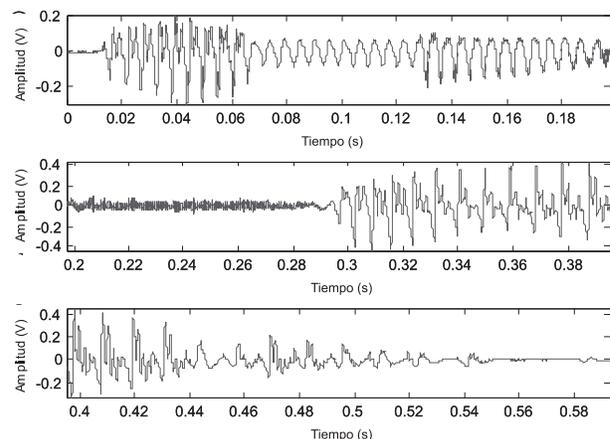
Trabajos más recientes (DeJonckere, P. H. y col., 1995), (Hakes, J. y col., 1987 y 1988), (Hori, Y., 1989), (Maher, R. y col., 1990), (Shipp, T. y col., 1984), y (Sundberg, J., 1978), sólo se limitan a la extracción de la onda de variación de frecuencia de la voz y no aplican las técnicas de procesamiento digital de señales para el análisis de los datos. Otros trabajos (Díaz, J. A., 1995 y 1998), (Rothman, H. B. y col., 2000), y (Amir, N. y col., 2006), utilizan algunas de las técnicas de procesamiento digital de señales para analizar la onda de variación de frecuencia, pero no extraen ni analizan la onda de variación de amplitud.

Procesamiento del habla en función del tiempo

La figura 1 muestra una secuencia de muestras que representan una señal de voz típica, muestreada

a 22.050 Hz. Es evidente de esta figura que las propiedades de la señal de voz cambian con el tiempo. Por ejemplo, la excitación cambia de entre habla sonora y no sonora, hay variación significativa en la amplitud pico de la señal, y hay una variación considerable de la frecuencia fundamental dentro de las regiones sonoras. El hecho que estas variaciones sean tan evidentes en una gráfica de la forma de onda, sugiere que técnicas sencillas de procesamiento, en el dominio del tiempo, deben ser capaces de proveer representaciones útiles de características de la señal tales como intensidad, modo de excitación, frecuencia fundamental y aún posiblemente, parámetros del tracto bucal, tales como la frecuencia de los formantes.

Figura 1: Muestras de una forma de onda típica de voz a una tasa de muestreo de 20050 Hz.





La suposición principal, en la mayoría de los esquemas de procesamiento del habla, es que las propiedades de la señal de voz cambian relativamente lentamente con el tiempo. Esta suposición conlleva a una variedad de métodos de procesamiento en “tiempo corto”, en los cuales segmentos cortos de la señal de voz se aíslan y procesan como si fueran segmentos cortos de un sonido sostenido, con propiedades fijas. Esto se repite, usualmente, de forma periódica, tan frecuentemente como se desee. Frecuentemente, estos segmentos cortos, los cuales a veces se llaman marcos de análisis, se solapan unos con los otros. El resultado del procesamiento de cada marco, puede ser un número único o un conjunto de números. Por lo tanto, este procesamiento produce una nueva secuencia dependiente del tiempo, la cual puede servir como una representación de la señal de voz.

La mayoría de las técnicas de procesamiento en tiempo corto, así como la representación de Fourier en tiempo corto, pueden representarse matemáticamente de la forma:

$$Q_n = \sum_{m=-\infty}^{\infty} T[x(m)]w(n-m) \quad (1)$$

La señal del habla, (posiblemente filtrada linealmente para aislar una banda de frecuencias), se sujeta a una transformación $T[\]$, la cual puede ser lineal o no, la cual puede depender de algún parámetro ajustable o conjunto de parámetros. La secuencia resultante es, entonces, multiplicada por una ventana en un instante correspondiente a la muestra de índice n . El producto es, entonces, sumado para todos los valores. Usualmente, la ventana es de duración finita, aunque este no es siempre el caso. Los valores Q_n son, por lo tanto, una secuencia de valores promedio Q_n ponderado locales de la secuencia $T[x(n)]$.

Selección de las muestras a utilizar como entrada a los programas

Para la selección de las muestras, se realizó una búsqueda en la base de datos del laboratorio de Fonética Acústica del Departamento de Ciencias y Desórdenes de la Comunicación de la Universidad de Florida, de donde se seleccionaron 10 muestras de vibrato bueno y deficiente, proveniente de cantantes de ópera con voces sobresalientes. Las muestras seleccionadas para este estudio se muestran en la tabla 1.

Selección del software a utilizar para la extracción del vibrato

Las ondas de variación de frecuencia y de variación de amplitud, se definen como las ondas de frecuencia fundamental y amplitud instantánea de la señal de voz, con respecto a su valor promedio. Para la selección del software a utilizar de extracción de

las ondas de variación de frecuencia y de variación de amplitud, se llevó a cabo una discusión sobre los métodos y programas más apropiados para la extracción de señales provenientes de cantantes, entre el Dr. Howard Rothman, el Dr. Antonio Arroyo, el Dr. Rahul Shrivastav y el autor principal de este manuscrito, concluyéndose que se debería utilizar el software MMSV (Diaz, J. A., 1998), ya que hasta ese momento no se tenía conocimiento de otro software que pudiera producir resultados similares o mejores.

Tabla 1: Muestras utilizadas en este estudio.

Cantante	Muestra	Calificación
Jeanette MacDonald	Jmac09	Buena
Luciano Pavarotti	Pav68	Buena
Giuseppi Distefano	Dist08a 1944aa	Buena
Plácido Domingo	Pldom44 1968aa	Buena
Glanz Leib	Leib15	Buena
Jeanette MacDonald	Jmac25	Deficiente
Conchita Supervia	Superv24	Deficiente
Bezion Miller	Bz55	Deficiente
María Callas	Mc22 1958 aa	Deficiente
Laura Green	Lg02	Deficiente

Elaboración de software para el análisis de las señales y la extracción de parámetros

Para el análisis de las ondas de variación de frecuencia y de variación de amplitud, se desarrolló el programa *analysis6*. El programa *analysis6* primero calcula el espectro de la onda de vibrato en frecuencia y utiliza un filtro FFT de 4 Hz, para separar los espectros del modelo y de la señal de error. Este filtrado se obtiene al multiplicar en el dominio de la frecuencia, el espectro de la señal a filtrar por la respuesta en frecuencia del filtro, tal como lo indica la ecuación 2:

$$Y(e^{j\omega}) = H(e^{j\omega})X(e^{j\omega}) \quad (2)$$

La figura 2 muestra el espectro de la señal real de vibrato en frecuencia, y la figura 3 muestra el espectro del modelo como una línea continua y el espectro del error como una línea punteada. Todos estos espectros pertenecen a la muestra Jmac09.wav. En figura 3 se puede apreciar como el modelo sólo contiene el pico dominante de la señal de vibrato en frecuencia, y el espectro del error contiene las componentes de baja frecuencia.

Luego, el programa *analysis6* calcula el modelo y la señal de error en el dominio del tiempo y los presenta en una figura. En la figura 4 se observan las ondas en el dominio del tiempo, resultantes de aplicar *analysis6* a la muestra Jmac09.wav. En esta figura se observa la señal real de vibrato en línea continua, la señal sintetizada en línea punteada y la señal de error en líneas interrumpidas. En la señal de error se puede apreciar claramente las variaciones lentas del vibrato en frecuencia.

Figura 2: Espectro de potencia de la señal real de vibrato en frecuencia para la muestra Jmac09.wav.

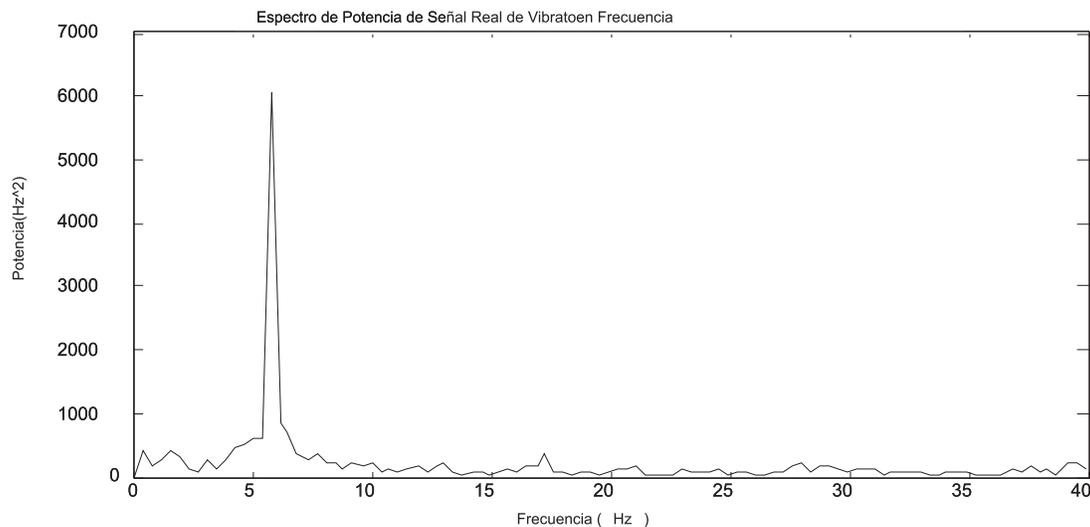
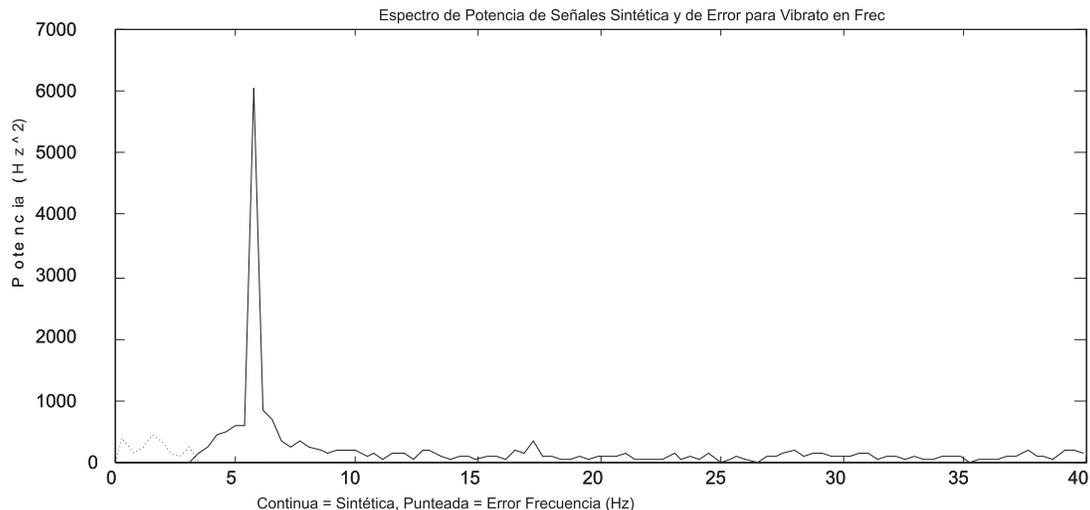


Figura 3: Espectros de potencia del modelo y de la señal de error del vibrato en frecuencia para la muestra Jmac09.wav.



A continuación, el programa *analysis6* calcula el espectro de la señal de vibrato en amplitud y le aplica un filtro FFT de 4 Hz. Después, separa los espectros del modelo y de la señal de error y los presenta en la misma figura. La figura 5 muestra el espectro de la señal de vibrato en amplitud y la figura 6 muestra los espectros del modelo y de la señal de error. Todos estos espectros se obtuvieron de la muestra Jmac09. En esta figura se puede apreciar como el modelo sólo contiene los picos pertenecientes al vibrato en amplitud y el espectro de la señal de error sólo contiene las componentes de baja frecuencia.

Analysis6 también calcula el modelo y la señal de error en el dominio del tiempo para el vibrato en amplitud. La figura 7 muestra la señal real de vibrato en amplitud en línea continua, el modelo en línea punteada y la señal de error en líneas interrumpidas. Todas estas señales se obtuvieron a partir de la muestra Jmac09.wav. En esta

figura se puede apreciar como la señal error contiene las variaciones lentas de la señal de vibrato en amplitud. Además, este programa calcula los valores máximos y mínimos de las señales de error, y sus varianzas y las muestras en la pantalla.

Generación de las ondas del modelo y del error

Seguidamente, se procedió a aplicar cada una de las muestras seleccionadas restantes al software desarrollado, para generar el espectro de la señal real de vibrato en frecuencia, el espectro del modelo, el espectro de la señal de error, la señal real de vibrato en frecuencia, la señal del modelo y la señal de error. Además, también se generó para estas muestras el espectro del vibrato en amplitud, el espectro del modelo, el espectro de la señal de error, la señal real de vibrato en amplitud, la señal del modelo y la señal de error.



Figura 4: Señales de vibrato en frecuencia real y sintetizada, y señal de error para la muestra Jmac09.wav.

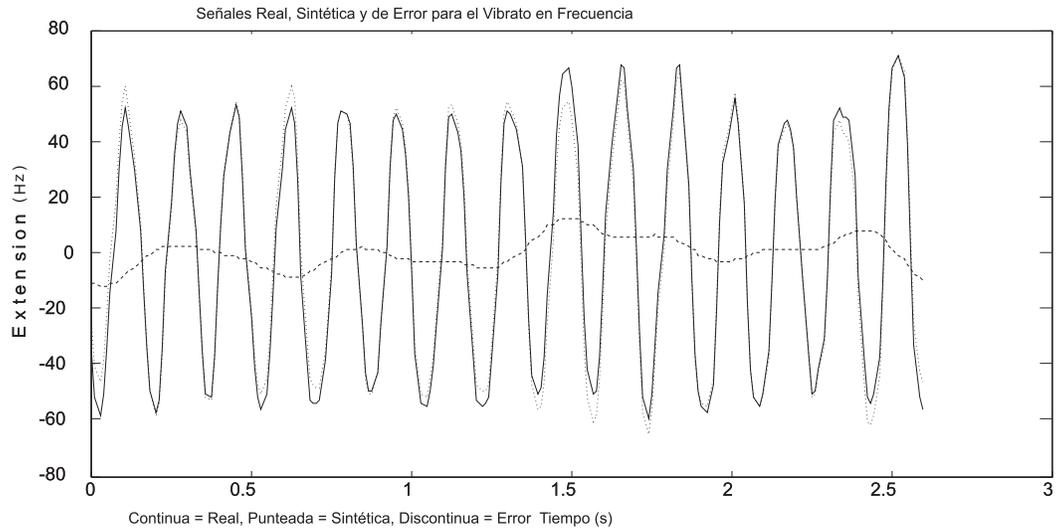


Figura 5: Espectro de potencia de la señal real de vibrato en amplitud para la muestra Jmac09.wav.

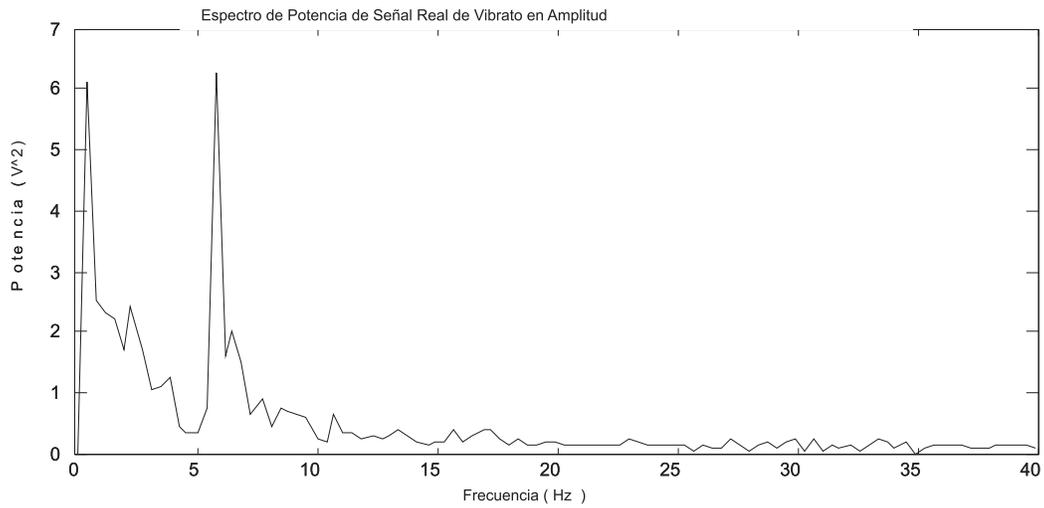


Figura 6: Espectros de potencia del modelo y de la señal de error del vibrato en amplitud para la muestra Jmac09.wav.

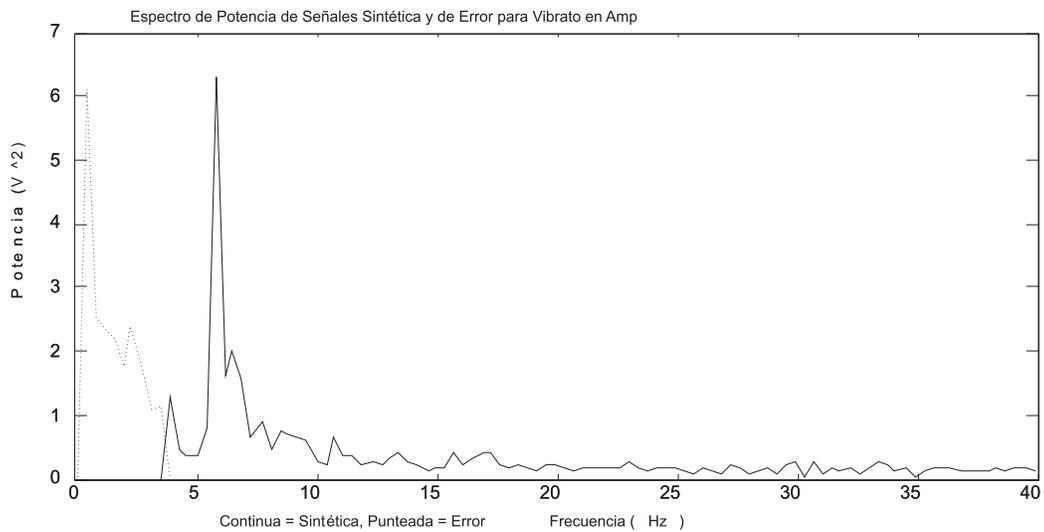
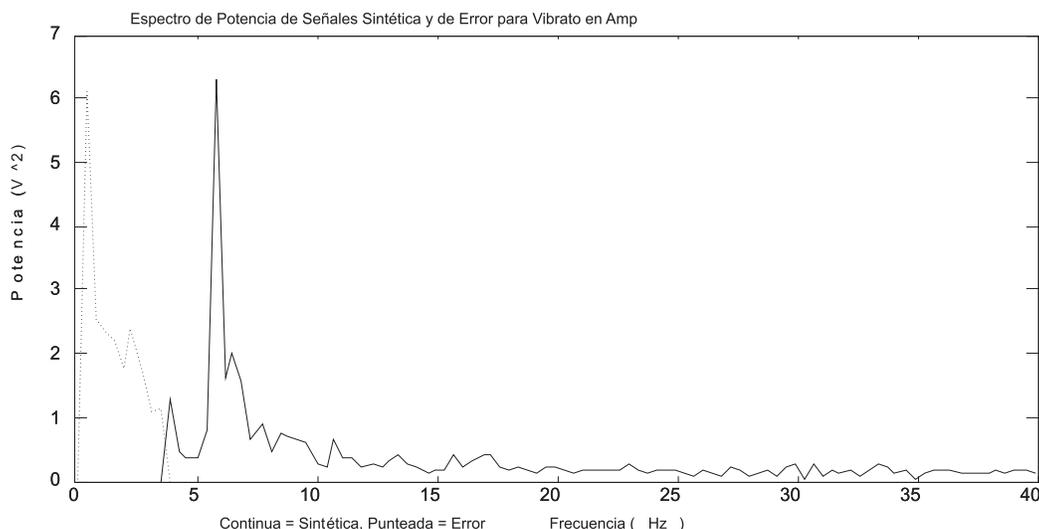




Figura 7: Señales de vibrato en amplitud real y sintetizada, y señal de error para la muestra Jmac09.wav.



Generación de resultados

A fin de realizar un análisis completo de las muestras, se desarrolló el programa *analysis9*, el cual determina diferentes parámetros a partir de las ondas reales de vibrato en frecuencia, su modelo y su error, la onda real de vibrato en amplitud, su modelo y su error. Se le ejecutó el programa *analysis9* para generar un total de 43 parámetros para cada una de las diez muestras bajo estudio.

Análisis estadístico

Se generó una cantidad apreciable de variables y resultados a partir de las muestras seleccionadas. Debido a que en este estudio estamos interesados en determinar la relación existente entre la calidad de la señal con la simetría de la onda, se seleccionaron las siguientes variables para realizar el análisis estadístico:

Para el vibrato en frecuencia: 1. Maximum peak amplitude of spectrum. 2. Normalized maximum peak amplitude of spectrum. 3. Peak to average ratio. 4. Error signal total extension in Hz. 5. Error signal power in Hz^2 . 6. Error signal power in percent of the total power.

Para el vibrato en amplitud: 1. Maximum peak amplitude of spectrum. 2. Normalized maximum peak amplitude of spectrum. 3. Peak to average ratio. 4. Error signal total extension in V. 5. Error signal power in V^2 . 6. Error signal power in percent of the total power.

Se realizó un análisis de varianza a cada una de las doce variables indicadas anteriormente. La hipótesis nula, planteada para estas variables, fue que las medias eran iguales, con el objetivo de determinar si existen diferencias entre las medias de los grupos.

La tabla 2 muestra un resumen de los resultados de los análisis de varianza de las doce variables, donde se indican los valores promedio de las variables para cada uno de los grupos (muestras buenas y deficientes), valores de F (estadística de prueba para probar la igualdad de las medias de la población), probabilidad y F crítico.

Las variables de la tabla 2 miden la simetría o asimetría de las muestras. Así tenemos que las siguientes variables miden la simetría de las ondas:

Para el vibrato en frecuencia: 1. Maximum peak amplitude of spectrum. 2. Normalized maximum peak amplitude of spectrum. 3. Peak to average ratio.

Tabla 2: Resumen de los análisis de varianza.

Variable	Promedio		F	Probabilidad	Valor crítico para F
	Buenas	Deficientes			
Vibrato en frecuencia					
Maximum peak amplitude of spectrum	8238.84	6122.3428	0.59160381	0.46390058	5.317655063
Normalized maximum peak amplitude of spectrum	28.6632	45.78	0.82609501	0.38996389	5.317655063
Peak to average ratio	21.23506924	12.26883224	6.51576474	0.03403668	5.317655063
Error signal total extension in Hz	109.224	93.5888	0.11694509	0.74118179	5.317655063
Error signal power in Hz^2	410.0978	900.1902	0.44670442	0.52271657	5.317655063
Error signal power in percent of the total power	10.2518	16.515	0.65051932	0.4432414	5.317655063
Vibrato en amplitud					
Maximum peak amplitude of spectrum	5.0272	3.6324	0.35476425	0.56789219	5.317655063
Normalized maximum peak amplitude of spectrum	0.015541	0.022736	1.0616355	0.3329838	5.317655063
Peak to average ratio	11.04506275	9.753888169	0.09242283	0.76887649	5.317655063
Error signal total extension in V	0.1382	0.1614	0.15521975	0.70388949	5.317655063
Error signal power in V^2	0.0012121	0.0026274	0.76442502	0.40742719	5.317655063
Error signal power in percent of the total power	50.2462	45.2346	0.07726276	0.78809029	5.317655063



Para el vibrato en amplitud: 1. Maximum peak amplitude of spectrum. 2. Normalized maximum peak amplitude of spectrum. 3. Peak to average ratio.

Por lo tanto, el resto de las variables miden la asimetría de las ondas.

Para el vibrato en frecuencia: 1. Error signal total extension in Hz. 2. Error signal power in Hz^2 . 3. Error signal power in percent of the total power.

Para el vibrato en amplitud: 1. Error signal total extension in V. 2. Error signal power in V^2 . 3. Error signal power in percent of the total power.

Por lo tanto, un mayor valor promedio de cualquiera de estas variables indicará que la señal es más simétrica o asimétrica, dependiendo de la variable. De acuerdo con los valores promedio obtenidos, se observó que las siguientes variables indican que las ondas más simétricas fueron juzgadas como buenas:

Para el vibrato en frecuencia: 1. Maximum peak amplitude of spectrum. 2. Peak to average ratio. 3. Error signal power in Hz^2 . 4. Error signal power in percent of the total power.

Para el vibrato en amplitud: 1. Maximum peak amplitude of spectrum. 2. Peak to average ratio. 3. Error signal total extension in V. 4. Error signal power in V^2 .

Los valores promedio de las siguientes variables indican que las ondas más simétricas fueron juzgadas como deficientes:

Para el vibrato en frecuencia: 1. Normalized maximum peak amplitude of spectrum. 2. Error signal total extension in Hz.

Para el vibrato en amplitud: 1. Normalized maximum peak amplitude of spectrum. 2. Error signal power in percent of the total power.

Estos resultados nos indican que del total de 12 variables analizadas, ocho de ellas, es decir la mayoría, indican que las muestras más simétricas fueron juzgadas como buenas, mientras que la minoría, es decir cuatro variables, indican que las muestras menos simétricas fueron juzgadas como buenas. Sin embargo, no podemos concluir con certeza cual es el efecto de la simetría en la calidad de las señales, hasta que se analicen los resultados estadísticos.

Los resultados estadísticos se encuentran resumidos en la tabla 2. Aquí se observa que una de las variables (Peak to average ratio del vibrato en frecuencia), produjo resultados estadísticamente significativos, lo cual se muestra como un valor de 6.515 de F para un F crítico de 5.317 y una probabilidad de 0.034.

Estos resultados permiten llegar a varias conclusiones. Primero, que el efecto más importante del vibrato es causado por el vibrato en frecuencia, lo cual viene a confirmar estudios anteriores (DeJonckere, P. H. y col., 1995, y Amir, N. y col., 2006). Segundo, las oscilaciones causadas por la señal de error, en el vibrato en frecuencia, no influyen en la calidad de la señal de voz,

es decir, las oscilaciones de baja frecuencia no influyen en la calidad de la señal. Tercero, las desviaciones de la señal estimada del modelo senoidal, causan el efecto principal para que una señal sea juzgada como de calidad deficiente.

Conclusiones

Se desarrolló un nuevo algoritmo basado en un filtro FFT, para separar la señal de error, de la señal estimada de las ondas de variación en frecuencia y variación en amplitud. Se verificó que los resultados obtenidos por este nuevo método eran correctos, mediante la representación gráfica de los espectros de las señales reales, estimada y de error y el despliegue de estas mismas señales en el dominio del tiempo. Los resultados generados por este programa se utilizaron como entrada para extraer los parámetros de las ondas.

Se desarrollaron diversas expresiones matemáticas, que midieran de manera objetiva la simetría y asimetría de las ondas de variación en frecuencia y variación en amplitud, se implementaron las expresiones matemáticas y se le aplicaron estos algoritmos a las muestras, para generar un total de 43 diferentes parámetros para cada una de las muestras bajo estudio. Estos resultados se muestran en la tabla 2.

Se realizó una selección de 12 variables, del total de las 43 variables generadas. Estas doce variables midieron el grado de simetría o asimetría de las ondas de variación de frecuencia y de variación de amplitud. Se tomaron seis variables que cuantificaban las variaciones de frecuencia y seis que cuantificaban las variaciones de amplitud. Se le aplicó un análisis de varianza a cada una de estas 12 variables, para determinar si estas variables mostraban, bajo el punto de vista estadístico, que existía una relación entre la simetría de las ondas y la calidad de las señales.

El resumen de los resultados del análisis estadístico se muestra en la tabla 2. El análisis de estos resultados muestra que el valor promedio de 8 de las doce variables empleadas, indica que las muestras más simétricas fueron juzgadas como de buena calidad. Además, la variable Peak to average ratio del vibrato en frecuencia, arrojó resultados estadísticamente significativos, lo cual demuestra que existe una relación directa entre la simetría de las muestras y la calidad de las mismas.

Referencias

- Amir, N., Michael, O., and Amir, O., 2006, "Acoustic and Perceptual Assessment of Vibrato Quality of Singing Students", *Biomedical Signal Processing and Control*, Vol. 1 No. 2, pp. 144-150.
- DeJonckere, P. H., Minoru, H., and Sundberg, J., 1995, "Vibrato", Singular Publishing Group, Inc., San Diego, California.



- Díaz, J. A., 1998, "A Mathematical Model of Singers' Vibrato Based on Waveform Analysis", Universidad de Florida, Gainesville, Florida.
- Hakes, J., Shipp, T., and Doherty, T., 1987, "Acoustic Properties of Straight Tone, Vibrato, Trill, and Trillo", *Journal of Voice*, Vol.1 No. 2, pp. 148-156.
- Hakes, J., Shipp, T., and Doherty, T., 1988, "Acoustic Characteristics of Vocal Oscillations: Vibrato, Exaggerated Vibrato, Trill, and Trillo", *Journal of Voice*, Vol.1 No. 4, pp. 326-331.
- Horii, Y., 1989, "Frequency Modulation Characteristics of Sustained /a/ sung in Vocal Vibrato", *Journal of Speech and Hearing Research*, pp. 1-8.
- Maher, R., and Beauchamp, J., 1990, "An Investigation of Vocal Vibrato for Synthesis", *Applied Acoustics*, pp. 219-245.
- Seashore, C., 1932, "The Vibrato", University of Iowa, Iowa City, Iowa.
- Shipp, T., Sunberg, J., and Haglund, S., 1984, "A Model of Frequency Vibrato", *Transcripts of the Thirteenth Symposium: Care of the Professional Voice*, pp. 116-117.
- Sundberg, J., 1978, "Effects of the Vibrato and the Singing Formant on Pitch", *Musicologica Slovaca*, pp. 51-69.
- Rothman, H. B., Díaz, J. A., and Vincent, K. E., 2000, "Comparing Historical and Contemporary Opera Singers with Historical and Contemporary Jewish Cantors", *Journal of Voice*. Vol. 14, No. 2.



Anisotropía en el Comportamiento Mecánico a Tracción del Acero Inoxidable Aisi 304 Laminado

Juan Carlos Pereira Falcón¹, Mary Torres², Vicente Amigó³, Jenny Zambrano¹

¹Centro de Investigaciones en Mecánica CIMEC, Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad de Carabobo, VENEZUELA.

²Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad Simón Bolívar, VENEZUELA.

³Instituto de Tecnología de Materiales, Universidad Politécnica de Valencia ITM-UPV, ESPAÑA.
E-mail (autor de correspondencia): jpereira@uc.edu.ve

Resumen

La anisotropía es el término usado, en los materiales metálicos, para describir la diferencia que existe entre las propiedades mecánicas de acuerdo a la dirección en las cuales fueron determinadas en el material. En este trabajo, se analizó la anisotropía del acero inoxidable austenítico AISI 304, en estado de entrega y laminado en frío, en dos niveles (reducción de espesor de 18.3 y 33.7%), tomando en cuenta tres orientaciones en el plano de laminación y con respecto al sentido de laminación (paralela, diagonal y perpendicular). Para cada condición, se observó anisotropía en las propiedades mecánicas, obteniendo la mayor magnitud para la resistencia a tracción y resistencia a fluencia, así como, el menor alargamiento en la orientación transversal. Para el material en estado de entrega, se observó una ligera anisotropía y ésta se incrementa al deformarlo en frío, siendo mayor la anisotropía en magnitud, para el mayor porcentaje de deformación en frío alcanzado. La textura cristalográfica del material laminado en frío, evaluada mediante la técnica de difracción de electrones retrodispersados (EBSD), reveló una textura de fibra predominante en $\langle 111 \rangle$, paralela a la dirección transversal y en $\langle 111 \rangle$, paralela al sentido de laminación, siendo de mayor evolución e intensidad en sentido transversal.

Palabras clave: Anisotropía, ensayo de tracción, AISI 304, laminación en frío.

Anisotropy in tensile mechanical behavior of AISI 304 Stainless Steel Laminate

Abstract

The anisotropy is the term used in metallic materials to describe the difference between the mechanical properties according to the direction in which they were evaluated in the material. In this study we determined the variation of the mechanical properties of AISI 304 austenitic stainless steel in a state of delivery and cold rolled in several passes (with thickness reduction of 18.3 and 33.7%), three orientations in the rolling plane and with respect to the rolling direction (parallel, diagonal and perpendicular) were evaluated. For each study condition was observed anisotropy in the mechanical properties, the bigger tensile strength and yield strength, and the lower total elongations were obtained for the transverse orientation. For the material in state of delivery was a slight anisotropy, and this increases to deform by cold rolling, the anisotropy being greater in magnitude, for the greatest percentage of cold deformation reached. The crystallographic texture of cold rolled material, evaluated by the technique of electron backscattered diffraction (EBSD) revealed a predominant fiber texture $\langle 111 \rangle$ parallel to the transverse direction, and $\langle 111 \rangle$ parallel to the rolling direction, with the mayor evolution and intensity in the transverse direction.

Key Words: Anisotropy, tensile test, AISI 304, cold rolled.

Introducción

Dentro de los aceros inoxidables austeníticos, se encuentra el AISI/SAE 304, siendo una importante aleación de ingeniería usada en muchas aplicaciones y ambientes. Esta familia de aceros es ampliamente utilizada en aplicaciones donde se requiere combinación de alta resistencia a la corrosión, a la conformabilidad y a la soldabilidad, (Shackelford J., 2005), es decir, en la industria química, naval, farmacéutica, aeronáutica, alimenticia, de transporte, construcción civil, usos en arquitectura, etc. Las piezas y componentes utilizados en equipos y máquinas en estas industrias, generalmente, son fabricadas utilizando procesos de conformado. Estos procesos causan deformación plástica en los materiales metálicos, originando una particular textura y orientación de los granos.

La anisotropía de orientación, es el término usado, particularmente, en los materiales metálicos, para describir la diferencia que existe entre las propiedades mecánicas de acuerdo a la dirección en las cuales fueron determinadas en el material. En los metales, la más importante causa de anisotropía en las propiedades mecánicas, es la orientación de los granos, (por ejemplo, la tendencia estadística para ciertas orientaciones cristalográficas), también, influye las orientaciones preferentes o textura cristalográfica causada en el metal deformado previamente, (Hosford W. y Caddell R., 1983). La deformación plástica, mediante procesos de conformado y la recristalización en la micro estructura cristalográfica, genera una textura cristalográfica en los materiales policristalinos, de acuerdo a su estructura cristalina particular (Kocks U., et al, 1998). En este



caso, los materiales que han sido deformados mediante procesos de laminación en frío, presentan texturas cristalográficas que permiten relacionar las propiedades mecánicas con la orientación.

Diversos trabajos han sido publicados acerca de la anisotropía en materiales metálicos; (Hutchinson W., 1985) determinó la influencia de la anisotropía en el comportamiento a tracción en el acero inoxidable dúplex UNS S31803, laminado en frío. Se estudiaron seis orientaciones en el plano de laminación, desde 0° hasta 90°, con respecto al sentido de laminación; se reportó que la elongación se incrementa desde una orientación de 0° hasta 45° y luego disminuye de 45° hasta 90° del sentido de laminación, la resistencia a la fluencia y la resistencia última disminuye desde una orientación de 0° hasta 45° y luego, se incrementa desde 45° hasta 90° del sentido de laminación, obteniéndose la mayor resistencia a la fluencia y a la tensión en la orientación transversal al sentido de laminación (90°). (Hill R., 1989) formuló un tratamiento cuantitativo para la anisotropía plástica de los metales sin considerar el origen cristalográfico. Utilizó un material homogéneo, caracterizado por tres ejes ortogonales de anisotropía y propuso un criterio de fluencia, de acuerdo al estado de esfuerzos y seis constantes, las cuales caracterizan la anisotropía en el material; tres de esas constantes pueden ser evaluadas con un ensayo de tracción simple y las otras tres con un ensayo de corte. También, propuso un factor de proporción entre la deformación plástica transversal (en el ancho) y la deformación plástica en el espesor.

(Song J. et al, 1997) estudiaron la anisotropía plástica del acero inoxidable dúplex SAF2304, laminado en frío, basándose en ensayos de tracción en tres diferentes orientaciones en el plano de laminación y con respecto al sentido de laminación previo. También, realizaron metalografías y determinación de textura cristalográfica. La muestra, con orientación perpendicular al sentido de laminación, presentó una resistencia a la tracción mayor, mientras que la muestra cuya orientación es diagonal con respecto al sentido de laminación, presentó la menor resistencia a la tracción. (Mateo A. et al, 2003), estudiaron los efectos de la anisotropía en el comportamiento a tracción y a fatiga de un acero dúplex laminado. Se obtuvo que las muestras con orientación transversal, presentan mayor resistencia y menor elongación, mientras que las muestras tomadas en orientación diagonal (45°) al sentido de laminación previo, presentan la menor resistencia a

la tracción y el mayor porcentaje de elongación de las orientaciones estudiadas. Estas dos investigaciones precedentes son congruentes, en cuanto a la influencia que tiene la anisotropía en las propiedades mecánicas en los aceros inoxidables dúplex.

Metodología

Material y Composición química

El material utilizado es un acero inoxidable austenítico AISI 304, en lámina de 6 mm de espesor, fabricado por Acesita -Arcelor en la planta de Belo Horizonte en Brasil y el estado de entrega es con un recocido blando realizado a una temperatura de 1037.8 °C. Las propiedades mecánicas reportadas indican una resistencia a la fluencia de 348 MPa, una resistencia máxima de 690 MPa, un porcentaje de alargamiento de 58%, un tamaño de grano ASTM 8 y una dureza de 87 HBN. Para verificar los requerimientos de composición química del material, se realizó la determinación de la misma, empleando la técnica de espectrofotometría de emisión óptica mediante un espectrofotómetro marca Spectro. Se realizaron cinco mediciones en la superficie de una muestra de la lámina. En la Tabla 1 se muestra el porcentaje, en peso promedio, de cada uno de los componentes que constituyen la aleación y su desviación estándar.

Laminación en frío

Las tiras cortadas a partir de láminas de 6 mm de espesor, con ancho de 200 mm y longitud de 450 mm, se laminaron en frío, utilizando un laminador mecánico marca Stanat, modelo TA-315, provisto de dos rodillos cilíndricos con diámetros de 152 mm y potencia máxima de 15 HP. La laminación se realizó con una velocidad constante de 5 pie/min. Para alcanzar los grados de deformación requeridos en este estudio, se requirió de varias pasadas de laminación. A la primera lámina se le realizaron tres pases de laminación, hasta un espesor final de 4.94 mm (porcentaje de reducción de espesor de 18.3%), mientras que en la segunda lámina, se realizaron seis pases de laminación y espesor final de 4.01 mm (porcentaje de reducción de espesor: 33.7%).

Caracterización microestructural y medición de dureza

Para la caracterización micro estructural, se obtuvo fotomicrografías digitales mediante microscopía

Tabla 1: Composición química (% en peso) medida de la lámina de Acero AISI 304.

Medición	C (%)	Mn (%)	Si (%)	Cr (%)	Ni (%)	Mo (%)	Cu (%)	Co (%)	V (%)	W (%)	Fe (%) Balance
Promedio	0,082	1,070	0,476	17,946	8,298	0,097	0,102	0,087	0,026	0,048	71,765
Desviación Estándar	0,007	0,011	0,008	0,094	0,033	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,088



óptica. Se prepararon las muestras mediante desbaste grueso y fino, con papel abrasivo (ASTM E3, 2001). Luego, se procedió a pulir las muestras con una pulidora Metalográfica, utilizando un paño tipo billar con alúmina de 1 μm en suspensión acuosa y se procedió a pulir con paño tipo microcloth y alúmina de 0.05 μm . El ataque electrolítico con ácido oxálico al 10%, 6V y 0.9A, por 65s, reveló la microestructura. Para la medición de dureza, se tomaron muestras de las láminas y se procedió a preparar la superficie y realizar el ensayo de acuerdo a las recomendaciones de la norma ASTM E18, 2005, para medición de dureza Rockwell en materiales metálicos. El equipo utilizado fue un durómetro digital marca Buehler modelo Macromet 5100T, utilizando una escala Rockwell A.

Ensayos de tracción uniaxial

Para determinar las propiedades mecánicas del material, en estado de entrega y laminado en frío, se procedió a mecanizar, mediante corte por chorro de agua abrasivo, muestras estandarizadas para ensayos de tracción de acuerdo a ASTM E8M, 2006. De cada lámina deformada con diferente porcentaje de reducción de espesor, se mecanizaron dieciocho probetas, distribuidas en: seis probetas para cada orientación en estudio (longitudinal: 0°, diagonal: 45° y transversal: 90°), con respecto al sentido de laminación previo y en el plano de laminación. Esto hace que, considerando los ensayos de tracción del material en estado de entrega, se tenga un total de cuarenta y ocho (48) probetas. Las probetas fueron sometidas a un ensayo de tracción uniaxial en una máquina universal de ensayo de materiales, marca MTS, modelo 810, con una capacidad de 25 ton. Se empleó un extensómetro uniaxial, marca Instron, modelo 2630-113, con apreciación de 0.001 mm y longitud calibrada de 50 mm. Se empleó una velocidad constante de 5 mm/min. Los datos de los ensayos fueron tomados con una velocidad de muestreo de 90 datos/min, reportados por el software MTS FlexTest.

Determinación de la textura cristalográfica del material

Para caracterizar la textura cristalográfica de las muestras, se utilizó la técnica de Difracción de Electrones Retrodispersados (EBSD), empleando un microscopio electrónico de barrido JEOL JSM 6300, equipado con detectores de electrones secundarios y de electrones retrodispersados (BSE), así como un sistema de microanálisis por dispersión de energía (EDX) Oxford Inca y cámara de infrarrojos con sistema EBSD. Las muestras fueron preparadas de acuerdo a lo detallado en la caracterización microestructural, pero agregando pulido final, empleando solución de Sílica Coloidal de 0.05 μm (OP-S), limpiando las muestras con limpiador ultrasónico.

Resultados

Caracterización microestructural del material y Dureza

Las microestructuras del acero AISI 304, en estado de entrega, laminado en frío, con porcentajes de reducción de espesor del 18.3% y del 33.7%, se muestran en las fotomicrografías de la Figura 1. Aunque se realizaron para la superficie, plano transversal y plano longitudinal de la lámina, se muestran y analizan las obtenidas en el plano longitudinal debido a que muestran mayor información de la microestructura.

La dureza medida en estado de entrega, arrojó valores de dureza similares a los reportados en certificado de calidad del material, siendo la dureza reportada 87 HRB (53,9 HRA). La dureza promedio obtenida se muestra en la Figura 2.

Ensayos de tracción uniaxial y textura cristalográfica

A partir de los datos, obtenidos del ensayo de tracción uniaxial de las muestras, se obtuvo las curvas ingenieriles de esfuerzo – deformación, para tres orientaciones estudiadas. La Figura 3 muestra el comportamiento típico a tracción obtenido para diferentes condiciones de estudio. La Figura 4 muestra los mapas de orientación cristalina mediante figuras de polo inversas, correspondientes a una zona ubicada a un cuarto del espesor, entre el centro y la superficie, en un plano paralelo al de laminación, de una muestra para cada condición de estudio.

Discusión de resultados

La microestructura del material en estado de entrega, (Figura 1a), revela una estructura de granos poligonales. No se observan granos alargados; se visualizan maclas y el borde oscuro y definido de los granos, se observan, adicionalmente, bandas de deformación, representadas por líneas ligeramente oscuras que recorren la muestra en la dirección del flujo plástico del material, producto del proceso de fabricación previo del material. Mientras que en el material laminado en frío, (Figuras 1b y 1c), se observa una microestructura similar pero, con gran cantidad de bandas de deformación, de mayor intensidad que las visualizadas en la condición anterior, se visualizan granos alargados y deformados, además de la presencia de gran cantidad de maclas de deformación dentro de los granos, producto de la laminación en frío.

El comportamiento de la dureza es similar en la mitad del espesor, medida en los planos longitudinal y transversal; mientras que estos valores son ligeramente menores a la dureza medida en la superficie de laminación. Esta diferencia se debe, probablemente, a que el proceso de laminación genera mayor deformación plástica de los granos en la superficie de contacto con los rodillos de laminación, debido a las fuerzas de



Figura 1: Fotomicrografías en el plano longitudinal del Acero AISI 304 a 200X. a) estado de entrega, b) laminado en frío 18.3%, c) laminado en frío 33.7%

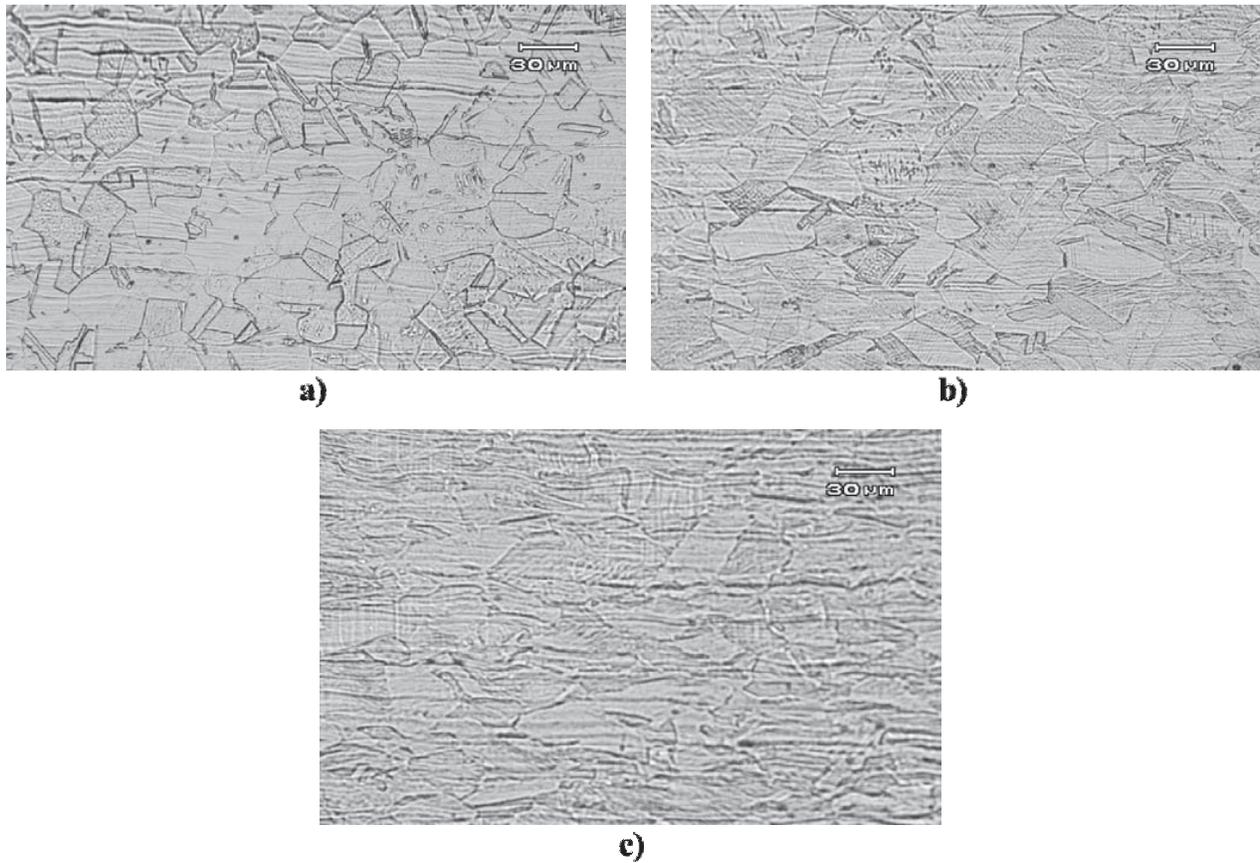


Figura 2: Comportamiento de la dureza medida en el acero AISI 304.

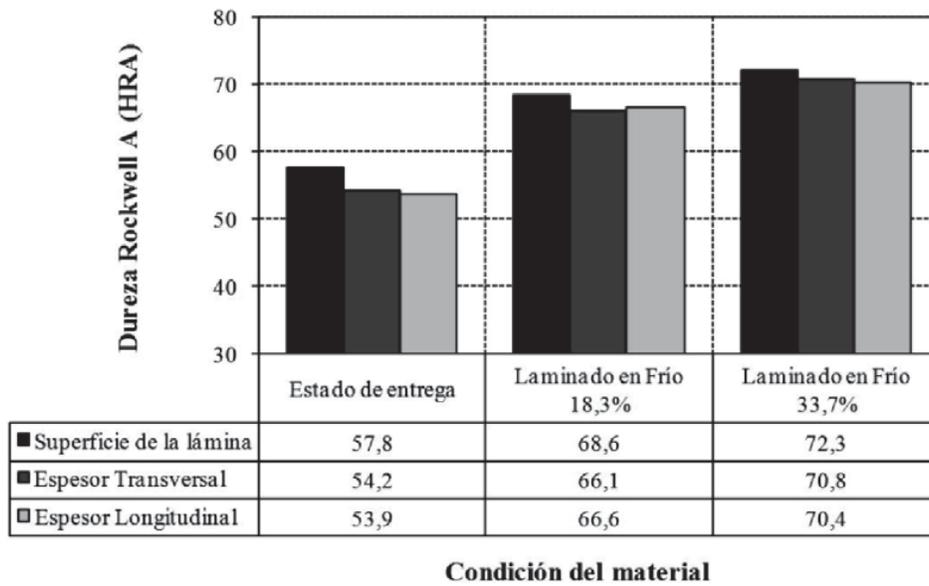
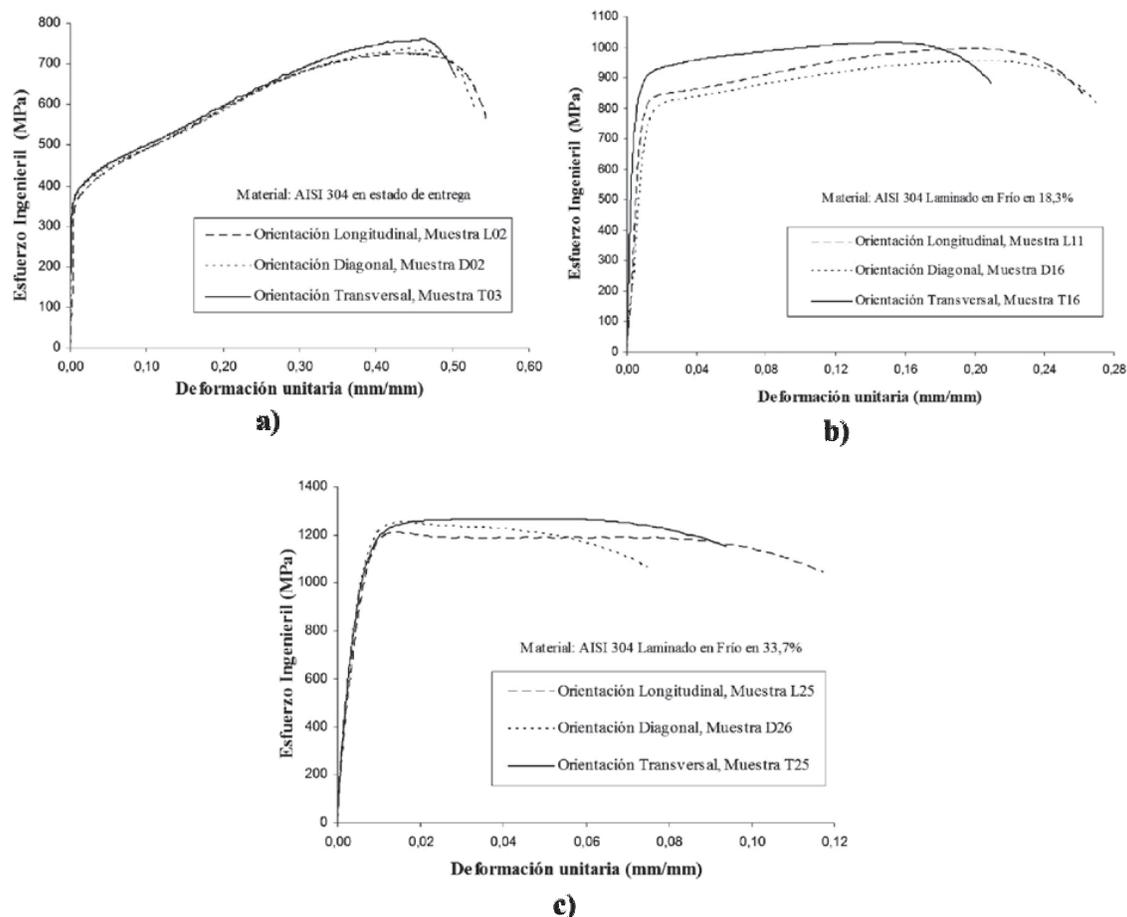




Figura 3: Curvas Esfuerzo-Deformación en tracción del Acero AISI 304 a) estado de entrega, b) laminado en frío 18.3%, c) laminado en frío 33.7%



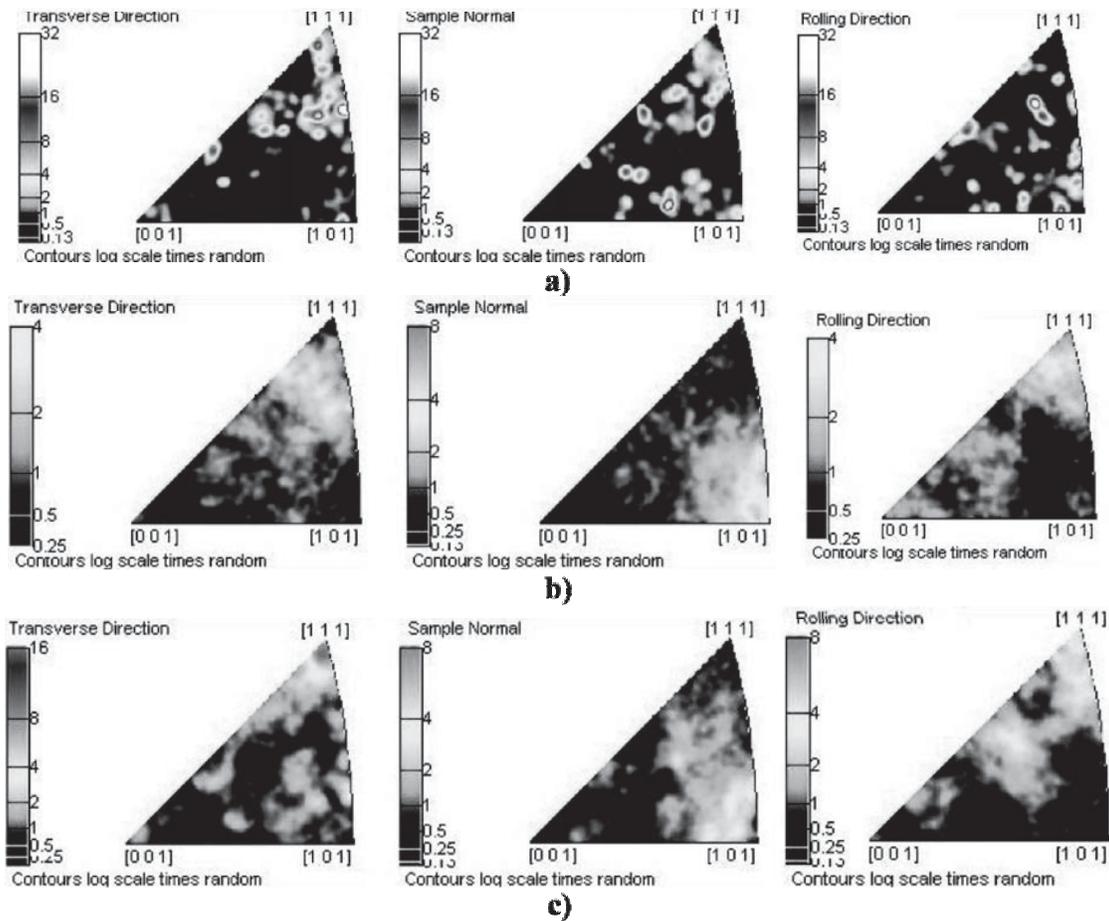
fricción y a la adherencia que ocurre en el proceso. Esta ligera diferencia se observó en todas las condiciones de estudio. El incremento de la dureza en las diferentes condiciones de deformación, se debe al endurecimiento por deformación generado por la laminación, la cual incrementa la densidad de dislocaciones.

La Figura 5 recopila el comportamiento mecánico del acero inoxidable austenítico AISI 304, indicando las propiedades mecánicas obtenidas y su desviación o error. Se observa que, para las muestras en estado de entrega (Figura 5a), el esfuerzo de fluencia se mantiene constante con la orientación, mientras que el esfuerzo máximo se incrementa ligeramente, desde la orientación longitudinal (0°) a la orientación transversal (90°) y el porcentaje de alargamiento disminuye ligeramente. Este comportamiento indica una ligera anisotropía del material en estado de entrega, con mayor resistencia y menor ductilidad en la dirección transversal al sentido de laminación. En las condiciones de laminado en frío en 18.3% (Figura 5b) y en 33.7% (Figura 5c), las variaciones obtenidas en el esfuerzo de fluencia, resistencia máxima, y porcentaje de alargamiento total, de acuerdo a la orientación, son mayores que las obtenidas en el material en estado de entrega. Se puede decir, entonces,

que existe una mayor anisotropía en las propiedades mecánicas, debido a que el material está deformado en frío y esta deformación, causada en el material, influye en las propiedades mecánicas. La resistencia máxima del material se incrementa, desde la orientación longitudinal (0°) a la orientación transversal (90°), mientras que el alargamiento total disminuye; el esfuerzo de fluencia no presenta una tendencia clara. La orientación transversal es la que presenta la mayor resistencia a tracción y la menor ductilidad. La baja textura, en estado de entrega, se debe a que se le ha realizado, posterior a su proceso de fabricación (laminado en frío), un recocido blando, lo que ha permitido la recristalización parcial de su estructura cristalina, generando una distribución aleatoria en las orientaciones cristalográficas. En las figuras de polo inversas (Figura 4a), no se observa una orientación predominante en ninguna de las familias de direcciones cristalográficas, de acuerdo a las direcciones del sistema externo, por lo que se puede decir, que la textura de fibra es aleatoria para cada dirección, esto explica la baja anisotropía evidenciada en condición de entrega.

En las figuras de polo inversas, que se muestran en la figura 4b, se observa una textura de fibra predominante en $\langle 101 \rangle$ //ND (dirección cristalográfica $\langle 101 \rangle$, alineada

Figura 4: Figuras de Polo Inversas del acero AISI 304, obtenidas por EBSD. a) estado de entrega, b) laminado en frío 18.3%, c) laminado en frío 33.7%



o paralela a la dirección normal al sentido de laminación), mientras que se observa una textura de fibra mixta en $\langle 111 \rangle // RD$ y en $\langle 001 \rangle // RD$, con menor intensidad en esta última. También, se tiene una textura de fibra que evoluciona a $\langle 111 \rangle // TD$, aunque no se observa que esta sea una textura de fibra predominante aún. La componente $\langle 111 \rangle$ produce una mayor resistencia a la tracción que la componente $\langle 100 \rangle$, en metales con estructura FCC (Kocks, U. F., et al, 1998, pp. 3). El acero inoxidable austenítico AISI 304, posee una estructura austenítica FCC, por lo que al alinearse la componente que evoluciona a $\langle 111 \rangle$, en la dirección perpendicular al sentido de laminación (transversal), le brinda mayor resistencia a tensión a esta dirección, mientras que la textura de fibra mixta en $\langle 111 \rangle // RD$ y en $\langle 001 \rangle // RD$, hace que la resistencia del material dependa de las contribuciones de estas orientaciones, encontrándose una menor resistencia en RD. Puede atribuirse, entonces, la anisotropía encontrada en las propiedades mecánicas, a la diferencia de textura de fibra encontrada en direcciones longitudinal (RD) y transversal (TD), siendo mayor la resistencia en TD que en RD.

En las figuras de polo inversas (figura 4c), se observa una textura de fibra predominante y de gran

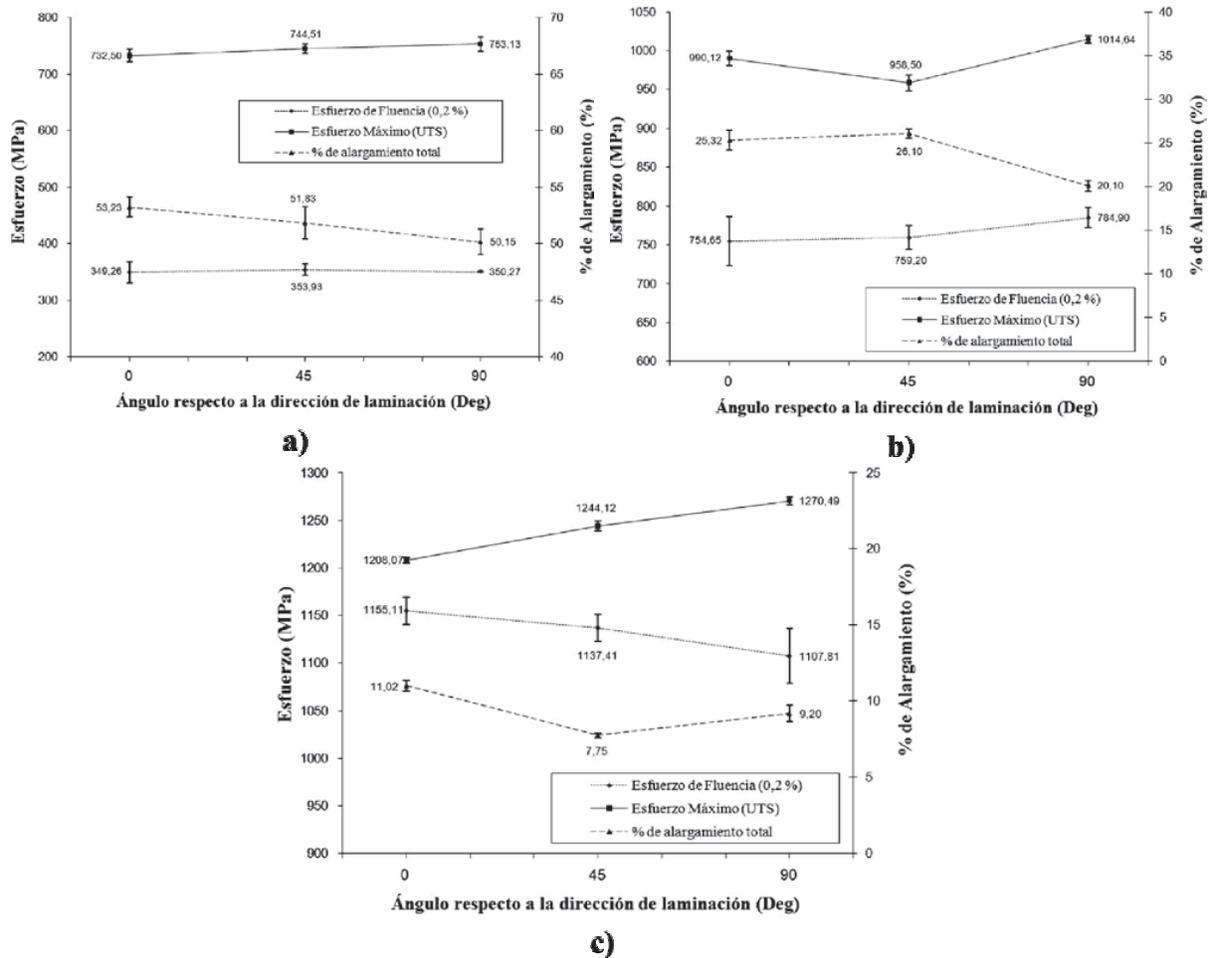
intensidad en $\langle 111 \rangle // TD$, y en $\langle 111 \rangle // RD$, pero, de menor intensidad en esta última, evidenciando una evolución de la textura de fibra en la dirección de laminación (RD) y en la dirección transversal al sentido de laminación (TD), con respecto a la deformación previa (figura 4b). La evolución de la textura ha sido congruente con el comportamiento en las propiedades mecánicas. Para esta condición se registró el mayor valor de resistencia máxima en la dirección transversal (TD), precisamente donde se tiene alineada una textura de fibra predominante y de gran intensidad en $\langle 111 \rangle$, mientras que la menor resistencia se ha encontrado en RD.

Conclusiones

Se obtuvo una diferencia máxima en la resistencia a tracción, para el material laminado en frío en 18,3%, entre la orientación diagonal y la orientación transversal del 5,86% (56,14 MPa). Se obtuvo una diferencia máxima en la resistencia a tracción, para el material laminado en frío en 33,7%, entre la orientación longitudinal y la orientación transversal del 5,16% (62,42 MPa). Para el acero inoxidable austenítico AISI 304, la orientación transversal al sentido de laminación ofrece la mayor resistencia a tracción, el mayor módulo de elasticidad



Figura 5: Comportamiento de las propiedades mecánicas AISI 304. a) estado de entrega, b) laminado en frío 18.3%, c) laminado en frío 33.7%



y el menor porcentaje de reducción de área, mientras que la orientación longitudinal es la que ofrece la menor resistencia, menor módulo de elasticidad y el mayor porcentaje de reducción de área.

La textura cristalográfica del material laminado en frío, reveló una textura de fibra predominante en $\langle 111 \rangle // TD$, y en $\langle 111 \rangle // RD$, siendo de mayor intensidad en la dirección transversal (TD), a las cuales puede atribuirse, la anisotropía obtenida en las propiedades mecánicas del acero inoxidable AISI 304, laminado en frío.

Referencias

ASTM E3-01, (2001): "Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens", American Society of Testing and Materials, ASTM International, PA.

ASTM E8M-06, (2006): "Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials", American Society of Testing and Materials, ASTM International, PA.

ASTM E18-05, (2005): "Standard Test Methods for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial

Hardness of Metallic Materials", American Society for Testing and Materials, ASTM International, West Conshohocken, PA.

Hill R. (1989): "The Mathematical Theory of Plasticity". Oxford University Press, New York, pp. 317-325.

Hosford W. F. y Caddell R. M (1983): "Metal Forming: Mechanics and Metallurgy". Prentice Hall, New York, pp. 263-271.

Hutchinson W. B., Ushioda K, y Runnsjo G., (1985): "Anisotropy of tensile behaviour in a duplex stainless steel sheet". Material Science and Technology. Volume 1, pp. 728-731.

Kocks, U. F., Tomé, C. N., y Wenk, H. -R., (1998): "Texture and anisotropy: preferred orientations in polycrystal and their effect on materials properties", Cambridge University Press, ISBN 0521465168, pp. 12-30, 46-90, 167-176, 181-200.

Mateo A., Llanes L., Akdut N., Stolarz J., (2003): "Anisotropy effects on the fatigue behavior of rolled duplex stainless steels". International Journal of Fatigue, Volume 25, No. 6, pp. 481-488.



Shackelford J., (2005): "Introducción a la ciencia de materiales para ingenieros". Pearson Educación S.A., 6ta edición, Madrid, ISBN 8420544515, pp. 398-400.

Song J. L. y Bate P. S. (1997): "Plastic anisotropy in a superplastic duplex stainless steel". Acta Metallurgica, Volumen 45, No. 7, pp. 2747-2757.



Caracterización de un Suelo Agrícola Aledaño a la Mina Lomas de Níquel, Estado Aragua-Venezuela

Nereida Sánchez¹ y Arglys Hernández²

¹Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Laboratorio de Investigación y Tecnología de Suelos, LITSA. nsanchez@uc.edu.ve

²Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Laboratorio de Investigación y Tecnología de Suelos, LITSA. arglys_hr@hotmail.com

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo realizar una caracterización de un suelo de uso agrícola, aledaño a la mina Lomas de Níquel, en el Estado Aragua-Venezuela, para conocer el contenido real de níquel biodisponible en ese suelo. Para el muestreo del suelo se estableció una malla de 25 x 25 m, en la cual se colectó un total de 18 submuestras, a una profundidad de 20 cm, con las cuales se formó una muestra compuesta y se determinó textura, acidez total y Al intercambiable, materia orgánica, P, Na, K, Mg, Ca, y Ni. Los análisis se realizaron por quintuplicado. La clase textural predominante en el horizonte superficial es franco arcillosa, con densidad aparente de 1,01 g.cm⁻³, valor que sugiere problemas de compactación, baja permeabilidad al agua y poco espacio para el desarrollo de la vida. Valores medios de materia orgánica y de Ca²⁺ y Mg²⁺ aceptables para los cultivos. La capacidad de intercambio catiónico es mayor a 4 cmol.kg⁻¹, lo que indica que las pérdidas de cationes por lavado son mínimas. La cantidad de níquel disponible en el suelo fue de 1,36 mg.kg⁻¹, valor cercano al rango de absorción de este metal por las plantas (1,5 - 2000 mg.kg⁻¹ de suelo), por lo que se recomienda, encalar el suelo para corregir el problema de acidez y minimizar el riesgo de toxicidad para los cultivos.

Palabras clave: Lomas de Níquel, suelo, acidez, materia orgánica.

Characterization of an Agricultural Soil Near the Mine Lomas de Nickel. Aragua, Venezuela

Abstract

The aim of this study was to characterize the soil for agricultural use adjacent to the mine Lomas de Níquel in Aragua State, Venezuela to see the actual content of the soil bioavailable nickel. For the soil sampling grid was established 25 x 25 m where 18 subsamples collected at a depth of 20 cm. which formed a composite sample was determined texture, total acidity and exchangeable Al, organic matter, P, Na, K, Mg, Ca, and Ni. The dominant textural class in the topsoil is clay loam with bulk density of 1.01 g.cm⁻³, a value that suggests problems of compaction, low water permeability and little room for the development of life and soil respiration of roots. The soil pH is strongly acidic, with medium levels of organic matter and Ca²⁺ and Mg²⁺ acceptable for crops. The cation exchange capacity is greater than 4 cmol.kg⁻¹, indicating that loss of cations by leaching are minimal. The amount of nickel available in the soil was 1.36 mg.kg⁻¹, a value close to the level of absorption of this metal by plants (1.5 - 2 000 mg.kg⁻¹ soil), so that recommended lime to correct soil acidity problem and minimize the risk of toxicity to crops.

Key Words: Nickel Lomas, soil acidity, organic matter.

Introducción

Es importante destacar que la acumulación de metales pesados en el suelo, plantea muchos riesgos para la salud humana y el ecosistema, siendo la vía de entrada, en el ser humano, a través de la cadena alimentaria o por contacto directo, vía cutánea. Una de las principales actividades antropogénicas que ha contribuido a la contaminación de los suelos por metales pesados, es la minería. Las sustancias descargadas por esta actividad, aportan al ambiente una carga adicional de elementos persistentes y con alto potencial tóxico, muchos de ellos biomagnificables y con largo tiempo de residencia en los suelos (Cuevas, et al., 2003). Las características físicas y químicas del suelo tienen una influencia muy importante en la movilidad y o fijación de los metales pesados. El níquel presenta una alta movilidad en el suelo y, en general, se encuentra ligado a los óxidos de Fe y Mn, siendo esta fracción la más disponible para las plantas

(Kabata-Pendías y Pendías 1986). La biodisponibilidad del metal responde a la capacidad de los organismos del suelo para absorberlo, ya que el metal puede estar en mayor o menor concentración, dependiendo del tipo del suelo y de los microorganismos existentes (Casanova, 2005) (Paz et al., 2000). Dado que el suelo es un sistema de tres fases, se encuentran en él una gran variedad de propiedades, tanto físicas como químicas. Las propiedades físicas están íntimamente relacionadas con los procesos químicos y biológicos que ocurren constantemente en el sistema edáfico, tales como condiciones de aireación y disponibilidad de agua para el desarrollo de los cultivos y organismos del suelo. Mientras que las propiedades químicas del suelo, influyen directamente en la disponibilidad de nutrientes para las plantas y otros organismos, así como en la capacidad de los suelos de almacenar, filtrar y descomponer compuestos químicos



tóxicos o potencialmente tóxicos, para los seres vivos (Fassbenden, 1975) (Brümmer et al., 1986).

El níquel se encuentra ligado a distintas fracciones de los componentes del suelo: fracción disponible, fracción intercambiable, unida a la materia orgánica del suelo; unida a los carbonatos del suelo; unida a los óxidos de hierro y manganeso y la fracción total. La importancia de la determinación del contenido de níquel en el suelo reside en los efectos adversos sobre el crecimiento de los cultivos o la actividad microbiana en el suelo, (Mc Laughlin et al., 2000).

Actualmente, no existen estudios que muestren la concentración de este metal en la superficie de suelos de uso agrícola, ubicados en la cercanía de la Minera Lomas de Níquel, única minera de explotación del metal ubicada en Venezuela, en la región de Tiara, Edo. Aragua. En la zona de Lomas de Níquel, el manto laterítico cubre una superficie de más de 600 Ha, cuyo espesor promedio es de 6,36 m. En la minera, el proceso de refinación del níquel implica distintas operaciones que pueden producir una contaminación localizada de metales. Por lo tanto, el presente estudio contempla la caracterización de un suelo agrícola aledaño a la minera y la determinación de las fracciones de níquel disponible, asimilable por la planta e intercambiable, que representa las formas de níquel que pudieran ser liberados del complejo de cambio del suelo por variaciones en las condiciones de óxido-reducción y pasar a la forma disponible y por último, la fracción de níquel total, que contempla todo el níquel contenido en las fracciones del suelo (Sauerbeck y Hein 1991) (Barrios y Longa, 2007) (Kabata-Pendías y Pendías 1986), con la finalidad de conocer el posible riesgo sobre los cultivos.

Metodología

Para el estudio se seleccionó un suelo bajo el cultivo de Apio España, aledaño a la mina Lomas de Níquel, en el que se emplea agua de riego que proviene de un manantial cercano a la mina; el cual se identificó como "Lomas de Níquel". Para el muestreo del suelo se estableció una malla de 25 x 25 m, en un lote homogéneo y se eligió como patrón de recorrido la forma de zig-zag, colectando un total de 18 submuestras con la ayuda de un barrenos, a una profundidad de 20 cm. Para obtener una muestra representativa del suelo muestreado, se mezclaron las submuestras colectadas y se obtuvo una muestra compuesta, la cual se secó al aire y pasó a través de un tamiz de 2 mm de diámetro, para evaluar sus características físicas y químicas. Para el análisis de metales pesados en el suelo, se pasó la muestra por un tamiz de 1 mm. La textura del suelo se determinó por el método de Bouyoucos (Bouyoucos, 1962). La humedad en el suelo se determinó por diferencia entre el peso de una muestra de 20 g de suelo húmedo (P_h) y el peso de la misma inmediatamente después de colocarla en una estufa a 104°C (377 K), durante 24 horas. La capacidad

de retención de humedad (CRH), se determinó según la metodología descrita por Aciego, 2007. En cuanto a la acidez del suelo, se empleó el método potenciométrico, para distintas suspensiones de suelo: extractor (relación suelo-agua 1:1, relación suelo-KCl, 1M, 1:1 y relación suelo-K₂SO₄, 1M, 1:1), agitando las muestras por una hora. La extracción química de las bases cambiables del suelo, se realizó empleando NH₄Cl, 0,2 N, como solución extractora (Rodríguez A. y Rodríguez O., 2002).

Los cationes cambiables (Ca²⁺; Mg²⁺; Na⁺; K⁺), se determinaron por espectrometría de emisión y por absorción atómica. Para la determinación de la materia orgánica, se utilizó el método Walkley y Black modificado, (Jackson, 1958). Mientras que el fósforo disponible se determinó por el método de Bray 1 y se midió la absorbancia de los extractos a una longitud de onda de 882 nm, con un espectrofotómetro de luz visible, (Gilbert de Brito, et. al. 1990). Todos los análisis se realizaron por quintuplicado.

Para la determinación de la fracción de níquel disponible en el suelo, se utilizó una solución de EDTA, 0,025 M, según la metodología descrita por Streck y Richter, 1997. La fracción de níquel intercambiable se determinó por el método descrito por Tessier, et al., 1979, y para determinar el níquel total, se utilizó el método EPA 3050, 1986. La concentración de níquel disponible, intercambiable y total se determinó por espectrometría de absorción atómica.

Finalmente, se realizó un análisis de correlación y regresión entre el contenido de níquel disponible y el contenido de materia orgánica, fósforo disponible y pH del suelo, empleando el programa Statistix 8.0.

Resultados

Las características físicas y químicas del suelo se muestran en la Tabla 1. En el horizonte superficial del suelo "Lomas de Níquel" predomina una alta proporción de limo y arcilla. El suelo es fuertemente ácido, con presencia de aluminio intercambiable y carga neta superficial negativa. El valor de CIC del suelo fue mayor a 4 cmol.kg⁻¹, con un contenido de 2,63% de materia orgánica.

El contenido de fósforo disponible en el suelo es elevado y en cuanto a las fracciones de níquel, - ver Tabla 1 -, los resultados arrojan que la cantidad de níquel disponible se encuentra cercana al rango de absorción del metal por las plantas; con un contenido de níquel intercambiable elevado y un contenido de níquel total menor que el estándar de níquel en suelos.



Tabla 1: Resultados promedio de los análisis físicos y químicos de los suelos lomas de níquel.

Análisis	Suelo Lomas de Níquel
Arcilla (%)	28,4
Limo(%)	44
Arena(%)	27,6
Densidad aparente (g.cm ⁻³)	1,01
Humedad (%)	4,06
Retención de humedad (-33 kPa) %	28,4
Retención de humedad (-1500 kPa) %	17,2
40% CRH	26
pH (suelo-agua 1:1)	4,09
pH (sueloKCl 1:1)	3,85
pH (suelo-K ₂ SO ₄ 1:1)	4,33
Al intercambiable (cmol.kg ⁻¹)	0,44
Acidez total (cmol.kg ⁻¹)	0,645
M.O (%)	2,63
Ca (cmol.kg ⁻¹)	6,44
Mg (cmol.kg ⁻¹)	1,03
K(cmol.kg ⁻¹)	1,21
Na (cmol.kg ⁻¹)	0,81
CICE (cmol.kg ⁻¹)	9,49
P (cmol.kg ⁻¹)	236,09
Ni disponible (mg.kg ⁻¹)	1,36
Ni intercambiable (mg.kg ⁻¹)	4,34
Ni total (mg.kg ⁻¹)	13,82

Análisis estadístico

Para evaluar la influencia de las variables materia orgánica, pH del suelo y fósforo disponible, sobre la biodisponibilidad del níquel en el suelo, se realizó un análisis de correlación y regresión que arrojó que las variables materia orgánica y pH del suelo explican con un 99% de confianza la disponibilidad de níquel en el suelo. Ver Tabla 2 y Tabla 3.

Tabla 2: Análisis de regresión lineal múltiple para estimar el contenido de níquel disponible en el suelo en función del contenido de materia orgánica y pH del suelo.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Estadístico F	P
Regresión	2	1,675	0,838	1301,68	0,0000
Residual	7	0,005	0,0006		
Total	9	1,680			
F _(0,05,3,9)	3,86				

Tabla 3: Estadístico de prueba (t-Student) de los coeficientes asociados a las variables de predicción del modelo de regresión lineal.

Variable	Coefficiente	Error estándar	T	P	VIF
Constante	-4,648	0,231	-20,09	0,000	
Materia orgánica	1,545	0,031	49,87	0,000	1,1
pH del suelo	0,315	0,046	6,84	0,0002	1,1
R ² ajustado	0,997				
T _(0,05, 8)	1,860				

Discusión

El suelo “Lomas de Níquel” es fuertemente ácido, con una carga neta superficial negativa y densidad aparente de 1,01 g/cm³, siendo la textura predominante franco arcillosa (FA). Estas propiedades sugieren que el suelo tiene una capacidad media para el almacenamiento de nutrientes y de metales pesados, en particular, de níquel. En lo referente a la capacidad de almacenamiento de nutrientes, se corresponde con los valores obtenidos en la determinación de las bases cambiables del suelo, en donde se encontró que existe una proporción adecuada de Ca²⁺, Mg²⁺ y un contenido de Na⁺ cercano al 10%, en el complejo de cambio del suelo, lo cual permite su fácil liberación para ser absorbidos por los cultivos. Además, el valor de CIC del suelo fue mayor a 4 cmol.kg⁻¹, con un contenido medio de materia orgánica, lo que indica que las pérdidas de estas bases cambiables por lavado son mínimas. También, el valor de capacidad de retención de agua en el suelo, sugiere que el agua aprovechable era adecuada para el crecimiento de las plantas (Casanova, 2005) (Brümmer et al., 1986) (Chang et al., 1999).

El contenido de fósforo disponible en el suelo, es elevado y en cuanto a las fracciones de níquel [Tabla 1], los resultados arrojan que la cantidad de níquel disponible se encuentra cercana al rango de absorción del metal por las plantas; con un contenido de níquel intercambiable elevado y un contenido de níquel total menor que el estándar de níquel en suelos.

En cuanto a la disponibilidad de níquel en el suelo, es importante destacar que en suelos ácidos prevalecen las formas más solubles del metal, aumentando su biodisponibilidad (Brümmer et al., 1986). Esto se corresponde con las cantidades de níquel encontradas en el suelo, siendo los valores de níquel disponible cercanos al rango de absorción del metal por las plantas, mientras que las cantidades de níquel intercambiable en el suelo, tenían un valor promedio de 4,34 kg⁻¹, valor elevado si se compara con el estándar de níquel para suelos (0,2 mg.kg⁻¹) (Guía de protección ambiental, 1995) y constituye un riesgo potencial, dado que parte de esta fracción del metal puede pasar a la forma disponible, bajo cambios en las condiciones del suelo y ser absorbido por



los cultivos. Comparando el contenido de níquel, en estas fracciones, con el contenido de níquel total en el suelo, se deduce que más del 50% de las formas prevalecientes del níquel pudieran estar asociadas a los óxidos de Fe y Mn y a la materia orgánica del suelo.

Considerando los valores de pH del suelo, presencia de Al^{3+} intercambiable y contenido de materia orgánica, se puede decir que en el suelo evaluado predominan cargas variables que pudieran estar ligadas a las arcillas del suelo o a los grupos funcionales de la materia orgánica. También, se encontró que el contenido de fósforo disponible en el suelo era elevado, posiblemente, debido a una fertilización realizada por el productor antes del muestreo, lo que generó que los sitios de retención de fósforo en el suelo estuvieran ocupados por el fertilizante, quedando sitios menos activos que requieren de una energía menor para desplazarlos. La presencia de fósforo en el suelo puede generar una mayor adsorción de níquel en el mismo, ya que si se considera la acidez del suelo y el contenido de materia orgánica, esta fracción de fósforo pudiera estar formando parte de compuestos coloidales ligados al Al, Fe o Ni en el suelo, relativamente aprovechables por las plantas. Sin embargo, también existe la posibilidad de que el fósforo forme compuestos menos solubles.

Con el objeto de evaluar la influencia del contenido de materia orgánica, pH del suelo y fósforo disponible, sobre la biodisponibilidad del níquel en el suelo, se realizó un análisis de correlación y regresión que arrojó, con un 99% de confianza, que existe una regresión lineal múltiple entre el contenido de níquel disponible y las variables consideradas. Para determinar cual o cuales de los coeficientes del modelo de regresión son significativos, se realizó la prueba de T-student. Los resultados muestran que las variables materia orgánica y pH del suelo son las que dan un aporte significativo al modelo. El coeficiente de determinación obtuvo un valor alto ($R^2=0,997$), indicando que del 100% de la variabilidad del contenido de níquel disponible en el suelo, el 99,7% puede ser explicado por el modelo

$$\hat{Ni}_{disp} = -4,648 + 1,545 Mat.Org + 0,315 pH \text{ del suelo}$$

No obstante, para validar este modelo se requieren como mínimo un total de 15 mediciones de cada una de las variables asociadas al modelo.

En conclusión, se puede decir que el suelo Lomas de Níquel se caracteriza por tener una capacidad media para el almacenamiento de nutrientes y de metales pesados, en particular níquel, siendo las pérdidas de bases cambiables por lavado mínimas. La presencia de fósforo en el suelo puede generar una mayor adsorción de níquel en el mismo, ya que si se considera la acidez del suelo y el contenido de materia orgánica esta fracción

de fósforo pudiera estar formando parte de compuestos coloidales ligados al Al, Fe o Ni en el suelo, relativamente aprovechables por las plantas. La cantidad de níquel disponible en el suelo fue de $1,36 \text{ mg.kg}^{-1}$, valor cercano al rango de absorción de este metal por las plantas ($1,5-2000 \text{ mg.kg}^{-1}$ de suelo), por lo que se recomienda, encalar el suelo para corregir el problema de acidez y minimizar el riesgo de toxicidad para los cultivos.

Referencias

- Aciego, J. (2007), Muestreo y pre-tratamiento del suelo para su análisis microbiológico, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Edafología, Laboratorio de Fertilidad y Biología de Suelos.
- Barrios M., y Longa S., 2007. Extracción secuencial de níquel, cromo y zinc en un suelo de la Cuenca del Lago de Valencia y su acumulación en plantas de sorgo, Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Vol.24, N° 44, pp. 739-762, ISSN 0378-7818.
- Bouyoucos, G.J, 1962, Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils, Agron, J, 54, 464-465.
- Brümmer G., Gerth J, y Herms U, (1986), Heavy metals species, mobility and availability in soils, Z, Pflanzenernaehr, Bodenkd,149, 382-398.
- Casanova, E, (2005), Introducción a la ciencia del suelo, (2a ed), Caracas, Venezuela, Colección Estudios.
- Chang, D., Ergas, S., Eweis, J., Schroeder, E. (1999), Principios de Biorrecuperación, Tratamientos para la descontaminación y regeneración de suelos y aguas subterráneas mediante procesos biológicos y físico-químicos, (1ª ed), Mc Graw Hill, Impreso en España.
- Cuevas, G., González, A., Hernández, D. y Vélez, C. (2003), Caracterización de suelos y evaluación del contenido de metales pesados en zonas urbanas del estado de Chihuahua, – México, [Documento en Línea], Disponible:<http://www.Femisca.org/publicaciones/XIVcongreso/XIVCNIS030.pdf>, [Consulta: 2008, Enero 24].
- Fassbenden, H. (1975), Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, 1ª edición, Turrialba, Costa Rica.
- Gilabert de Brito, J.; López de Rojas, I.; Pérez de Roberti, R.; Nieves, L.A. 1990, Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Maracay (Venezuela), Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Fundamentos de investigación del proceso para uniformar procedimientos de



- análisis de suelos con fines de fertilidad, Maracay (Venezuela).
- Guía de protección ambiental. Tomo III. Catálogo de estándares ambientales (1995). Publicado por: Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ). Traducido por: A. Schwender, Servicios lingüísticos de la GTZ. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/ENV/envsp/vol336>. [Consulta: 2010, Enero 26].
- Jackson, M. L. 1958, Soil Chemical Analysis, pp. 214-221.
- Kabata-Pendias, A. y H. Pendias, 1986. Trace Elements in Soils and Plants. 2ª edición. Boca Ratón, FL, CRC. Press. 112-116.
- Lomeli, M., Tamayo, R. (2007), El pH y los elementos en el crecimiento de las plantas, [Página web en línea], Disponible: <http://www.sagan-gea.org/hojaredsuelo/paginas/13hoja.html>, [Consulta: 2008, Junio 01].
- Mc Laughlin M., Zarcinas A., Stevens D., y Cook N. 2000. Soil testing for heavy metals. Soil Sci. Plant Anal., 31 (11-14), 1661-1700.
- Paz A., Taboada T, Taboada M. 2000, Levels of Heavy Metals (Co, Cu, Cr, Ni, Pb, and Zn) in Agricultural Soils of Northwest Spain, Commun Soil Sci, Plant Anal. 31 (11-14), 1773-1783.
- Rodríguez, A. y Rodríguez, O. (2002), Comparación de la CIC en dos suelos, utilizando acetato de amonio, acetato de sodio, y cloruro de amonio, UCLA, Departamento de Química y Suelos, Lara – Venezuela, Disponible: http://www.revfacagronluz.org/ve/PDF/octubre_diciembre2002/ra/4029.pdf, [Consulta: 2008, Mayo 16].
- Sauerbeck, D. y Hein, A. (1991), The nickel uptake from different soils and its prediction by chemical extractions, Water, Air and Soil Pollution 5758:861=871.
- Streck, T. y Richter, J. 1997. Heavy metal displacement in a sandy soil at the field scale. I. Measurements and parameterization of sorption. J. Environ. Qual. 26, 49-56.
- The U.S. Environmental Protection Agency. 1986. Acid digestion of sediment, sludge and soils. Pub EPA SW-846, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. (1986).



Sistemas de acondicionamiento preliminar de aguas superficiales en plantas potabilizadoras en Venezuela

Viky Mujica^{1*}, Lisbeth Manganiello^{2*}, María del Carmen Rodríguez¹

¹Fac. de Ingeniería, Universidad de Carabobo.

²Centro de Investigaciones de Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo..

*vmujica@gmail.com; lmanganiello@uc.edu.ve

Resumen

Los cuerpos de agua utilizados por las plantas potabilizadoras, están contaminados por actividades antrópicas, siendo un factor de riesgo por su carga poluente, micro-poluente y tóxica, desencadenando deficiencias en los procesos de potabilización que originan efectos nocivos para la salud, evidenciándose en enfermedades hidricas, envenenamiento por presencia de iones metálicos, etc. El presente trabajo tuvo como objetivo investigar dos sistemas de acondicionamiento preliminar para fuentes superficiales para plantas potabilizadoras en Venezuela, analizando dos muestras (A y B), provenientes de dos regiones diferentes del país. La primera muestra, con un alto contenido de sales, clasificada como agua muy dura y la segunda muestra, con un alto contenido de fósforo. Para la muestra A se propone un sistema de precipitación química con cal-soda, obteniéndose una reducción de la dureza del 80%, con adecuadas propiedades en color, turbiedad, DBO y DQO, entre otros parámetros. En la muestra B se probó un tratamiento químico con cloruro férrico, logrando remover el 90% del fósforo presente en el agua. Al aplicar los sistemas propuestos se logra obtener características fisico-químicas menos agresivas a los procesos que se llevan a cabo en las plantas de potabilización.

Palabras claves: aguas superficiales, plantas potabilizadoras, ablandamiento con cal-soda, cloruro férrico.

Preliminary conditioning systems effluent treatment plants in Venezuela

Abstract

The bodies of water contaminated by human activities are used by water treatment plants, being a risk factor for its charge pollutants, micro-and toxic pollutants. Triggering deficiencies in water treatment processes that give rise to adverse health effects, as evidenced in waterborne diseases, poisoning by the presence of metal ions, etc. This study aimed to investigate two preliminary conditioning systems effluent treatment plants in Venezuela, analyzing two samples A and B from two different regions of the country. The first sample with a high salt content classified as very hard water and the second sample with a high phosphorus content. For the sample A is proposing a system of chemical precipitation with lime-soda obtaining a reduction of 80% strength properties necessary for color, turbidity, DBO, DQO and other parameters. In the B sample tested chemical treatment with ferric chloride, achieving 90% removal of phosphorus in the water. In implementing the proposed systems are unable to obtain a tributary to the treatment plants with less aggressive characteristics to the processes that take place in the water treatment plant.

Key words: effluent treatment plants, lime-soda softening, ferric chloride.

Introducción

La preocupación por la contaminación ambiental ha dado como resultado investigaciones más intensas y el desarrollo de tecnologías sustentables, así como la observancia de una normativa cada vez más estricta. Como resultado, en los procesos industriales se ha logrado disminuir las descargas de sustancias contaminantes al ambiente; sin embargo, todavía se generan aguas residuales con concentraciones de sustancias contaminantes de consideración, que son descargadas a cuerpos de agua que luego serán sometidas a procesos de potabilización (Florián, M, 2009).

La contaminación de los cuerpos de agua que van a potabilización, proviene de catástrofes naturales, contaminantes industriales, sobreutilización de productos nocivos en agricultura y vertidos incontrolados. Es importante tratar los afluentes industriales contaminantes antes de ser vertido al medio ambiente y tratar el agua antes del consumo, para tratamiento comercial-industrial, o residencial-potabilización (Peralta, J. 2008).

Recientemente, ha llamado la atención de la prensa nacional, el caso de la contaminación del agua potable, que ha afectado a la población en general, en especial, a la infantil (Reyes, R et al (2006); Sarmiento, A et al (2003); Otero, I (2007)). Este problema viene denunciándose desde hace algunos años por diversas instituciones y grupos ambientalistas que hacen vida en nuestro país. La presunta existencia de contaminantes en el agua para consumo humano, es motivo de interés, que propicia la presente investigación que consiste en evidenciar alternativas de pre-tratamiento para la remoción de contaminantes en las aguas que van a ser potabilizadas.

Metodología

La investigación constituye un trabajo de campo (Méndez, 2003). Se utilizaron dos muestras de agua cruda A y B, antes de ser sometidas al proceso de potabilización en dos regiones diferentes del país. Cada una por triplicado determinándose conductividad y pH

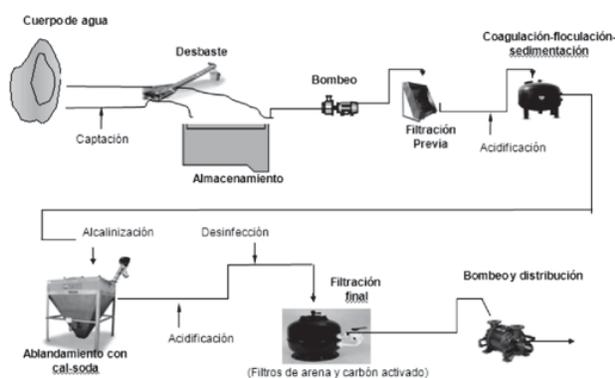


in situ. Para todas las determinaciones físico-químicas se utilizaron los métodos establecidos en APHA (2005).

Tratamiento de la muestra cruda A

Para la muestra A se le realizaron los siguientes análisis: alcalinidad, color, DBO₅, DQO, dureza total, sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales, sólidos totales y turbiedad. El tratamiento fisicoquímico consiste en un ablandamiento con cal y soda por poseer una relación DBO/DQO menor a 0,1 y una utilidad multi-atributo (MUMA) de 7727, frente a la desalación por ósmosis inversa (6516), al considerar aspectos de: disponibilidad de materia prima, ambiente, personal, compatibilidad con instalaciones existentes, energía, costos, seguridad y eficiencia, en contraste con la desalación por ósmosis inversa. Las etapas son: filtración previa, coagulación - floculación - sedimentación, ablandamiento con cal-soda y filtración (ver Figura 1).

Figura 1: Representación del sistema de tratamiento por precipitación química con cal y soda.



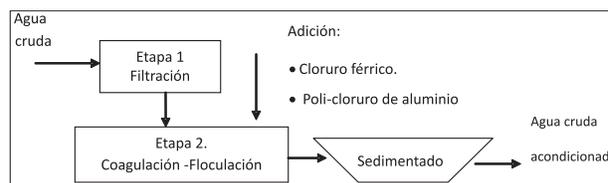
Se toman 4 L de agua cruda y se filtran con un filtro Watman 40, y se acidifican con ácido sulfúrico. El sobrenadante de la coagulación-floculación-sedimentación es alcalinizado con hidróxido de sodio, para aplicar el ablandamiento con cal-soda y su posterior filtración. En cada etapa se toman muestras del sobrenadante para la caracterización y evidenciar los cambios que ocurren. Para aplicar la etapa de coagulación-floculación-sedimentación, se realiza una prueba de jarra y que permite seleccionar el coagulante-floculante y la dosis óptima. A la mezcla rápida se adiciona coagulante al 1 % P/V durante 1 min a 80 rpm. A la mezcla lenta se le adiciona floculante al 0,1 % P/V, durante 15 min a 20 rpm. Para esta prueba, se acidifica 1 L de agua cruda hasta pH 6,2 con la adición de 0,9 mL de H₂SO₄ al 96,8%. El equipo, para la prueba, consta de 4 paletas giratorias individuales con regulador de velocidad de 0 a 100 rpm para agitación. Los coagulantes catiónicos utilizados son poli (cloruro de aluminio) (PAC) y sulfato ferroso (FeSO₄.7H₂O), con dosis de 100 mg/L y 80 mg/L, respectivamente. La dosis del floculante de tipo polimérico es de 1 mg/L. El ablandamiento con cal-soda

se realiza aplicando mezcla rápida con los reactivos cal y soda durante 10 min, a 80 rpm de velocidad de agitación, seguido de una mezcla lenta, durante 40 min, a 20 rpm de velocidad, finalizando con una sedimentación de 2 h. Se acondiciona alcalinizando 1 L de agua cruda a pH 10,2 con 0,9 ml de hidróxido de sodio (NaOH), 0,989 N, con soluciones de cal (Ca(OH)₂) y carbonato de sodio (Na₂CO₃) a 5 % P/V. La prueba se inicia con dosis desde 50 mg/L hasta 800 mg/L de cal y de 150mg/L de soda.

Tratamiento de la muestra cruda B

Para la muestra B, se realizaron los siguientes análisis: fósforo reactivo, disuelto y total. La toma de muestras se realizó según lo establecido en Standard Methods (2005), recolectando muestras compuestas con muestreador automático (ISCO). Adicionalmente, se determinó las formas fósforo en el agua a tratar y su remoción con tratamiento físico-químico, utilizando coagulantes tales como, cloruro férrico y poli (cloruro de aluminio) (ver Figura 2). Para la realización de las prueba de jarras, se registró: tiempo de formación del floculo y de sedimentación del precipitado, índice de Wilcomb, prueba WRA y porcentaje de remoción de fósforo. También, se caracterizó el agua cruda y el sobrenadante resultante, considerando: conductividad, alcalinidad, dureza, pH, turbidez, fósforo total, DQO, nitrógeno total, hierro, aluminio, tiempo de sedimentación e índice de Wilcomb.

Figura 2: Representación esquemática del sistema de tratamiento químico con el uso de coagulantes.



Resultados

Resultados del tratamiento de la muestra cruda A

La Tabla 1 muestra las características físico-químicas del agua cruda A, determinándose el tipo de tratamiento para su adecuación. La relación DBO/DQO es 0,1 que implica el uso de un tratamiento físico-químico para lograr la adecuación (Metcaf y Eddy, 1996). El tratamiento a aplicar es un ablandamiento por precipitación química con cal-soda, por ser un agua muy dura (AWWA, 2002). La cal proporciona los iones hidróxidos y eleva el pH, el carbonato sódico proporciona los iones carbonato. En la Tabla 2 se presentan los resultados de las etapas coagulación-floculación y la dosis óptima de cal y soda para el tratamiento propuesto. En la Tabla 3 se presentan los resultados obtenidos de la secuencias de las etapas propuestas con su respectivo porcentaje de remoción.

**Tabla 1:** Caracterización físico-química de la muestra A de agua cruda.

Parámetros	Unidades	Muestra Cruda A
Alcalinidad	mgCaCO ₃ /L	499,47
Calcio	mg/L	50,18
Color	Pt-Co	56,17
Conductividad	µmhos/cm	1510,50
DBO ₅	mgDBO/L	6,63
DQO	mgDQO/L	91,57
Dureza cálcica	mgCaCO ₃ /L	146,98
Dureza magnésica	mgCaCO ₃ /L	299,20
Dureza total	mgCaCO ₃ /L	445,10
Magnesio	mg/L	95,87
pH	adim	8,95
Sólidos disueltos totales	mg/L	914,83
Sólidos suspendidos totales	mg/L	51,00
Sólidos totales	mg/L	965,83
Turbiedad	NTU	8,68

Tabla 2: Dosis óptima de coagulante-floculante y cal-soda, durante la etapa de coagulación-floculación-sedimentación y ablandamiento.

Tipo de coagulante	Poli(cloruro de aluminio)	Dosis de Cal (mg/L): 600	Muestra Cruda A Filtrada
Dosis (mg/L): 100		Dosis de soda (mh/L): 150	
Floculante (mg/L): 1			
Parámetro			
Color, Pt-Co	35	5	52
Conductividad, µmhos/cm	1750	-	1510
pH, adim	6,25	10,2	8,95
Sólidos disueltos totales, mg/L	1526	-	965
Sólidos suspendidos totales, mg/L	26	12	48
Sólidos totales, mg/L	1552	-	1013
Turbiedad, NTU	1,23	8,96	1,77
DBO, mgDBO/L	2	-	6,63
DQO, mgDQO/L	54	-	91,57

Tabla 3: Comportamiento del agua cruda A con el tratamiento cal-soda. Etapa 1: Filtración previa; Etapa 2: Coagulación-floculación-sedimentación; etapa 3: Ablandamiento con cal-soda-sedimentación; etapa 4: Filtración final.

Parámetros	Agua cruda	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Porcentaje de remoción
Alcalinidad, mgCaCO ₃ /L	499,47	459,34	368,23	321,3	192,78	61,3
Color, Pt-Co	50,18	35	31	5	-	96,4
Conductividad, µmhos/cm	1510	1788	1750	1822	1200	-
DBO ₅ mgDBO/L	6,63		-	-	-	-
DQO, mgDQO/L	91,57	-	-	-	-	-
Dureza cálcica, mgCaCO ₃ /L	146,98	415,56	411,63	91	415,56	-
Dureza magnésica, mgCaCO ₃ /L	299,20	-	-	2.665	-	-
Dureza total, mgCaCO ₃ /L	445,10	8,01	7,31	10,31	1,956	-
Magnesio, mgCaCO ₃ /L	95,87	965	753	1100	-	94,1
pH, adim	8,95	8,01	7,31	10,31	7,04	
Sólidos disueltos totales, mg/L	914,83	965	753	1100	560	
Sólidos suspendidos totales, mg/L	51	48	24	11	3	-
Sólidos totales, mg/L	965,83	1013	777	1111	563	-
Turbiedad, NTU		1,77	4,53			

Resultados del tratamiento de la muestra cruda

Para esta muestra se obtuvo que las concentraciones de fósforo total, reactivo y disuelto son: 8 ppm, 2 ppm y 7 ppm, respectivamente. Los porcentajes de fósforo asociado a sólido, con respecto al fósforo disuelto total, son de 80 % para el fósforo disuelto y 18 % para el fósforo sólido. Los porcentajes de fósforo reactivo, no reactivo y asociado a sólido, con respecto al fósforo total son: 25 % de orto-fosfato disuelto, 60 % de poli fosfato y fósforo orgánico disuelto y un 18 % de fósforo sólido disuelto. La dosis óptima de cloruro férrico resultó ser de 300 ppm, para un porcentaje de remoción del 90 %, observándose la factibilidad de remover orto-fosfato del agua cruda y por consiguiente, fósforo total. El tiempo de sedimentación es 7 min, el índice de Wilcomb en 6, indica que el floculo formado posee buen tamaño, para una concentración de fósforo de 0,20 ppm. Con el poli (cloruro de aluminio), la dosis óptima resultó de 350 ppm, para un porcentaje de remoción del 95 %, un tiempo de sedimentación de 3,5 min, índice de Wilcomb de 8 y una concentración final de fósforo de 0,29 ppm. En la Tabla 4 se presentan los resultados de la caracterización del sobrenadante de las pruebas de jarra con cloruro férrico y poli (cloruro de aluminio). La relación cloruro férrico por ppm de fósforo removido, se muestra en la Tabla 5.

**Tabla 4:** Caracterización de las pruebas de jarras a la dosis óptima de coagulante al sobrenadante.

Variable Característica	Calidad del agua		
	Sin tratamiento fisicoquímico	Tratamiento con FeCl ₃	Tratamiento con PAC
Conductividad (L) mS/cm	1539,00	1590,00	1567,00
Alcalinidad (Alc) ppm	700,00	600,00	650,00
Dureza Total (D _T) ppm	120,00	120,00	120,00
pH adim	8,27	7,40	8,00
Turbidez (T) NTU	2,77	16,89	0,30
Fósforo Total (P _T) ppm	45,15	0,20	0,29
Demanda Química de Oxígeno (DQO) ppm	53,44	53,44	53,44
Nitrógeno Total (N _T) ppm	3,10	2,30	3,10
Hierro (Fe _T) ppm	0,15	1,41	0,43
Variable Característica	Calidad del precipitado		
	Tratamiento con FeCl ₃	Tratamiento con PAC	
Tiempo de Sedim. (t _{SED}) min	7,50	4,50	
WRA-SS (%)	E-7,5	F-23	
Índice de Wilcomb	6	8	

Tabla 5: Comportamiento del tratamiento propuesto en la remoción de la concentración de fósforo total.

Fósforo Total Entrada (P _{TE}) ppm	Fósforo Total Salida (P _{TS}) ppm	Porcentaje de remoción %	Relación FeCl ₃ /P _{rem}
42,46	0,05	98,00	23,01
44,75	0,32	93,00	18,28
41,91	0,04	98,00	28,88
42,33	0,05	98,00	29,61
44,03	0,27	93,00	17,95
42,02	0,10	95,00	28,13
43,01	0,27	91,00	20,84
41,63	0,30	82,00	19,05
42,21	0,14	94,00	23,62

Discusión de Resultados

Aportes obtenidos del tratamiento de la muestra cruda A

Los resultados muestran una DQO de 91,57 mg(DQO/L), para una alta polución, producto de la degradación anaerobia por disminución en la concentración de oxígeno disuelto. Se tiene una conductividad de 1510,50 μ mhos/cm, indicando la presencia de iones en solución y sólidos disueltos totales (914,53 mg/L). El pH alcalino de 8,95 y alcalinidad de 499,47 mg CaCO₃/L, implica tendencia a formación de incrustaciones. La dureza total es 445,10 mg CaCO₃/L debido iones de calcio y magnesio con concentraciones de 50,18 mg/L y 95,87 mg/L respectivamente, siendo un agua muy dura, según Kiely (1999), cuya clasificación de dureza del agua se basa en 300 mg CaCO₃/L. Se reportan valores de color y turbidez de 56,17 Pt-Co y 8,68 NTU. El color es causado por minerales disueltos, tintes, ácidos húmicos de las plantas, mientras que la turbidez es por presencia de materia particulada y suspendida como

algas, lodos, arcillas; así como el efecto de la materia disuelta. (Kiely, 1999).

La mezcla de coagulante-floculante con los mejores resultados se consigue con el poli (cloruro de aluminio), con dosis de 100 mg/L y 1 mg/L para el floculante, obteniéndose la eliminación de algas y la reducción de los sólidos suspendidos totales de 48 mg/L a 26mg/L, una reducción del color de 52 Pt-Co a 35 Pt-Co. Se observan reducciones en la DBO, DQO y turbiedad. La prueba con cal se inicia con pequeñas dosis: 50, 200, 600 y 800 mg/L de cal, con 150 mg/L de soda. Para estas muestras se obtienen valores de: 430 mgCaCO₃/L, 390 mgCaCO₃/L, 91 mgCaCO₃/L y 256 mgCaCO₃/L, respectivamente. Se concluye que la dosis más adecuada de cal es 600 mg/L (12 mL de la solución preparada al 5%) y 150mg/L de soda (3mL de la solución preparada al 5%), observándose formación de floculos y un sobrenadante claro, con una reducción de dureza total de 445 mgCaCO₃/L hasta 91 mgCaCO₃/L; así como, la reducción del color de 56,17 unidades de Pt-Co hasta 5 unidades de Pt-Co (ver Tabla 3); garantizado un suministro seguro a la planta potabilizadora. Con el tratamiento de ablandamiento por precipitación con cal-soda, se procura la eliminación de la dureza temporal y permanente. Los lodos húmedos generados no son tóxicos al ambiente y actualmente, presentan utilidad como fertilizante.

Aportes obtenidos del tratamiento de la muestra cruda B

Para evidenciar el comportamiento del fósforo, se determinaron las fracciones disueltas de fósforo reactivo (orto-fosfato), fósforo no reactivo (poli fosfatos) y fósforo orgánico. Se obtuvo un gran porcentaje de fósforo no reactivo por la presencia de compuestos químicos y biocidas existentes en el agua cruda. Además, existe una conversión del fósforo complejo (poli fosfatos y fósforo orgánico) a la forma reactiva (orto-fosfato), por la digestión ácida que experimenta el agua cruda. La concentración de fósforo reactivo es máxima: el 60 % del fósforo total es fósforo reactivo por el consumo de fósforo de los microorganismos existentes, el cual se produce por la conversión del fósforo complejo a orto-fosfato, almacenándose en sus células para luego reconvertirse en poli fosfato. Por tanto, se propone la adición de sales metálicas para remover el fósforo reactivo (orto-fosfato). Con las pruebas de jarra con cloruro férrico, se obtiene que el coagulante es capaz de remover orto-fosfato. Sin embargo, por la clarificación que experimenta el agua, se desestabilizan sólidos coloidales y sedimentan por efectos físicos y no químicos.

La conductividad aumenta con la adición de coagulantes, por la carga catiónica que poseen los mismos, (Arboleda, 2000). La alcalinidad disminuye por la precipitación de carbonatos presentes en el agua; el cloruro férrico posee ventajas de tratamiento



sobre el poli (cloruro de aluminio) y de igual manera, se observan las propiedades que posee el PAC como clarificante. Entre otras ventajas del cloruro férrico, se registró que es capaz de remover nitrógeno. El tratamiento para remoción de fósforo es capaz de reducir hasta en un 98 % la concentración de fósforo en el agua cruda. La relación cloruro férrico por ppm de fósforo removido, oscila entre 18 y 30 ppm, que depende de la concentración de fósforo total, ya que la concentración del mismo es dependiente del consumo de orto-fosfatos. Por ello, para altas concentraciones de fósforo total ($2 < P_{total} < 5$) el porcentaje de orto-fosfato aumenta de 60 % hasta 95 %, ya que el consumo del nutriente es deficiente. Considerando que el reactivo límite es el orto-fosfato en presencia del $FeCl_3$, a medida que disminuye la cantidad de fósforo reactivo disponible, la producción de fosfato férrico requiere un exceso de cloruro férrico para compensar reacciones colaterales y mantener la tasa de reacción constante (Arboleda, 2000). Por tanto, cuando la misma cantidad de coagulante se encuentra en presencia de orto-fosfato en exceso (95 %), la conversión es completa debido a que las reacciones colaterales son casi nulas. Este análisis es importante para el proceso propuesto ya que, a mayor concentración de fósforo en el punto de aplicación del coagulante, más favorecida se ve la reacción de remoción del nutriente. Desde otro punto de vista, a medida que la concentración de fósforo es menor a uno, la cantidad de coagulante para remover 1 ppm del nutriente tiende a infinito, lo que hace aun más atractivo el uso de un tratamiento fisicoquímico. Se concluye que el 60 % del fósforo presente en el agua superficial es fósforo reactivo, el tratamiento propuesto es capaz de reducir hasta un 98 % de la concentración de fósforo total del agua superficial a planta potabilizadora. La relación de coagulante por fósforo removido aumenta a medida que disminuye la concentración de fósforo entrante.

Agradecimientos

Al personal de Ministerio del Poder Popular para el Ambiente y al apoyo institucional para las caracterizaciones físico-químicas requeridas de distintos laboratorios de calidad ambiental certificados existentes en nuestro país.

Referencias

- APHA, AWWA, WPCF. (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association. (20th. ed.). USA.
- Arboleda J. (2000). Teoría y práctica de la purificación del agua. McGraw-Hill. (3ra. ed.). Colombia.

- COVENIN 2709 (2002). Aguas naturales, industriales y residuales. Guía para las técnicas de muestreo. 1era revisión. 1-2.
- Florián, Miguel. (2009). Determinación y cuantificación de metales en agua potable y agua embotellada disponibles. Trabajo Especial de Grado en Maestro en Ciencias. Puerto Rico.
- Kiely, G. (2001). Ingeniería Ambiental fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. McGraw-Hill. (1a. ed.). España.
- Metcalf & Eddy, Inc. (1996). Wastewater Engineering Treatment, Disposal, Reuse. McGraw-Hill. (2da. ed.). Boston. USA.
- Méndez, C., Metodología, Diseño y Desarrollo del Proceso de Investigación, 3era edición, 133-162, Mc.Graw Hill, Bogotá, Colombia, (2003).
- Standard Methods (2005). Examination of water and wastewater.
- Peralta, J; Sun Kou, María del Rosario; Bendejú, Salvador. (2008). Preparation, characterization of activated Carbons with koh and h po and application in Cd(II) Adsorption. Revista Sociedad Química. Perú. Volumen 4, N° 74. pp. 220-232.
- Reyes, R; De Abreu, A; Alvarado, O, Domínguez, J. (2006). Metales pesados en plantas provenientes de áreas afectadas por la minería aurífera en la reserva forestal Imataca, Venezuela Revista Universidad Ciencia y Tecnología. Volumen 10, N° 41. pp. 259-262.
- Sarmiento, A; Rojas, M; Medina, E ; Oliveta, C; Casanova, J. (2003). Investigación de trihalometanos en agua potable del Estado Carabobo, Venezuela Gaceta Sanitaria. 2003. Volumen 17. N°2. Pp. 137-43.
- Otero, I: VII. El caso de Venezuela. (2006). CEPAL – SERIE Manuales. N° 18. pp. 297-314.



Tendencias analíticas actuales para la caracterización de polifenoles en granos de cacao

Lisbeth Manganiello^{1*}, María Rodríguez^{2*}, Aleyda Montañez¹, Ángel Rios³, Viky Mujica²

¹Centro de Investigaciones de Química

²Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo

³Departamento de Química Analítica y Tecnología de los Alimentos, Facultad de Química,

Universidad de Castilla-La Mancha, España.

lmanganiello@uc.edu.ve; mcr63@yahoo.com

Resumen

Los polifenoles - flavonoides se han convertido en un foco de interés debido a que presentan efectos beneficiosos para la salud, tales como: anti-cancerígenos, anti-inflamatorios, prevención de la aterosclerosis, protección contra las enfermedades cardiovasculares, etc. Para la realización de esta investigación se realizó una exhaustiva revisión de los métodos de detección para polifenoles - flavonoides. Este trabajo ilustra la creciente necesidad de técnicas de detección con alta sensibilidad y precisión para la determinación de polifenoles - flavonoides en los granos de cacao y sus derivados.

Palabras clave: polifenoles, flavonoides, granos de cacao, métodos de detección.

Current analytical trends for accurate measurements of polyphenols in cocoa bean

Abstract

The polyphenols – flavonoids have become an intense focus of interest because of their health – beneficial effects, such as anti-carcinogenic, anti-inflammatory, prevention of the atherosclerosis, protective against cardiovascular diseases, etc. An exhaustive revision of methods of polyphenols-flavonoids detection in the literature was carried out. This article illustrates the increasing need for fast highly sensitive detection methods for accurate measurements of polyphenols – flavonoids in cocoa bean and cocoa products matrices.

Key words: polyphenols; flavonoids; cacao grain and methods of determination.

Introducción

La evidencia derivada de estudios clínicos donde los flavonoides contenidos en los granos de cacao, podrían tener un efecto protector contra las enfermedades cardiovasculares^(1,2). Los estudios sugieren que el contenido de flavonoides en el chocolate, podrían reducir el riesgo de mortalidad por problemas cardiovasculares^(3,4). Algunas variedades de cacao pueden ser ricos en una subclase de flavonoides conocidos como flavonoles, estos compuestos poseen un alto potencial anti-inflamatorio, propiedad importante para la salud cardiovascular⁽⁵⁾. El cacao y sus derivados, son una fuente importante de polifenoles (flavonoles); entre los compuestos fenólicos más importantes se encuentran: la epicatequina, catequina y proantocianidina. Los niveles más altos de polifenoles los podemos encontrar en las manzanas, cebollas, o el vino (6). Sin embargo, en estudios recientes se ha demostrado que el cacao contiene niveles más altos de polifenoles totales que el té negro, té verde y vino tinto (7).

Los polifenoles del cacao, las catequinas y proantocianidinas han atraído el interés debido a sus posibles efectos en la baja - lipoproteínas de baja densidad (LDL) oxidabilidad y la prevención de la aterosclerosis (8-9). Las catequinas del cacao muestran alta biodisponibilidad, aproximadamente entre 25 a 30% de la ingesta. La ingesta de productos de cacao puede proporcionar un efecto antioxidante ⁽¹⁰⁻¹²⁾. Estos polifenoles tienen una potente

actividad antioxidante tras el consumo de cacao⁽¹³⁾. G. Soleasa⁽¹⁴⁾ estudió la (+)-catequina, esta se trata de un flavonoide 3-ol (2 -[3,4-dihidroxifenil]-3,4-dihidro-2H-1-benzopirano-3,5,7-triol), abundante en frutas y verduras, y una familia de congéneres relacionados son los polifenoles del té verde, que está ganando reconocimiento como una bebida con un potencial contra el cáncer.

La (+)-catequina es eficaz en el bloqueo del crecimiento de líneas celulares humanas procedentes de los cánceres de la próstata^(8,14) y mama⁽¹¹⁾, así como la inhibición de la carcinogénesis inducida por el tabaco en hepatocitos de rata. Su capacidad para prevenir el inicio del cáncer, recibe un fuerte apoyo de una reciente investigación en la que se suprime en un 75% la aparición de tumores intestinales en ratones portadores de un defecto de la línea germinal, causantes de las lesiones que surgen espontáneamente.

El desarrollo de nuevos métodos para la separación selectiva, la concentración, purificación y determinación de los polifenoles, en particular los grupos de fenoles que están presentes en el cacao: catequinas (alrededor del 25%), antocianinas (alrededor del 3%), leucoantocianidinas (alrededor de 38,5%) (15), es un problema difícil. Con este fin, se llevó a cabo esta revisión actualizada de la literatura para proporcionar la determinación de polifenoles en varios tipos de muestras, con el fin de elegir las mejores alternativas para su



aplicación en la determinación de los polifenoles en los granos de cacao. La fuente de este trabajo de revisión se debió, principalmente, a base de datos de resúmenes analíticos desde el año 1997.

Análisis y disertación

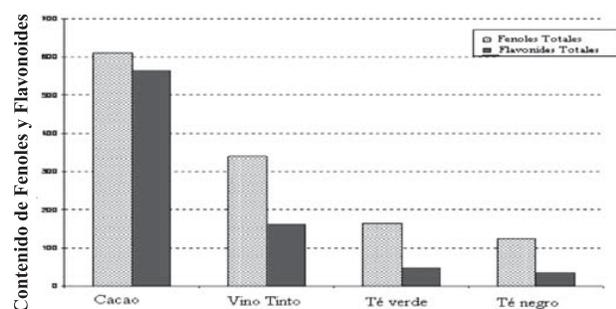
Distribución de los polifenoles - flavonoides en matrices de alimentos

La Tabla 1, muestra que los productos de cacao tienen más polifenoles (catequinas y epicatequina) que el té y el vino tinto. También, los contenidos de las concentraciones de los compuestos fenólicos y flavonoides totales fueron investigados por K. W. Lee y et al.⁽⁷⁾ en el té verde y negro, vino tinto y polvo de cacao comercial. La Figura 1, muestra que el cacao contiene mayor nivel de fenoles totales y flavonoides, por porción, que el té negro, el té verde y el vino tinto.

Tabla 1: Concentración de Catequina y epicatequina en alimentos⁽⁶⁻¹²⁾.

Alimento (100g)	Flavon-3-ols (mg)
	Catequina y epicatequina
Vino Tinto	11.9
Manzana con piel	9.09
Te Negro	3.85
Te Verde	11.2
Chocolate Negro	53.5
Chocolate de leche	13.3

Figura 1: Comparación del contenido total de fenoles y flavonoides en varios alimentos, expresada en mg equivalentes a ácido gálico y miligramos de equivalentes, respectivamente⁽⁶⁻¹²⁾.



Además, es importante estudiar el origen del cacao, ya que la composición de (-)-epicatequina y (+)-catequina varía dependiendo de la ubicación geográfica. Caligiani y et al. (16) y Gotti y et al. (17) analizaron los compuestos quirales en el grano de cacao de diferentes países de origen (Ecuador, Ghana, Trinidad, Camerún y Venezuela). En la Tabla 2, se muestran estos resultados. Por lo tanto, la calidad para los granos de cacao y productos relacionados, dependen del origen geográfico.

Tabla 2: Cantidad de (-)-epicatequina y (+)-catequina en granos de cacao para diferentes países⁽¹⁶⁻¹⁷⁾

	(-)-epicatequina (mg/g)	(+)-catequina (mg/g)
Ecuador	5.71	0.23
Ghana	4.05	0.15
Trinidad	1.24	0.08
Camerun	5.70	0.14
Venezuela	4.10	0.06

Métodos de determinación de polifenoles - flavonoides

En esta sección, se estudian diferentes técnicas de análisis para la determinación de polifenoles en el cacao y sus derivados y la determinación de los principales flavonoides presentes. En la Tabla 3 se resumen las principales técnicas aplicadas en la determinación de polifenoles totales, (+)-catequina y (-)-epicatequina, antocianinas. Las técnicas de cromatografía líquida de alto rendimiento - HPLC se emplean más, en comparación con otras técnicas; se eligen diversos tipos de detectores (red de diodos (DAD), de fila de fotodiodos (PAD), de masas (MS)), de acuerdo con la sensibilidad y la selectividad del método^(19, 22-27), esta comparación se muestran en la figura 2.

Tabla 3: Resumen de las técnicas de análisis de los polifenoles del cacao y productos del cacao.

Técnicas	Matriz	Analiza	Familia de Componentes	Referencia
Cromatografía micelar electrocinética (MEKC) *	Theobroma granos de cacao	(+)-catequina and (-)-epicatequina (monomer catequina) teobromina metilxantina	Polifenoles Xantinas	(17)2006
Folin - Ciocalteu	Granos de cacao	Fenolico Total	Fenolico Total	(21)2007
HPLC - DAD Folin - Ciocalteu	Hojas de cacao	Epicatequina, catequina, ácido gálico	Polifenoles	(22)2004
HPLC/ MS	Semillas de cacao	Fenolico Total procianidinas	Polifenoles	(23)1999
HPLC - Detector de fotodiodo array (PDA)	Semillas de cacao	Epicatequina, catequina, polifenoles totales, cianidina	Polifenoles	(24)2006
HPLC - NMR espectro	Licor de cacao	Catequina, epicatequina	Polifenoles	(25)1998
GC - MS	Granos de cacao	(+)Catequina, (-) epicatequina	Polifenoles	(16)2007
HPLC - Detector de Fotodiodo array	Polvo de Cacao	(-) epicatequina	Polifenoles	(26)2005
HPLC - UV HPLC/MS Método azul de Prusia	Licor de cacao	Catequina, epicatequina, procyanidimB ₂ , procyanidimC ₁ , polifenoles totales	Polifenoles	(27)2000
Quiral de electroforesis capilar (CCE)	Granos secos de cacao	(+)Catequina, (-)Catequina, (-) epicatequina	Polifenoles	(28)2007

Determinación de polifenoles - La figura 3 indica la distribución de los métodos que se aplican a la determinación de cada grupo de análisis. El uso de HPLC (incluyendo HPLC-DAD, HPLC-MS y HPLC-PAD) encabeza la lista en el uso de estas técnicas para la identificación y separación de (+)-catequina y (-)



epicatequina. La electroforesis capilar, con detección UV, se utiliza como la otra opción de éxito para la separación y determinación de compuestos quirales, tales como (+) taninos y (-) epicatequina y compuestos flavonoides. Las técnicas espectrofotométricas son utilizadas por un buen número de trabajadores para la determinación de polifenoles totales. El reactivo Folin-Ciocalteu es el más utilizado para esta determinación (18, 29, 31, 33, 35, 44, 52). Los sensores también se han aplicado para la identificación y cuantificación de algunos flavonoides. Otros, como las técnicas de espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier (FTIR) y Laser-fluorescencia inducida por la inyección de flujo con detección UV, tienen menos usuarios.

Figura 2: Técnicas analíticas para determinar el total de polifenoles y los principales flavonoides en cacao y sus derivados (67, 71, 81, 82).

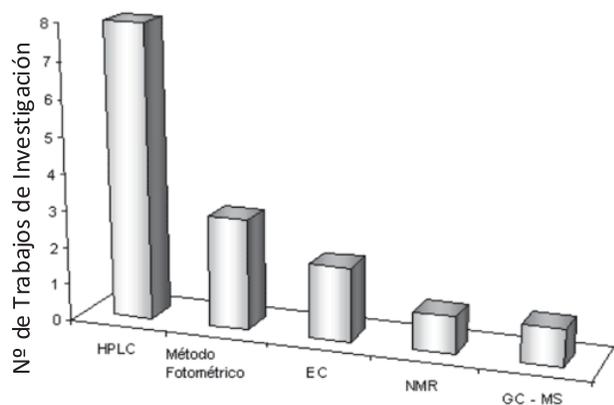
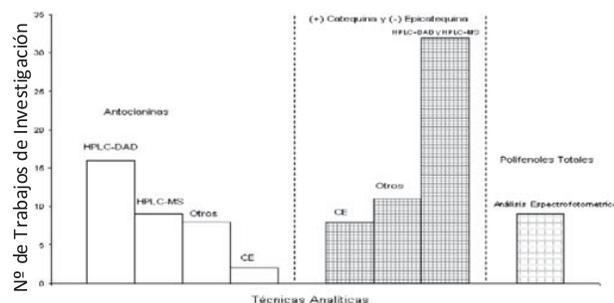


Figura 3: Número de Trabajos acerca de determinación de polifenoles totales y flavonoides en el té, vinos, frutas, vegetales como una función de la técnica analítica empleada (18, 29, 31, 33, 35, 44, 52).



Cromatografía líquida de alto rendimiento HPLC

Hoy en día, los métodos de HPLC se utilizan con frecuencia para este fin debido su sensibilidad y su selectividad, lo cual va depender de los diferentes detectores con los que se acoplan: HPLC-DAD, HPLC-MS, HPLC-PDA, HPLC-UV y HPLC-CE (EC, detección basada en electroforesis capilar). Sin duda, HPLC-MS ofrece las mejores características en términos de sensibilidad. Determinación de catequinas y antocianinas mediante HPLC-MS se han reportado en frutas, verduras, frijoles, legumbres, té, plasma y orina humana (32-36, 45, 48, 49,

51, 54, 79, 83). En el caso del cacao, HPLC-MS se ha utilizado en la determinación de las procianidinas de las semillas de cacao y licor de cacao (23,27). La determinación de polifenoles mediante HPLC-DAD, HPLC-UV y HPLC-PDA, son las principales aplicaciones. Las matrices principales son el vino (40-46, 62, 65, 69, 86, 87, 91, 92) y el té (38, 68, 72, 78, 83, 84, 88, 94-97, 98, 100, 104 y 107). Los análisis estudiados fueron (+)-catequina, (-)-epicatequina y antocianinas, y sus aplicaciones en el cacao y sus derivados por diversos autores (19, 22, 24, 26, 27). HPLC-CE y cromatografía líquida con detección de fluorescencia y quimioluminiscencia, son técnicas también empleadas. Se pueden encontrar en la literatura la determinación de catequinas relacionados ((+)- catequina y (-)-epicatequina) en el vino, el té y el plasma humano (39, 53, 58-61, 70-73, 75, 77, 78, 85, 87, 92, 93, 99).

Electroforesis Capilar – CE

La electroforesis capilar se presenta como una excelente alternativa para la determinación de polifenoles y flavonoides. Las principales aplicaciones son la determinación de catequinas ((+)-catequina, (-)-epicatequina, (-)-epigallocatequina y otros compuestos), en las muestras de vinos y té (29, 50, 66, 74, 76, 94, 101-105, 108). Además, otros autores han informado de una solicitud de fijación de catequinas en las frutas, material vegetal y de plasma humano (30, 57, 80). La separación enantiomérica de catequina y epicatequina en cacao y sus productos, por electroforesis capilar quiral, fue realizado por Kofink, Papagiannopoulos y Galensa (28); en este trabajo, se determinó (+)-catequina y (-) epicatequina en grano de cacao sin tostar. En los granos de cacao tostado se encontró un nuevo compuesto, otros flavan-3-ol, (-) catequina (producto del proceso de tostado). La metodología fue útil para la separación e identificación. Este hecho fue reportado también por Gotti y et al (17). Estos investigadores trabajaron con el cacao en grano de diferentes países y encontraron que la (-) catequina presente, se produce probablemente por epimerización de (-) epicatequina producida durante el proceso de fabricación. La detección utilizada en ambos estudios fue UV.

Análisis Espectrofotométrico

El análisis espectrofotométrico se ha utilizado para la determinación de polifenoles totales en los frutos, los vinos de té y zumo de naranja. Folin-Ciocalteu es el principal método empleado (18, 29, 31, 33, 35, 44, 52). Othman et al. (21) determinó polifenoles totales en granos de cacao por este método. También, se menciona este tipo de análisis mediante el empleo de otros métodos espectrofotométricos (34,47). Los métodos para la determinación de polifenoles totales se utilizan como paso previo a las determinaciones de la catequina y compuestos de antocianinas por HPLC - DAD o CE - UV. Se han desarrollado trabajos para la determinación de polifenoles totales y la determinación

de catequina o antocianinas mediante HPLC o CE con detección de DAD en el té, las frutas y las muestras de bebidas^(31, 33-35). En las hojas de cacao⁽²²⁾ y el licor de cacao⁽²⁷⁾ también se han aplicado estas metodologías.

Otras técnicas de análisis

Otras técnicas menos utilizadas de análisis se mencionan a continuación para la determinación de polifenoles - flavonoides en el cacao. *Detección de gases cromatografía de masas con sistemas de detección - GC-MS*, Caligiani et al.⁽¹⁶⁾ desarrolló un método GC-MS para la determinación (+)-catequina, (-)-epicatequina del cacao en grano de diferentes países. Sensores: Varios autores han reportado el uso de sensores de pasta de carbono modificados, para la determinación de la catequina y la epicatequina con detección amperométrica^(37, 63, 64, 106, 110) en el té, material vegetal y cervezas. Estos métodos no han sido probados en productos de cacao y granos de cacao. *Espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier-FTIR*: esta técnica se aplicó recientemente a la determinación de las antocianinas en el vino tinto⁽³⁶⁾. *Análisis por inyección en flujo - FIA con detección UV*: se utilizó en la determinación total de las catequinas y procianidinas total en vinos blancos y tintos⁽¹⁰¹⁾. El método no reporta aplicaciones en productos derivados de cacao y granos de cacao.

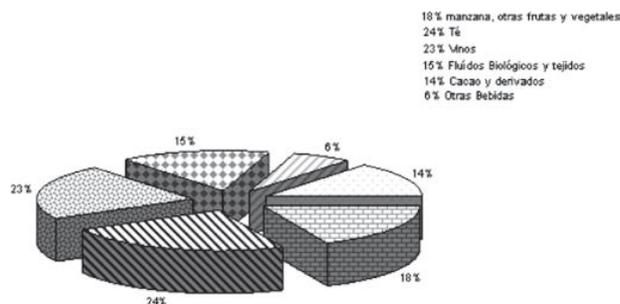
Tendencias analíticas en la determinación de polifenoles-flavonoides

La Figura 4, muestra los trabajos de investigación realizados en la determinación de fenoles totales y flavonoides para diferentes matrices (expresado en porcentaje). Las aplicaciones más importantes son los tés y los vinos, en 24% y 25%, respectivamente. Para productos de cacao en un 14%, porcentaje menor que el reportado para los vinos y tés. Sin embargo, investigaciones recientes en el campo de la medicina demuestran que el cacao es una fuente importante de flavonoides catequinas ((+)-, (-)-epicatequina) y polifenoles totales, a niveles mucho más altos que el té negro, té verde y vino tinto⁽⁷⁾. De acuerdo con esto, el desarrollo de nuevas metodologías analíticas es necesario para la determinación de compuestos flavonoides que son beneficiosos para la salud⁽¹⁰⁹⁻¹¹¹⁾.

El diseño de los métodos, debe contemplar un tratamiento adecuado de la muestra y elección de una buena técnica de separación y de detección (sensible y selectiva) para la determinación de polifenoles - flavonoides en el grano de cacao y sus derivados. HPLC y CE con detección UV son herramientas útiles en la separación de los compuestos enantioméricos. El análisis de polifenoles totales, es un parámetro de calidad previo que se establece para los productos que se van evaluar⁽¹¹²⁾. El desarrollo, *en línea*, de técnicas acopladas para la determinación previa de polifenoles totales

y posteriormente, discriminación de los compuestos presentes mediante las técnicas altamente sensibles y selectivas, se hace posible con el uso de una interfaz (diseño FIA) entre la extracción y el sistema de detección^(20, 113).

Figura 4: Trabajos de investigación realizados en la determinación de fenoles totales y flavonoides en diferentes matrices (expresado en porcentaje)^(55-56, 89-90)



Conclusiones

La importancia de los polifenoles - flavonoides promete tener efectos protectores para la salud humana (anti-cancerígenos, anti-inflamatorios, vasodilatación, etc.). Los procedimientos típicos para el tratamiento de la muestra en los granos de cacao, productos de cacao son similares a los usados en varias matrices, como los vinos, tés, fluidos biológicos, órganos tejidos, frutas, bebidas, y material vegetal. Las técnicas utilizadas en la detección y separación, más útiles, son HPLC - DAD, HPLC - MS, CE-UV y el análisis de espectrometría para la determinación de los polifenoles totales. Una vía importante en el futuro próximo de los polifenoles-flavonoides en el cacao en grano y sus derivados, es la metodologías de diseño, con mayor énfasis en las técnicas de acoplamiento en línea para la determinación de polifenoles totales, con el objetivo de controlar la calidad de los granos de cacao provenientes de diferentes países de origen. Las técnicas de acoplamiento en línea podrían ser aplicadas satisfactoriamente entre el sistema de extracción y sistema de detección.

Referencias

- (1) D. Grassi, G. Desideri, G. Grose, G. Lippi, C. Ferri, P. Pasqualetti, *Agro Food Industry Hi - Tech*. 17 (1, suppl.) (2006) XIII.
- (2) M. Engler, M. M. Engler, *Nutrition Research*. 24 (2004) 695.
- (3) J. Ottaviani, C. Keen, C. Fraga, *Agro Food Industry Hi - Tech*. 17 (1, suppl.) (2006) IX.
- (4) E. Ding, S. Hutfless, X. Ding, S. Girotra, *Nutrition & Metabolism*, 3:2 (2006) 1186.
- (5) C. Selmi, T.K. Mao, C. Keen, H. Schmitz, E. Gershwin, *Journal of cardiovascular pharmacology* 47 (2006) 163.



- (6) R. Lamuela, A. Romero, C. Andrés, A. Tornero, *Food Science and Technology International* 11 (2005) 159.
- (7) K. W. Lee, Y.J. Kim, H.J. Lee, C.Y. Lee, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51 (2003) 7292.
- (8) F. Steinberg, M. Bearden, C. Keen, *Journal of the American Dietetic Association* 103 (2003) 215.
- (9) N. Osakabe, *J. Clin. Biochem. Nutr.* 37 (2005) 67.
- (10) K. Heim, A. Tagliaferro, D. Bobilya. *The Journal of Nutritional Biochemistry* 13, (2002) 572.
- (11) N. Osakabe, A. Yasuda, M. Natsume, T. Takizawa, J. Terao, K. Kondo, *Exp. Biol. Med.* 227(1) (2002) 51.
- (12) J. Mursu, S. Voutilainen, T. Nurmi, T. Rissanen, J. Virtanen, J. Kaikkonen. K. Nyyssonen, J. Salonen, *Free Radical Biology & Medicine* 37 (2004) 1351.
- (13) C. Keen, *Journal of the American College of Nutrition* 20 (5 Suppl) (2001) 436.
- (14) G. Soleasa, L. Grass, P. Josephy, D. Goldberg, E. Diamandis, *Clinical Biochemistry* 35 (2002) 119.
- (15) H. Berlitz, W. Grosch, *Food Chemistry*, second edition, Springer, Berlin, Germany 1999, pp 897 – 904.
- (16) A. Caligiani, M. Cirlini G. Palla, R. Ravaglia, M. Arlorio, *Chirality* 19 (2007) 329.
- (17) R. Gotti, S. Furlanetto, S. Pinzauti, V. Cavrini, *Journal Chromatography A* 1112 (2006) 345.
- (18) L. Sarmiento, R. Machado, J. Petrus, T. Tamanini, A. Bolzan. *The Journal of Supercritical Fluids*, 45, (2008) 64.
- (19) K. Cooper, E Campos, D. Jiménez Alvarez, K. Nagy, J. Donovan, G. Williamson, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55 (2007) 2841.
- (20) M. Papagiannopoulos, A. Mellenthin, *Journal Chromatography A* 976 (2002) 345.
- (21) A. Othman, A. Ismail, N. Ghani, I. Adenan, *Food Chemistry* 100 (2007) 1523
- (22) H. Osman, R. Nasarudin, S.L. Lee, *Food Chemistry* 86 (2004) 41.
- (23) J. Hammerstone, S. Lazarus, A. Mitchell, R. Rucker, H. Schmitz, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47 (1999) 490.
- (24) N. Niemenak, C. Rohsius, S. Elwers, D. Omokolo Ndoumou, R. Lieberei, *Journal of Food Composition and Analysis*, 19 (2006) 612.
- (25) C. Sanbongi, N. Osakabe, M. Natsume, T. Takizawa S. Gomi, T. Osawa, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46 (1998) 454.
- (26) E. Roura, C. Andrés-Lacueva, O. Jauregui, E. Badia, R. Estruch, M. Izquierdo, R. Lamuela-Raventós, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (2005) 6190.
- (27) M. Natsume, N. Osakabe, M. Yamagishi, T. Tarizawa, T. Nakamura, H. Miyatake, T. Hatano, T. Yoshida, *Biosci. Biotechnol. Biochem* 64 (2000) 2581.
- (28) M. Kofink, M. Papagiannopoulos, R. Galensa, *Molecules* 12 (2007) 1274.
- (29) M. Almajano, R. Carbó, J. López Jiménez, M. Gordon, *Food Chemistry* 108 (2008) 55.
- (30) D. El-Hady, N. Abo El-Maali, *Talanta* 76 (2008) 138.
- (31) V. Amico, R. Chillemi, S. Mangiafico, C. Spatafora, C. Tringali, *Bioresource Technology* 99 (2008) 5960.
- (32) V. Vera, S. Hillebrand, E. Cuevas, F. Bobbio, P. Winterhalter, A. Mercadante, *Journal of Food Composition and Analysis* 21 (2008) 291.
- (33) M. da Silva Pinto, F. Lajolo, M. Genovese, *Food Chemistry* 107 (2008) 1629.
- (34) H. Kelebek, A. Canbas, S. Selli, *Food Chemistry* 107 (2008) 1710.
- (35) V. Lohachoompol, M. Mulholland, G. Srzednicki, J. Craske, *Food Chemistry*, In Press, Corrected Proof, Available online 29 March (2008).
- (36) R. Lo Scalzo, A. Genna, F. Branca, M. Chedin, H. Chassaing, *Food Chemistry* 107 (2008) 136.
- (37) D. El-Hady, *Analytica Chemical* 593 (2007) 178.
- (38) H. Yu, S. Shen, J. Yin, *Food and Chemical Toxicology*, 45 (2007) 244.
- (39) O. Gürbüz, D. Göçmen, F. Dagdelen, M. Gürsoy, S. Aydin, İ. Şahin, L. Büyükuysal, M. Usta, *Food Chemistry* 100 (2007) 518.
- (40) T. Lafka, V. Sinanoglou, E. Lazos, *Food Chemistry* 104 (2007) 1206.
- (41) M. García, C. Pérez, E. Martínez, J. Simal, *Food Chemistry* 105(2007) 248.
- (42) D. von Baer, M. Rentzsch, M.A. Hirschfeld, C. Mardones, C. Vergara, P. Winterhalter, *Analytica Chemical Act*, In Press, Corrected Proof, Available online 24 November (2007).
- (43) A. Lai, E. Santangelo, G.P. Soressi, R. Fantoni, *Postharvest Biology and Technology* 43 (2007) 335.
- (44) H. Hülya Orak, *Scientia Horticulturae* 111 (2007) 235.
- (45) E. Sousa, Manuela C. Pessanha, L. Lin, J. Harnly, *Food Chemistry* 105 (2007) 1112.
- (46) A. Soriano, P.M. Pérez, A. Vicario, J.M. González, M.S. Pérez, *Food Chemistry* 104 (2007) 1295.
- (47) M. Cliff, M. King, J. Schlosser, *Food Research International* 40 (2007) 92.
- (48) P. Montoro, C. Tuberoso, A. Perrone, S. Piacente, P. Cabras, C. Pizza, *Journal of Chromatography A* 1112 (2006) 232.
- (49) G. Macz, J. Rivas, J. Pérez, A. González, *Food Chemistry* 94 (2006) 448.



- (50) D. Weiss, E. Austria, C. Anderton, R. Hompesch, A. Jander, *Journal of Chromatography A* 1117 (2006) 103.
- (51) Y. Masukawa, Y. Matsui, N. Shimizu, N. Kondou, H. Endou, M. Kuzukawa, T. Hase, *Journal of Chromatography B* 834 (2006) 26.
- (52) M. Monagas, C. Gómez, B. Bartolomé, *Food Chemistry* 95 (2006) 405.
- (53) H. Kodamatani, H. Shimizu, K. Saito, S. Yamazaki, Y. Tanaka, *Journal of Chromatography A* 1102 (2006) 200.
- (54) Q. Tian, M. Giusti, G. Stoner, S. Schwartz, *Journal of Chromatography A*, 1091 (2005) 72.
- (55) S. Kallithraka, A. Azeem Mohdaly, D. Makris, P. Kefalas, *Journal of Food Composition and Analysis*, 18 (2005) 375.
- (56) R. Alonso, A. Barranco, E. Corta, L. Berrueta, B. Gallo, F. Vicente *Talanta* 65 (2005) 654.
- (57) Y. Peng, F. Liu, Y. Peng, J. Ye, *Food Chemistry* 92 (2005) 169.
- (58) S. Tsanova, F. Ribarova, M. Gerova *Journal of Food Composition and Analysis*, 18 (2005) 691.
- (59) M. Prodanov, J. Domínguez, I. Blázquez, M. Salinas, G. Alonso, *Food Chemistry*, 90 (2005) 585.
- (60) J. Wu, H. Wang, L. Fu, Z. Chen, J. Jiang, G. Shen, R. Yu *Talanta* 65 (2005) 511.
- (61) L. Soares, A. Oliveira, G. González, P. Petrovick, *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 36 (2004) 787.
- (62) Z. Kerem, B. Bravdo, O. Shoseyov, Y. Tugendhaft, *Journal of Chromatography A* 1052 (2004) 211.
- (63) A. Jarosz, T. Ruzgas, L. Gorton, *Enzyme and Microbial Technology* 35 (2004) 238.
- (64) P. Mailley, E. Cummings, S. Mailley, S. Cosnier, B. Eggins, E. McAdams, *Bioelectrochemistry* 63 (2004) 291.
- (65) A. de Villiers, G. Vanhoenacker, P. Majek, P. Sandra, *Journal of Chromatography* 1054 (2004) 195.
- (66) R. Sáenz, P. Fernández, M. Tena, *Journal of Chromatography A*, 1052 (2004) 191.
- (67) K. On Chu, Ch. Wang, Ch. Chu, M. Scott, K. Choy, Ch. Pang, *Journal of Chromatography B* 810, (2004) 187.
- (68) E. Nishitani, Y. Sagesaka, *Journal of Food Composition and Analysis*, 17 (2004) 675.
- (69) M. del Álamo, L. Casado, V. Hernández, J. Jiménez, *Journal of Chromatography A* 1049 (2004) 97.
- (70) K. On Chu, Ch. Wang, M. Rogers, K. Choy, Ch. Pang, *Analytica Chemical Act* 510 (2004) 69.
- (71) L. Lin, L. Hung, T. Tsai, *Journal of Chromatography* 1032 (2004) 125
- (72) Z. Piñeiro, M. Palma, C. Barroso, *Journal of Chromatography A* 1026 (2004) 19.
- (73) J. Luybaert, M. Zhang, D. Massart, *Analytica Chemical Act* 478 (2003) 303.
- (74) R. Sáenz, P. Fernández, M. Tena, *Journal of Chromatography A* 990 (2003) 247.
- (75) H. Wang, G. Provan, K. Helliwell *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 33 (2003) 539.
- (76) D. Weiss, C. Anderton, *Journal of Chromatography A* 1011 (2003) 173.
- (77) A. Kotani, N. Miyashita, F. Kusu, *Journal of Chromatography B* 788 (2003) 269.
- (78) H. Wang, G. Provan, K. Helliwell, *Food Chemistry* 81 (2003) 307.
- (79) S. Nielsen, B. Sandström, *Journal of Chromatography B* 787 (2003) 369.
- (80) R. Pomponio, R. Gotti, N. Santagati, V. Cavrini, *Journal of Chromatography A*, 990 (2003) 215.
- (81) H. Arakawa, M. Kanemitsu, N. Tajima, M. Maeda, *Analytical Chemicals Act* 472 (2002) 75.
- (82) J. González, P. Pérez, M. D. Luque, *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 3 (2002) 289.
- (83) M. Pelillo, B. Biguzzi, A. Bendini, T. Gallina Toschi, M. Vanzini, G. Lercker, *Food Chemistry* 78 (2002) 369.
- (84) Y. Zuo, H. Chen, Y. Deng, *Talanta* 57 (2002) 307.
- (85) X. Vitrac, J. Monti, J. Vercauteren, G. Deffieux, J. Mérillon, *Analytica Chimica Acta* 458 (2002) 103.
- (86) E. Mataix, M. D. Luque de Castro, *Journal of Chromatography A* (2001) 255.
- (87) M. Rodríguez, S. Malovaná, J. Pérez, T. Borges, F. García, *Journal of Chromatography A* 912 (2001) 249.
- (88) L. Ferrara, D. Montesano, A. Senatore *Il Farmaco* 56 (2001) 397.
- (89) M. Murkovic, H. Toplak, U. Adam, W. Pfannhauser, *Journal of Food Composition and Analysis* 13 (2000) 291.
- (90) L. Mondello, A. Cotroneo, G. Errante, G. Dugo, P. Dugo, *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 23 (2000) 191.
- (91) B. Berente, De la Calle, M. Reichenbacher, K. Danzar, *Journal of Chromatography A* 871 (2000) 95.
- (92) P. Viñas, C. López, J. Marín, M. Hernández, *Journal of Chromatography A* 871 (2000) 85.
- (93) B. Yang, K. Arai, F. Kusu, *Analytical Biochemistry* 283 (2000) 77.
- (94) B. Lee, Ch. Ong, *Journal of Chromatography* 881 (2000) 439.
- (95) M. Lee, S. Prabhu, X. Meng, Ch. L. Yang, *Analytical Biochemistry* 279 (2000) 164.
- (96) H. Wang, K. Helliwell, X. You, *Food Chemistry* 68 (2000) 115.



- (97) J. Goiffon, P. Mouly, E. Gaydou, *Analytical Chemical Act* 382 (1999) 39.
- (98) M. Ding, H. Yang, S. Xiao, *Journal of Chromatography A* 849 (1999) 637.
- (99) A. Ogawa, H. Arai, H. Tanizawa, T. Miyahara, T. Toyo'oka, *Analytical Chemical Act* 383 (1999) 221.
- (100) J. Baptista, J. Tavares, R. Carvalho, *Journal of Food Composition* 12 (1999) 273.
- (101) L. Arce, M. Tena, A. Rios, M. Valcárcel, *Analytical Chemical Act* 359 (1998) 27.
- (102) L. Arce, A. Ríos, M. Valcárcel, *Journal of Chromatography A* 827 (1998) 113.
- (103) A. Escarpa, M. C. González, *Journal of Chromatography A* 823 (1998) 331.
- (104) J. Dalluge, B. Nelson, J. Brown, L. Sander, *Journal of Chromatography A* 793 (1998) 265.
- (105) H. Tsuchiya, M. Sato, H. Kato, T. Okubo, L. Juneja, M. Kim, *Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications* 703 (1997) 253.
- (106) B. Eggins, C. Hickey, S. Toft, D. Min Zhou, *Analytical Chemical Act* 347 (1997) 281.
- (107) S. Khokhar, D. Venema, P. Hollman, M. Dekker, *W. Jongen Cancer Letters* 114 (1997) 171.
- (108) H. Horie, T. Mukai, K. Kohata, *Journal of Chromatography A* 758 (1997) 332.
- (109) Chi-Tang Ho, Qinyun Chen, Huang Shi, Ke-Qin Zhang, R. T. Rosen, *Preventive Medicine* 21 (1992) 520.
- (110) C. Capannesi, I. Palchetti, M. Mascini, A. Parenti, *Food Chemistry* 71 (2000) 553.
- (111) R. Tsao, Z. Deng, *Journal of Chromatography B*, 812 (2004) 85.
- (112) S. Badui, *Química de los alimentos*, fourth edition, Pearson, México City, México 2006, pp. 418 – 428.
- (113) L. Manganiello, A. Ríos, M. Valcárcel *Journal of Chromatography A* (2000) 265.



Diseño de un equipo de medición de viscosidad de bebidas alimenticias

Resumen

En este trabajo se diseña un viscosímetro de tipo capilar a escala piloto que permite obtener viscosidades de fluidos provenientes de la industria de alimentos, a fin de emplearlo para el desarrollo de prácticas que apoyen la enseñanza de tópicos en el área, además de permitir relacionar la institución educativa con la industria. Para tal fin se realizó un análisis del viscosímetro de tubo capilar a fin de determinar sus características, se estudiaron diferentes fluidos líquidos para establecer los parámetros adecuados para el diseño. Finalmente, se diseñó el equipo de medición de viscosidad de tubo capilar a escala piloto en función de los parámetros y variables de operación. Como resultado se tiene un equipo que permite estudiar fluidos newtonianos y no newtonianos, presentando versatilidad en diferentes condiciones de operación en tiempo real.

Palabras clave: viscosidad, manejo de fluidos, fluidos newtonianos y no newtonianos, diseño de equipos.

Design from a plant of mensuration of viscosity of capillary tube to scale pilot

Abstract

In this research a pilot scale capillar viscometer is designed to obtain viscosities of alimentary fluids in order to formulate educational, institutional an economical strategies. An analysis of the capillar viscometer is conducted for identifying its basic characteristics, analyzing different liquid fluids in order to establish better design parameters. Finally, the pilot scale capillar viscosity measuring plant is designed taking into account previous parameters an operative variables. As a result, a versatile real time equipment permitting study newtonian and non-newtonian fluids is proposed.

Keywords: viscosity, fluid mechanical, newtonian and non-newtonian fluids, plants design.

Introducción

Los fluidos son transportados a diversas condiciones de temperatura y presión, siendo necesario conocer sus propiedades de transporte para el diseño y ejecución de procesos. Entre estas propiedades se encuentra la viscosidad, indicativa de la deformación continua que sufre un fluido frente a una fuerza aplicada o esfuerzo cortante. El diseño de un equipo de medición de viscosidad a escala piloto involucra primeramente el análisis y evaluación del funcionamiento de un viscosímetro básico, a fin de adaptarlo a los requerimientos de un equipo de medición de viscosidad; posteriormente, se definen los parámetros de operación del viscosímetro, así como las características de diseño de los equipos que lo conforman. El diseño y posterior implantación del equipo de medición de viscosidad a escala piloto permitirá involucrar nuevas estrategias de enseñanza aprendizaje y nuevas oportunidades de investigación en la Escuela de Ingeniería Química, ampliando así mismo las posibilidades de prestación de servicio a la industria de alimentos, lo que a su vez da pie a mayores opciones de autogestión.

Metodología

Primeramente se requiere de un análisis del viscosímetro de tubo capilar de manera de determinar sus características para establecer el diseño del equipo a escala piloto, para lo cual se hizo necesario una revisión documental que permitiera recopilar toda la información disponible correspondiente a modelos matemáticos, variables involucradas en el proceso de medición de la viscosidad y en el diseño del equipo, así como tipo de fluido que puede ser manejado en el mismo; esta etapa culmina con la construcción del diagrama de bloques del

diseño básico del equipo. Posteriormente, como el equipo operaría con fluidos típicos de la industria de alimentos, se identifican los tipos de fluidos y las condiciones de temperatura y presión en las cuales normalmente éstos se encuentran en la industria; para ello se recopiló información en diversas industrias de alimentos y bebidas, encontrándose rangos de temperatura y presión para diversos fluidos: jugos y néctares de frutas, pulpas y concentrados de frutas y derivados lácteos; los rangos de operación así determinados corresponden a los parámetros de operación del equipo. Una vez determinadas las condiciones y características que deben cumplir los fluidos líquidos a utilizar en el equipo y los parámetros de operación, se seleccionan y especifican los equipos a utilizar en el diseño del viscosímetro: recipiente hermético, intercambiador de calor, bombas y tubos capilares, así como otros accesorios e instrumentos de medición requeridos. Ya establecidos los equipos que forman parte del diseño, se construye el diagrama de flujo del equipo de medición de viscosidad.

Resultados y Discusión

Análisis del viscosímetro

El diseño del viscosímetro de tubo capilar se basa en la ecuación de Hagen-Poiseuille (Mott, 1996), la cual se puede expresar bien sea en términos de pérdidas de energía o de la caída de presión, como se aprecia en las ecuaciones 1 y 2 respectivamente.

$$h_l = \frac{32 \mu L v}{g_c \gamma D^2} \quad (1)$$



Donde

- hL: pérdida de energía, (m)
- μ : viscosidad dinámica, (kg_m/m s)
- L: longitud entre las tomas 1 y 2, (m)
- v : velocidad del fluido, (m/s)
- γ : peso específico del fluido, (kgf/m³)
- D: diámetro del tubo capilar, (m)
- gc: Factor de conversión de Newton, 9,81 (kg_m m)/(kg_f s²)

$$h_L g = (-\Delta p) = \frac{32 mL v}{g_c D^2} \tag{2}$$

Donde

(-Δp) : caída de presión (kg/m²)

La viscosidad dinámica se determina en este caso a partir de la ecuación 2.

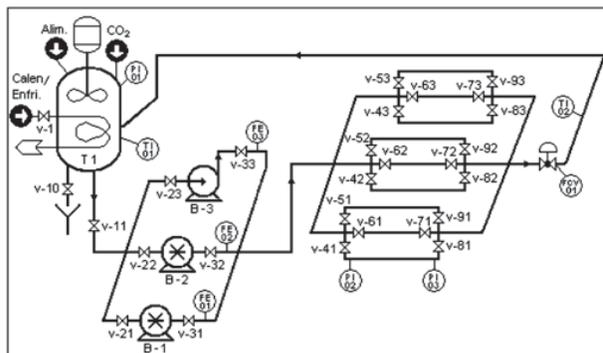
Luego, al analizar un viscosímetro básico de tubo capilar, se identifican las partes básicas que lo conforman y se ajustan en función de los requerimientos del diseño, los cuales incluyen la posibilidad de variar presión y temperatura (Mott, 1996). El equipo piloto diseñado debe contar con:

- **Intercambiador de calor**, que debe permitir variar la temperatura en el mismo recipiente, es decir, debe ser capaz de enfriar o calentar el fluido y mantenerlo a la temperatura especificada.
- **Bombas**, para impulsar el fluido de trabajo a través del equipo; se cuenta con una bomba centrífuga y dos de desplazamiento positivo, para manejar tanto fluidos newtonianos como no newtonianos.
- **Recipiente hermético**, que permita variar la presión y mantenerla durante el proceso de medición de las variables involucradas en la determinación de la viscosidad.
- **Múltiple capilar**, conformado por tres tubos capilares de diferentes diámetros (1/4”, 5/16” y 3/8”) y tres tipos diferentes de materiales (vidrio, acero inoxidable y PVC), los cuales se seleccionaran en función de la viscosidad que posean las bebidas alimenticias.
- **Medidor de flujo volumétrico**, permite medir el caudal de flujo que circula por el sistema y por el tubo capilar seleccionado para determinar la velocidad del fluido.
- **Medidores de presión y temperatura**, los manómetros permiten medir la caída de presión necesaria para estimar la viscosidad del fluido a la temperatura especificada por los termómetros. Se asume que las pérdidas de calor en las tuberías capilares son despreciables.
- **Válvulas y válvula automática**, necesarias para realizar operaciones previas al proceso de medición, como el llenado del tanque y el

precalentamiento, además del control del flujo por el sistema a las condiciones específicas.

- **Otros equipos y accesorios**, que permitan mejorar el proceso de medición de la viscosidad y variar las condiciones de las variables que se desean. El diseño previo se muestra en la Figura 1.

Figura 1: Diagrama de flujo del diseño básico del equipo de tuberías capilares para medición de viscosidad.



Identificación de fluidos y condiciones de operación

En las bebidas alimenticias, la mayoría de los sistemas son no newtonianos, las propiedades dependen de las características moleculares y estructurales de los coloides que los componen: la forma y el tamaño de las partículas, al igual que el grado de interacción y ordenamiento que existe entre ellas determinan en gran medida este comportamiento. En función de las etapas de procesamiento a las que deben someterse, pueden encontrarse a diversas condiciones de temperatura y presión; las mismas se listan en las Tablas 1 (Chourio, 2003) y 2.

Tabla 1: Temperatura en la manufactura de pulpas de frutas.

Producto	Temperatura (°C)	
	Baja	Alta
Jugo de naranja 60%	8 – 16	60 - 85
Néctar de pera	8 – 16	70 – 95
Néctar de manzana	8 – 16	70 – 95
Néctar de durazno	8 – 16	70 – 95
Néctar de mango	8 – 16	70 – 95

**Tabla 2:** Temperatura en la manufactura de lácteos.

Producto	Temperatura (°C)	
	Baja	Alta
Chicha	5 – 40	70 – 90
Choco	5 – 40	85
Crema con sal	48 – 52	70 – 75
Yogurt Líquido	5	85
Yogurt firme	10	85
Suero	29	90

Fuente: Dpto. Derivados lácteos, 2005.

De la investigación de Chourio, 2003. sólo se tienen datos de presión en la etapa de homogeneización; el homogenizador a escala industrial opera a una presión de 200 bar (204 kgf/cm²) y está construido para soportar presiones de hasta 400 bar; el otro dato se obtiene de la unidad de envasado, el cual se realiza al vacío.

La presión de operación del homogenizador es muy alta para ser utilizada en un diseño a escala, por lo cual no se utiliza el dato de campo como recurso para establecer parámetros de presión de operación. Generalmente las unidades de proceso utilizadas por la industria de alimentos, y de otras áreas, operan a presión ambiente o por encima de ésta pero sin llegar a niveles muy altos; la presión de vacío sólo se utiliza para el envasado final.

El rango de temperatura para el diseño se obtiene de las Tablas 1 y 2, utilizando la menor y mayor temperatura de operación de los procesos de manufactura de jugos o néctares y derivados lácteos, mientras que el rango de presión se establece hasta los 25 psi, equivalentes a 1,7 atmósferas, siendo una presión que se encuentra por encima de la presión atmósfera y no ocasiona riesgos en el tanque hermético. Este rango de presión es aceptable para un diseño a escala, el cual permite la opción de operar a presión ambiente.

En la Tabla 3 se observan los rangos de temperatura y presión para el diseño del equipo de medición de viscosidad.

Tabla 3: Rangos de temperatura y presión para determinar los parámetros de operación en el diseño del equipo de medición de viscosidad.

Parámetro de operación	Nivel bajo	Nivel alto	Rango de operación
Temperatura (°C)	8	95	8 – 120*
Presión (psi)	----	30	hasta 30

*Para ser utilizado el diseño en fluidos de otras áreas

Adicionalmente, el fluido de medición debe ser incompresible, de baja viscosidad y sin grandes partículas en suspensión.

Diseño del equipo de medición de viscosidad de tubo capilar a escala piloto

El tanque hermético es un cilindro vertical, de acero inoxidable 316 (Perry, 1992). material que soporta las condiciones de pH y temperatura de los fluidos en estudio, siendo resistente a la corrosión, variable que lo hace preferible a pesar de sus costos. El volumen del tanque es de 8 L, con 0,20 m de diámetro 0,26 m de altura y 2 mm de espesor de pared; se establece en 7,5 L la capacidad mínima. Se coloca un sistema de drenaje en el fondo vertical del tanque, que consta de una tubería con una válvula de compuerta rápida. El tanque cuenta con una tapa hemisférica de 2,04 L que permite su operación abierto o cerrado (Rosales, 2000).

Es necesario que el recipiente principal se pueda enfriar o calentar rápidamente, que la temperatura sea uniforme en todo el recipiente principal y que la presión pueda variarse en el momento deseado; para ello, el intercambiador de calor tipo serpentín de tubería (unitubular) es el más adecuado (Perry, 1992), ya que se obtiene una mayor área de transferencia con respecto a una chaqueta de intercambio de calor; adicionalmente, un agitador dentro del recipiente principal proporciona la uniformidad de temperatura requerida; a su vez, la presión en el tanque puede variarse utilizando CO₂ o aire. Se establece el vapor saturado a 75 psi como fluido de calentamiento y el agua líquida como fluido de enfriamiento.

El serpentín, de tres espirales, tiene un diámetro de circunferencia del espiral de 0,1616 m con un diámetro interno de 0,1300m. La ubicación del serpentín en el tanque se especifica en la Tabla 4.

**Tabla 4:** Posición vertical del serpentín en el tanque T-1.

Serpentín	Altura* (m)	\varnothing_n de tubería (pulg)	\varnothing_i de tubería (m) Cat. 40
Entrada al tanque	0,12	½	0,01580
Salida del tanque	0,03	½	0,01580

*Punto referencia: fondo del tanque T-1

En el tanque se coloca en la parte superior, un impulsor giratorio para flujo axial de hélices, el cual tiene 4 aspas helicoidales que permiten un movimiento radial en el fluido. El motor se instala externo al tanque, en la tapa helicoidal. Se coloca una base móvil en el tanque de forma rectangular con dimensiones de 0,20m de largo; 0,10m de ancho y 0,05m de espesor. Esta base descansa sobre dos pestañas colocadas internamente en el tanque y diametralmente opuestas, las cuales están a una distancia de 0,08m por debajo del borde superior del tanque; el eje del agitador se sujeta a la base móvil para luego acoplar con el eje del motor. La longitud total del agitador es de 0,19m. El material de construcción es acero inoxidable 316 y debe estar colocado en el centro del tanque para evitar choques estructurales y vibraciones que afecten al serpentín.

El sistema de bombas está formado por una bomba centrífuga para los fluidos newtonianos y dos bombas de desplazamiento positivo para los fluidos no newtonianos, de alta y baja viscosidad, además cuenta de tres medidores de flujo (ubicados a la entrada de cada bomba) y seis válvulas. Dichas bombas se encuentran colocadas en forma paralela para poder desviar el fluido hacia la bomba a utilizar; esta distribución permite emplear una sola bomba para impulsar el fluido a través del equipo de medición.

El material a utilizar en las tuberías del sistema de bombas es acero inoxidable 304, Cat. 40, $\varnothing_n = 1/2''$. Estas características permiten obtener una tubería resistente a la corrosión y a daños estructurales, con un prolongado periodo de vida útil.

Los diámetros capilares son $1/4''$, $5/16''$ y $3/8''$ y los materiales para los tubos capilares son acero inoxidable 304, vidrio y PVC. Se utiliza la misma disposición en los tres tubos capilares, colocando los capilares en forma descendente comenzando con el diámetro menor. Se coloca una válvula de globo al final del múltiple para regular el fluido en el sistema, permitiendo de esta forma variar la velocidad sin adicionar más pérdidas de energía. Ésta es la única válvula para regular la velocidad del fluido.

El fluido de medición después de atravesar el múltiple capilar, es recirculado hacia el tanque mediante una tubería que forma parte del sistema principal. Esta tubería de recirculación pasa por detrás del múltiple capilar y a la misma posición horizontal de referencia

para llegar al tanque y entrar a una altura de 0,15m, asegurando una entrada de fluido por encima del serpentín y sin columnas de líquido presionando la entrada. De esta forma, el fluido recirculado será nuevamente calentado o enfriado según el caso.

Conclusiones

Los parámetros primordiales para el diseño son el rango de temperatura de operación, el rango de presión de operación y la condición de fluido incompresible en régimen laminar.

Los fluidos alimenticios presentan pH ácido, requiriéndose materiales que soporten dicha condición.

Las temperaturas de operación del equipo están entre 8 y 95°C.

El equipo de medición de viscosidad resiste presiones hasta 30 psig.

El equipo cuenta con un tanque cilíndrico con tapa hemisférica, una bomba centrífuga y dos bombas de desplazamiento positivo y un triple capilar de diferentes materiales (acero, vidrio y PVC), permitiendo medir viscosidades de fluidos newtonianos y no newtonianos.

El contenido del tanque es enfriado o calentado rápidamente utilizando un serpentín de triple espiral instalado dentro del mismo.

El contenido del tanque se mantiene mezclado utilizando para ello un agitador mecánico.

Todas las partes del equipo son de acero inoxidable 316.

Referencias

- Mott, Robert. (1996) "Mecánica de Fluidos Aplicada". Cuarta Edición. Prentice-Hall. Hispanoamericana. México.
- Chourio, Ohanny. (2003). "Mejoramiento de las propiedades reológicas de los jugos y néctares de frutas envasados asépticamente de Del Monte Andina, C.A.", Trabajo especial de grado. Universidad de Carabobo. Venezuela.
- Perry, Robert. (1992). "Manual del Ingeniero Químico". Tercera Edición en Español. McGraw-Hill Interamericana. México.
- Rosales, Robert. (2000). "Manual del ingeniero de planta". Segunda edición en español. McGraw-Hill Interamericana. México.



Obtención de Fertilizantes Edáficos a Partir del Licor Úrea Fosfato Generado como Subproducto en una Planta de Producción de Úrea Fosfato Cristal

Donato Magarelli, Katiuska Franceschi, Dayana Castillo, Olga Ebratt
Fac.de Ingeniería. Universidad de Carabobo.
dmagarel@uc.edu.ve/ kattyfg24@gmail.com

Resumen

Existen dos subproductos generados en el proceso de producción de úrea-fosfato, del proceso de producción de H_3PO_4 : Licor de Úrea Fosfato (LUF) y Yeso. El excedente de LUF no tiene un uso definido, por tal razón, el objetivo del presente trabajo es desarrollar una aplicación para su aprovechamiento, que corresponde a la elaboración de fertilizantes edáficos (FE). Para la elaboración de los FE se formularon tres propuestas, variándose las cantidades de LUF seco y de yeso seco, de las cuales se seleccionó la alternativa con las especificaciones requeridas en el mercado de los FE. Luego, se realizó la evaluación de las propiedades del FE de manera de garantizar su aprovechamiento en áreas agrícolas. La formulación más apropiada para elaborar FE es de 70% p/p de polvo de LUF y 30% p/p de yeso seco, dando como resultado un fertilizante con una composición de 30% p/p de P_2O_5 , 10% p/p de N, 6% p/p de Ca, y 5% p/p de S.

Palabras clave: fertilizantes edáficos, licor úrea fosfato.

Manufacturing of Edaficos Fertilizers from Phosphate Urea Concentrated Solution Obtained as by- Product in the Crystal Phosphate Urea Production

Abstract

In the phosphoric acid production process there are two by-products: Phosphate Urea Concentrated Solution (PUCS), obtained from the production process of phosphate urea, and gypsum, both produced during the H_3PO_4 production process. Due to the fact that the PUCS surplus does not have a definite application, there exist the purposes of developing practical applications for that by-product, mainly the manufacture of fertilizers (EF). For manufacturing EF, three different proposals were formulated where the dry gypsum and dry PUCS quantities were modified. It was chosen the best alternative according to the EF market required specifications. Finally, the evaluation of the EF properties was performed in order to guarantee its application in agricultural areas. The most appropriate formulation to manufacture EF is 70 % w/w of powder PUCS and 30 % w/w of dry gypsum, which produces a fertilizer with a 30 % w/w P_2O_5 , 10 % w/w N, 6% w/w Ca, and 5% w/w S chemical composition.

Keywords: fertilizers, Phosphate Urea Concentrated Solution.

Introducción

El proceso productivo de la úrea cristal genera como subproducto al licor de úrea- fosfato, del cual, una parte se recircula al proceso y otra se almacena en tanques. El mismo es de baja comercialización y no cuenta con aplicación alguna. El propósito de la investigación es darle uso al subproducto excedente para generar beneficios económicos, logrando, además, ampliación de la capacidad de planta. Se plantea entonces, como objetivo general, obtener fertilizantes edáficos a partir de licor de úrea fosfato. Los fertilizantes edáficos se caracterizan por mejorar algunas deficiencias físico-químicas que afectan el buen desempeño agrícola del suelo, además de ayudar la asimilación de nutrientes.

Salisbury y Ross (1994) señalan que el nitrógeno (N) y el potasio (K) son elementos esenciales para las plantas, el primero por ser constituyente de moléculas fundamentales como las proteínas, los ácidos nucleicos y la clorofila, y el segundo, por ser catión predominante en las plantas y ser un catalizador de varias enzimas esenciales para la fotosíntesis, la respiración y la síntesis de almidón. Para Martínez (1995), la falta de alguno de estos elementos impide que el crecimiento, desarrollo y producción de la planta proceda normalmente.

Rivas (2007) indica que el estado físico en que se presenta un fertilizante, que puede ser sólido, líquido ó gaseoso, juega un papel importante en las condiciones de utilización y de eficacia del abono, ya que tanto la homogeneidad de la distribución como su integración más o menos completa en el suelo, va a depender de dicha presentación.

Hodge y Montes T. (1991) realizaron la caracterización de la úrea fosfato, ya que este es un intermediario para la producción de fertilizantes líquidos, por ende, realizan la caracterización del licor madre que es recirculado al proceso, herramienta escogida para realizar el presente trabajo, pues, sirve de guía a la hora de escoger que tipos de pruebas se le pueden realizar a las muestras de LUF.

Con base en la investigación de Harry T. L y Dillard E. F. (1984), se pudo contar con un estimado de la concentración de la solución de partida para la obtención de úrea-fosfato, debido a la utilización de estelcor como recicló en el proceso así como la cantidad utilizada.

Harry L., Jones T. y James Burnell (1983), determinan la cantidad de úrea y ácido fosfórico utilizada para producir úrea-fosfato, que permite estimar



la cantidad de úrea a utilizar según la concentración de ácido fosfórico; lo anterior es un aporte significativo a la presente investigación ya que se puede estimar las cantidades de úrea y licor de úrea-fosfato a reaccionar, para obtener la úrea-fosfato.

Metodología

En un trabajo previo se caracterizó, a nivel de laboratorio, el Licor de úrea-fosfato (LUF). Se observó que éste no estaba en condiciones apropiadas para su mezcla con yeso, por tal razón, se requirió su adecuación adicionando úrea, de manera de ajustar el LUF antes de pasar por un proceso de deshidratación mediante un secador por aspersion (Perry, 2002), de manera de producir el fertilizante edáfico deseado. En el presente trabajo, el LUF ya ajustado, se caracteriza por absorción atómica, obteniendo su composición de N, Cl^{-1} , SO_4^{-2} , Fe, Mg, Cu, Ca. Adicionalmente, se realizan pruebas para estimar propiedades, tales como, densidad (picnómetro), porcentaje de humedad (estufa), pH, viscosidad (viscosímetro de Ostwald). La cantidad de fósforo presente en la muestra, expresada como % P_2O_5 , se determina realizando una titulación con NaOH 1N. Luego, se procede a proponer las posibles maneras de elaborar los FE, para ello se formularon tres propuestas, variándose las cantidades de LUF seco y del yeso seco. Debido a ser el LUF el componente al cual se le quiere dar mayor utilidad en este proyecto, se partió de una relación 50% LUF – 50% yeso y dos relaciones adicionales, con diferencias entre ellas iguales, manteniendo la presencia de ambos compuestos. De esta manera, se plantean como propuestas adicionales: 70% LUF-30% yeso y 90% LUF-10% yeso. Se realizan las mezclas de LUF-yeso con las relaciones ya planteadas y se hace la selección con base a los siguientes criterios: consumo de la mayor cantidad del LUF seco, que el producto resultante esté en las especificaciones del mercado y que permita obtener las mejores condiciones de granulación.

Resultados y Discusión

Entre los resultados de la caracterización del LUF ajustado, se tiene: Líquido cristalino verdoso, densidad $1,35 \text{ g/cm}^3$, viscosidad 19,745 cP, humedad 40,74% y pH 2,00. Con respecto a la composición química, se determinó que LUF contiene: 10,4% de N; 26,42% de P_2O_5 ; 0,09 ppm de Cl^{-1} , 144 ppm de Fe, 48 ppm de Mg, 2,2 ppm de Cu, 207 ppm de Ca y 476 ppm de S.

La úrea, la cual contiene 46,49% de N, 0,5% de humedad, es granulada, de peso molecular de 60 g/gmol, siendo un sólido cristalino de color blanco, completamente soluble en agua.

Por medio de la caracterización del LUF seco, es posible tener conocimiento de las propiedades y de las composiciones de los componentes del mismo, que

con las propiedades del yeso seco, lo que permite la elaboración de los balances de masa necesarios para las distintas formulaciones de los FE.

Al caracterizar el LUF seco, se obtiene que corresponde a un polvo de úrea-fosfato cuya fórmula química es $CO(NH_2)_2 \cdot H_3PO_4$, un compuesto químico formado por Ácido fosfórico – Úrea y cuyo peso molecular es de 158 g/gmol. En cuanto a su aspecto físico, se tiene que es un polvo blanco en forma de pequeñas laminillas alargadas, soluble en agua con un 1,16% de humedad y 1,70 de pH.

En la Tabla 1, se presentan las características químicas del LUF seco.

Tabla 1: Propiedades químicas del LUF seco.

Porcentaje de nitrógeno ($N \pm 0,01\%$)	18,77
Porcentaje de Pentóxido de fósforo ($P_2O_5 \pm 0,01\%$)	43,65
Concentración de cloruros ($Cl^{-1} \pm 0,01$) ppm	0,16
Concentración de hierro ($Fe \pm 1$) ppm	260
Concentración de magnesio ($Mg \pm 1$) ppm	87
Concentración de cobre ($Cu \pm 1$) ppm	4
Concentración de calcio ($Ca \pm 1$) ppm	374
Concentración de azufre ($S \pm 1$) ppm	859

En la Tabla 2, se presentan las características del yeso seco a emplear en la formulación de fertilizante edáfico.

Tabla 2: Propiedades químicas del yeso seco.

Porcentaje de sulfitos ($SO_3 \pm 1$) %	34
Porcentaje de óxido de calcio ($CaO \pm 1$) %	32
Porcentaje de óxido de aluminio ($Al_2O_3 \pm 0,01$) %	1,59
Porcentaje de óxido de silicio ($SiO_2 \pm 0,01$) %	4,66
Porcentaje de óxido de hierro ($Fe_2O_3 \pm 0,01$) %	0,11
Porcentaje de óxido de magnesio ($MgO \pm 0,001$) %	0,070
Porcentaje de óxido de sodio ($Na_2O \pm 0,01$) %	1,07
Porcentaje de óxido de potasio ($K_2O \pm 0,01$) %	0,041
Porcentaje de humedad ($H_2O \pm 1$) %	8
Porcentaje de pentóxido de fósforo ($P_2O_5 \pm 0,01$) %	0,88
Porcentaje de flúor ($F \pm 0,01$) %	1,65

Una vez conocidas las propiedades de los compuestos necesarios para la elaboración de los FE, se plantearon las siguientes formulaciones:

Primera: 50% de polvo de LUF y 50% de yeso seco.



Segunda: 70% de polvo de LUF y 30% de yeso seco.

Tercera: 90% de polvo de LUF y 10% de yeso seco.

Se plantean estas tres formulaciones debido a que en la elaboración se contempla que la mezcla no deba contener menos de un 50% de polvo de LUF, por ser el componente al cual se le quiere dar mayor utilización (consumo) en este proyecto. En las Tablas 3, 4 y 5 se presentan las características de las tres propuestas.

Tabla 3: Composición de los FE de la primera propuesta mediante la aplicación de balances de masa.

Porcentaje de azufre ($S \pm 0,01$) %	6,84
Porcentaje de nitrógeno ($N \pm 0,01$) %	9,39
Porcentaje de humedad ($H_2O \pm 0,01$) %	4,5
Porcentaje de Pentóxido de fósforo ($P_2O_5 \pm 0,01$) %	24,27
Concentración de cloruros ($Cl^- \pm 0,001$) ppm	0,081
Concentración de hierro ($Fe \pm 1$) ppm	510
Concentración de magnesio ($Mg \pm 1$) ppm	240
Concentración de cobre ($Cu \pm 0,01$) ppm	2,03
Porcentaje de calcio ($Ca \pm 0,1$) %	11,4
Porcentaje de sodio ($Na \pm 0,01$) %	0,28
Porcentaje de aluminio ($Al \pm 0,01$) %	0,42
Porcentaje de silicio ($Si \pm 0,01$) %	1,01
Concentración de potasio ($K \pm 1$) ppm	154
Porcentaje de flúor ($F \pm 0,01$) %	0,82

Tabla 4: Composición de los FE de la segunda propuesta mediante la aplicación de balances de masa.

Porcentaje de azufre ($S \pm 0,01$) %	4,14
Porcentaje de nitrógeno ($N \pm 0,01$) %	13,14
Porcentaje de humedad ($H_2O \pm 0,01$) %	3,10
Porcentaje de Pentóxido de fósforo ($P_2O_5 \pm 0,01$) %	33,62
Concentración de cloruros ($Cl^- \pm 0,01$) ppm	0,11
Concentración de hierro ($Fe \pm 1$) ppm	412
Concentración de magnesio ($Mg \pm 1$) ppm	187
Concentración de cobre ($Cu \pm 0,1$) ppm	2,8
Porcentaje de calcio ($Ca \pm 0,01$) %	6,88
Porcentaje de sodio ($Na \pm 0,01$) %	0,17
Porcentaje de aluminio ($Al \pm 0,01$) %	0,25
Porcentaje de silicio ($Si \pm 0,01$) %	0,66
Concentración de potasio ($K \pm 1$) ppm	92
Porcentaje de flúor ($F \pm 0,01$) %	0,50

Tabla 5: Composición de los FE de la tercera propuesta mediante la aplicación de balances de masa.

Porcentaje de azufre ($S \pm 0,01$) %	1,43
Porcentaje de nitrógeno ($N \pm 0,01$) %	18,89
Porcentaje de humedad ($H_2O \pm 0,01$) %	1,70
Porcentaje de Pentóxido de fósforo ($P_2O_5 \pm 0,01$) %	42,98
Concentración de cloruros ($Cl^- \pm 0,01$) ppm	0,14
Concentración de hierro ($Fe \pm 1$) ppm	310
Concentración de magnesio ($Mg \pm 1$) ppm	121
Concentración de cobre ($Cu \pm 0,1$) ppm	3,6
Porcentaje de calcio ($Ca \pm 0,01$) %	2,31
Porcentaje de sodio ($Na \pm 0,01$) %	0,06
Porcentaje de aluminio ($Al \pm 0,01$) %	0,08
Porcentaje de silicio ($Si \pm 0,01$) %	0,22
Concentración de potasio ($K \pm 1$) ppm	31
Porcentaje de flúor ($F \pm 0,01$) %	0,17

Para realizar la selección de la mejor propuesta, se profundizó un poco en los tres criterios indicados en la metodología, realizando un análisis detallado de cada formulación y verificando si cumple con dichos criterios.

En primer lugar, se menciona que el FE a elaborar debe contener en su composición un gran contenido de LUF seco, esto por dos razones:

1. Por ser el LUF un subproducto que se obtiene en grandes cantidades en la empresa patrocinante de este estudio y que aún no tiene uso definido.
2. Mientras más contenido de LUF seco contenga el FE, mayor será el aporte de P y N, elementos fundamentales para una buena nutrición de las plantas.

Tomando en cuenta esta consideración, se descarta la primera formulación de 50% LUF seco y 50% yeso seco.

En segundo lugar, se menciona la cabida del nuevo FE en el mercado, para ello es necesario que la formulación propuesta se encuentre entre las especificaciones o por encima de las que se encuentran a la venta en el exterior e interior del país.

La empresa patrocinante maneja como especificaciones de los FE en el mercado, una composición de P_2O_5 entre 5 – 27% p/p, de N entre 5 – 17% p/p y de Ca entre 4,5 – 18% p/p, los otros nutrientes, como el K, S, Mg, que se encuentran en menor proporción.

Al aplicar los balances de masas a la segunda y tercera formulación propuesta, se encuentra que la segunda formulación tiene un 13,14% de N, 33,62% de P_2O_5 y 6,88% de Ca. La tercera formulación presenta un



18,89% de N, 42,98% de P₂O₅ y 2,31% de Ca. De este modo, comparando con los resultados obtenidos de los balances en la segunda y tercera formulación, se observa lo siguiente:

Segunda formulación:

la composición de P₂O₅ es seis veces por ciento mayor al máximo valor de la composición en el mercado, siendo esto muy favorable. Con respecto a la composición de nitrógeno, el valor se encuentra dentro del rango de las especificaciones, muy cerca al valor máximo y finalmente, el valor del calcio también se encuentra dentro del rango de las especificaciones, esta vez por más del 2 por ciento al valor mínimo de las especificaciones.

Tercera formulación:

la composición de P₂O₅ es, aproximadamente, 16% mayor al máximo valor de composición en el mercado, una composición bastante alta, que aún siendo favorable para el efecto nutricional de las plantas, se escapa de las especificaciones.

En relación a la composición de nitrógeno, el valor se encuentra, a diferencia que en la formulación anterior, por encima del rango de las especificaciones, en este caso, con casi un 2% mayor al valor máximo; caso contrario con el calcio, el cual no alcanza ni siquiera la menor especificación del rango de composición del mercado, siendo totalmente desfavorable, ya que este elemento es el que proporcionará al FE el efecto enmendador de los suelos.

Dado este análisis, es posible concluir que, según este criterio la formulación más viable es la segunda, ya que aunque el P₂O₅ superó seis por ciento el valor máximo de las especificaciones del mercado, se puede decir que el FE cumplirá con su función de nutrición y enmendadora de las plantas y los suelos, según las necesidades del mercado, cosa que no ocurriría con la tercera formulación que, a pesar de superar la composición de P₂O₅, la composición en calcio es escasa.

Para finalizar, analizando las formulaciones antes mencionadas (segunda y tercera formulación), a fin de determinar la fórmula que permita las mejores condiciones de granulación (último criterio en orden de importancia), se considera que la segunda propuesta es la más apta, ya que al contener mayor porcentaje de yeso, este permitirá, basado en su poca solubilidad en agua, que la granulación sea favorable debido a la alta solubilidad del polvo de LUF; según Barreiro (2006), el segundo factor que afecta la granulación es la solubilidad de los compuestos, afirmando que las partículas de diferentes solubilidades, prácticamente, explican las variaciones en las propiedades de los fertilizantes, es por esta razón que se consideró la segunda propuesta para evitar que se vea reflejado, en lo posible, este fenómeno, en la elaboración

del FE y se pueda obtener un producto con las mejores propiedades físico-químicas.

Para la validación de la formulación propuesta, la misma se elaboró a escala piloto, usando un equipo de granulación y de tamizado del laboratorio de control de calidad. A continuación se presenta, en la Tabla 6, las propiedades del FE obtenido empleando la segunda formulación (70% LUF seco – 30% yeso seco).

Tabla 6: Caracterización del FE elaborado a escala piloto con una composición 70% LUF seco – 30% yeso seco.

Porcentaje de azufre (S ± 1)%	5
Porcentaje de nitrógeno (N ± 1)%	10
Porcentaje de agua (H₂O ± 1)%	2
Porcentaje de Pentóxido de fósforo (P₂O₅ ± 1)%	30
Porcentaje de calcio (Ca ± 1)%	6
pH (pH ± 0,1)%	1,8

En la Tabla 6 se puede corroborar que los valores de composición obtenidos por medio de los balances de masa, no se desvían mucho de la realidad, observándose un intervalo máximo de desviación de 3,6%; éste obtenido en el pentóxido de fósforo, el cual, por medio de los balances de masa, dio un valor de 33,62%, acarreado dicha desviación a posibles errores de pesada en los compuestos (LUF seco y yeso seco).

Se demuestra, de esta manera, que es posible la elaboración de fertilizantes edáficos a partir de LUF, siendo un proyecto posiblemente viable, dado que se cuenta con la materia prima para su elaboración.

En vista que es un hecho la posibilidad de realizar FE a partir de LUF, se propone la producción de un FE cuya formulación sea: 10% N - 30% P₂O₅ - 6% Ca - 5% S, y cuya función principal es el de ser un fertilizante concentrado en fósforo, compuesto de un 70% de LUF y 30% de yeso seco, siendo una fuente rica en nitrógeno y fósforo, solubles en agua y fuente de azufre y calcio, pudiendo ser utilizado en suelos alcalinos o ligeramente alcalinos, debido a su acidez.

Además, se plantea como un producto granulado de 2 a 4 mm, cumpliendo con las especificaciones del mercado, siendo fácilmente manejable y aplicable al suelo.

Conclusiones

- Los FE, obtenidos a escala piloto, presentan un pH de 1,8; un porcentaje de N del 10% p/p, de P₂O₅ del 30% p/p, de S del 5% p/p y 6% p/p de Ca.
- El FE, producido a escala piloto, presenta una desviación máxima de 3,6% con respecto a las formulaciones planteadas teóricamente.



- La formulación, producida a escala piloto, es de 70 % LUF y 30 % yeso seco.

Recomendaciones

- Es importante hacer seguimiento de la variación de pH que ocasiona el FE en el suelo, ya que es fundamental para la disponibilidad de los nutrientes.
- El FE, inicialmente, se puede utilizar en invernaderos con diferentes cultivos, para luego recomendar su producción para uso agrícola.

Referencias

Barreiro, I. (2006). Fundamentos de granulación. TRIPOLIVEN, C.A. Morón, Venezuela: Suministros Barreiro.

Hodgue y Montes T. (1991). Producción de fertilizantes líquidos de alta calidad provenientes del ácido fosfórico producido vía húmeda. Muscle Shoals, Alabama. <http://es.scribd.com/doc/6111622/Edicion-253-del-suplemento-de-agroeconomia>. Consultada 2009.

Harry T. L y Dillard E. F. (1984). Producción de urea fosfato. Muscle Shoals – Alabama. <http://es.scribd.com/doc/6111622/Edicion-253-del-suplemento-de-agroeconomia>. Consultada 2009.

Harry L, Jones T., Burnell, J. (1983). Proceso de cristalización en dos etapas de urea- fosfato para la producción de fertilizantes líquidos polifosfatados purificados. Tennessee Valley Authority, National Fertilizer Development Center, Muscle Shoals – Alabama. <http://es.scribd.com/doc/6111622/Edicion-253-del-suplemento-de-agroeconomia>. Consultada 2009.

Martínez, A. (1995). Descripción de sintomatologías de las deficiencias de elementos mayores y menores en el cultivo del plátano (*Musa AAB Simmonds*). Suelos Ecuatoriales (Colombia), Vol. 25. pp. 61-64.

Perry, R. (2002). Manual del ingeniero químico. México: Editorial Mc. Graw Hill. Tomo V. Quinta edición en español.

Rivas, G. (2007). Análisis de la producción de sulfato de amonio (SAM) en el Complejo Petroquímico – Morón. Tesis de grado de la Universidad de Oriente. Puerto la Cruz. Venezuela.



Evaluación Microbiológica de las Etapas del Procesamiento de Vegetales Troceados y su Influencia en la No Conformidad de los Productos

Carlos E. Hernández, Mayerling Pacheco y Alberto Mieres Pitre.
Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.
carherna@uc.edu.ve; carherna02@gmail.com

Resumen

El saneamiento de los alimentos producidos, implica controlar, de manera efectiva, los microorganismos en ellos y en todo lo que tiene contacto con los mismos. En tal sentido, el objetivo de este trabajo fue evaluar, microbiológicamente, las etapas de fabricación de vegetales troceados y su efecto en la cantidad de productos no conformes. Para la evaluación microbiológica, se realizaron ensayos de aerobios mesófilos, coliformes totales, E.coli, mohos y levaduras, en la mesa de inspección, máquina troceadora y en las manos del personal, antes y después de la etapa de escaldado del proceso productivo, siguiendo para ello las normas AOAC. El tiempo de estudio fue de dos meses, analizando, en cada uno, un total de 7 lotes de producción. La identificación de las causas y generación de propuestas, se realizó mediante la técnica causa – efecto y aplicación de los artículos contenidos en las Buenas Prácticas de Manufactura. Se encontró hasta un 86% de inconformidad en el cumplimiento de los requerimientos microbiológicos en la etapa de escaldado, debido al crecimiento vertiginoso de la empresa y a la demanda creciente de los productos. La manipulación del material, después del escaldado, arrojó los porcentajes de inconformidad más elevados al realizar los análisis microbiológicos.

Palabras clave: evaluación microbiológica, procesamiento de vegetales, productos no conformes.

Microbiological Evaluation of Processing Stages of Cut Vegetable and the Influence on the Products' Non Conformity

Abstract

The cleaning of produced foods implies to control, in an effective way, the microorganisms within them and everything what has contact with such. In such sense, the objective of this work was to microbiologically evaluate the stages of cut vegetable manufacture and its effects in the amount of non conform products. For the microbiological evaluation tests of mesophilic aerobes were made, total coliforms, E.coli, moulds and leavenings, in the table of inspection, cutter machine and in the workers hands before and after the bleaching stage of the productive process, following for it AOAC norms. The time of study was of two months, analyzing in each one a total of 7 lots of production. The identification of the causes and generation of proposals was made by means of the technical cause - effect and application of articles in the Optimal Manufacture Practices. The bleaching was until an 86% of non conform in the fulfillment of the microbiological requirements in stage of, due to the vertiginous growth of the company and to the increasing demand of products. The manipulation of the material after the bleaching, revealed the percentage of non conform more elevated when making the microbiological analyses.

Key words: microbiological evaluation, vegetable processing, products non conform.

Introducción

El desafío actual en la producción de frutas y hortalizas, es la competitividad por un mercado que demanda productos de calidad creciente a precios decrecientes. La ausencia de normas y especificaciones, conlleva a que sea el sentido común y las reglas no escritas, quienes guíen los procesos de manufactura. Para la fabricación de alimentos se requiere de una estricta higiene y sanitización de las unidades de producción utilizadas, así como, del área física donde se encuentra, ya que el sucio, polvo y la materia orgánica, pueden ser utilizados como nutrientes o albergues por microorganismos; además, pueden causar fallas y disminuir la producción, (Berge, 2007). Igualmente, para Valera (2000), la responsabilidad del control microbiológico recae sobre los individuos que intervienen en todas las fases de la cadena alimentaria, desde la explotación agrícola o ganadera, hasta el consumidor final. Por lo tanto, el análisis debería aplicarse dentro de un contexto estratégico, organizativo y operacional

reconocido, con un nivel apropiado de protección, para así detectar, oportunamente, cualquier peligro biológico, como consecuencia de errores en los procedimientos de manipulación o de procesado.

En tal sentido, es mucho el camino recorrido para lograr alimentos inocuos; en este aspecto, Berge (2007), indicó que las alteraciones microbiológicas son uno de los problemas más importantes en los procesos de manufactura, ya que la mayor parte de la contaminación proviene del campo y por la manipulación, tal como ocurre con la zanahoria y cebolla, que se cultivan bajo el suelo, por lo que presentan una mayor carga microbiana, que vegetales obtenidos de arbustos o árboles. Por otra parte, Castellanos (2004) indica que, tradicionalmente, el control de los alimentos se centraba en la inspección de los productos finales y de los establecimientos de elaboración y distribución de los mismos, pero, que en los últimos años observó una sensibilización creciente acerca de la importancia de un enfoque multidisciplinario, que abarque toda la cadena agroalimentaria paseándose por todas las



etapas productivas del proceso. Chaló (2004), desarrolló un análisis de peligros y control de puntos críticos en una central frutícola, señalando que las operaciones con productos agrícolas perecederos merecen proyectos de alta calidad, dado que las exigencias de los consumidores finales y el comportamiento, al momento de adquirir un producto, hacen que la manipulación y producción de los mismos, dentro de una empresa, se lleve a cabo a través de parámetros de higiene cada vez más estrictos. En este mismo orden de ideas, Cedeño (2002) elaboró un diagrama del manejo de materia prima en cuanto a análisis físico-químicos, sensoriales y microbiológicos para alimentos de origen vegetal, ya que estos son más delicados al momento de almacenarse que otros alimentos, pues poseen una elevada carga microbiana. Valera (2000) evaluó, microbiológicamente, puntos críticos en el procesamiento de alimentos, desarrollando un esquema que se debe seguir para identificar los puntos de control críticos y como se deben realizar las evaluaciones, para determinar las cargas microbianas en los sistemas de procesamientos alimenticios.

En vista de la importancia que tiene cuidar la salubridad de los alimentos durante su elaboración, surge la necesidad de evaluar microbiológicamente las etapas del proceso productivo de vegetales troceados y determinar su influencia en la no conformidad de los productos, así como, generar acciones y aplicar medidas de control que disminuyan o eliminen los peligros potenciales de contaminación de estos productos alimenticios.

Metodología

El tipo de investigación es evaluativa (UPEL, 2003). Los vegetales seleccionados para el estudio fueron zanahorias troceadas, frescas, limpias y sanas, que se ajustan a las características de la especie *Daucus carota* L. El muestreo consistió en tomar una bolsa de 5 kg, ya empacada y congelada, esto para asegurar que el producto, en su etapa final, esté de acuerdo a las especificaciones requeridas. El tamaño de la muestra se estableció de acuerdo a los criterios de la empresa en estudio, considerando las limitaciones en cuanto a disponibilidad de materiales y equipos de análisis para las pruebas microbiológicas. El tiempo de estudio fue de dos meses, analizando en cada mes siete lotes de fabricación, producidos en diferentes días, correspondiente al 100% de la producción en el lapso de tiempo especificado.

Se realizaron los estudios en dos etapas del proceso: en la mesa de inspección, en la máquina troceadora y al personal de la etapa de escaldado, antes y después del mismo. El escaldado consistió en sumergir la zanahoria en agua hirviendo durante un tiempo breve, con lo que se consigue inactivar las enzimas que intervienen en las reacciones químicas de las verduras, alargando de esta manera la vida del producto. Una vez lleno el tanque con el vegetal se sumergió durante 2,5 min dentro de otro

tanque provisto con agua a 90°C (363 K) y cloruro de calcio.

El análisis consistió en realizar un hisopado microbiológico a las etapas antes descritas, tomando para ello un hisopo y haciendo un barrido en forma de "s" sobre la superficie a analizar, aplicando, posteriormente, la técnica necesaria para identificar si hay crecimiento microbiano. De igual forma, se procedió a realizar el hisopado en las manos de los operarios que se encuentran antes y después del escaldado. Los análisis microbiológicos realizados fueron: aerobios mesófilos, coliformes totales, *E.coli*, mohos y levaduras, las cuales se realizaron por triplicado. La tabla 1 muestra los métodos utilizados y las especificaciones que deben ser cumplidas (COVENIN 409, 1998).

Tabla 1: Requisitos microbiológicos de la zanahoria troceada congelada.

Microorganismo	Método	Valor (ufc/g)
<i>aerobios mesófilos</i>	(Método AOAC 2002.07) (ufc/g)	Máx. 1×10^6
<i>Mohos</i>	(Método AOAC 2002.11) (ufc/g)	Máx. 1000
<i>levaduras</i>	(Método AOAC 2002.11) (ufc/g)	Máx. 1000
<i>E. coli</i>	(Método AOAC 2005.04) (ufc/g)	Máx. 10
<i>coliformes totales</i>	(Método AOAC 2005.03) (ufc/g)	Máx. 1000

La determinación a bacterias aerobias mesófilas, está basada en el método de determinación de bacterias totales AOAC 2002.07, que es usado para la detección y cuantificación de bacterias aeróbicas totales. La mezcla del medio y la muestra, es transferida a la Placa Simplate e incubada por 24 h. El medio cambia de color con la presencia de microorganismos aeróbicos.

Para la determinación de mohos y levaduras, se empleó el método levaduras y mohos, por Simplate AOAC, 2002.11, el mismo emplea un indicador de color (HyL- Cl) que es usado para la detección y cuantificación de hongos en alimentos y muestras de medio ambiente. La mezcla del medio y la muestra, son transferidas a la placa Simplate e incubada por 72 h. El medio cambia de color con la presencia de mohos y/o levaduras. La cuenta de mohos y/o levaduras es determinada al cuantificar el número de pocillos que cambian de color y usando como referencia la tabla de conversión Simplate.

El método utilizado para determinar coliformes totales y *E.coli*, se realizó siguiendo la metodología AOAC 2005.03 y 2005.04, basado en la tecnología patentada de sustrato definido (Defined Substract Technology (DST), que detecta los coliformes totales y *eschericia coli* por la presencia de las enzimas b-galaptosidasa y b glucoronasidasa, respectivamente. La mezcla del medio y la muestra es transferida a la placa Simplate e incubada por 24 h. El recuento de coliformes totales y *E.coli* es



determinado al cuantificar el número de pocillos que cambian de color y usando como referencia la tabla de conversión Simplate.

Con el objeto de conocer las variables y los factores que contribuyen al riesgo de contaminación del alimento, se realizó un diagrama causa – efecto que, según Martínez (2005), es una forma de organizar y representar las diferentes teorías propuestas sobre las causas de un problema, para ello participaron todos los involucrados del área en estudio, llevando a cabo una tormenta de ideas, siguiendo lo propuesto por Vieytes (2009). Igualmente, fue aplicada la técnica de los 5 Porqué para explorar las relaciones causa-efecto que generan un problema en particular (De Seta, 2008).

Las acciones sugeridas se basaron en las pautas que se enmarcan en Las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) o Good Manufacturing Practices (GMP), las cuales son un conjunto de herramientas que se implementan en la industria de la alimentación, cuyo objetivo principal gira en torno a la obtención de productos seguros para el consumo humano. Sus ejes principales son las metodologías utilizadas para la manipulación de alimentos y la higiene y seguridad de éstos, liberándolos de las enfermedades transmitidas por alimentos (Bastidas, 2008).

Resultados

Del análisis del problema se encontró que, el eje que se ve más afectado por diferentes causas es la maquinaria. Debido al crecimiento vertiginoso de la empresa y de la demanda creciente de los productos, se ha tenido que instalar el proceso productivo con rapidez e ingenio; por otra parte, el diseño de los equipos no cumple, en muchas ocasiones, con los recubrimientos necesarios para proteger al vegetal. Las tablas 2, 3, 4, 5 muestran las evaluaciones microbiológicas realizadas en las etapas del proceso evaluadas.

Una vez identificados los análisis que resultaron no conformes de acuerdo a la norma COVENIN 409 (1998), se procede a calcular el porcentaje de inconformidad obtenida por mes; los resultados de los mismos se encuentran reflejados en la tabla 6. De esta manera, se puede observar, claramente, que los porcentajes más elevados se encontraron al realizar el hisopado microbiológico a los operarios, antes y después del escaldado. Este resultado reafirma que las inconformidades de los productos se ven claramente influenciadas por la manipulación de los mismos, tal como lo afirma la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2007).

Entre los factores que se encuentran afectando la salubridad de la línea de procesamiento de vegetales, se tienen: las averías constantes, producto de la falta de mantenimiento preventivo, que a su vez, es generado por la ausencia de un plan de mantenimiento, deterioro de las

Tabla 2: Resultados microbiológicos en la mesa de inspección.

Mes	Lotes	aerobios mesófilos	mohos	levaduras	coliformes totales	E.coli
1	1	<1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	2	<1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	3	<1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	4	<1 X 10 ⁶	> 1 X 10 ³	> 1 X 10 ³	> 1 X 10 ³	<1 X 10
	5	<1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	6	<1 X 10 ⁶	> 1 X 10 ³	> 1 X 10 ³	> 1 X 10 ³	<1 X 10
	7	<1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
2	1	>1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	> 1 X 10 ³	<1 X 10
	2	<1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	3	<1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	> 1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	4	<1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	5	>1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	6	<1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	7	<1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10

Tabla 3: Resultados microbiológicos en la máquina troceadora.

Mes	Lotes	aerobios mesófilos	mohos	levaduras	coliformes totales	E.coli
1	1	<1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	2	<1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	3	<1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	> 1 X 10 ³	<1 X 10
	4	<1 X 10 ⁶	> 1 X 10 ³	> 1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	5	<1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	6	<1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	7	<1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
2	1	<1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	2	<1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	3	<1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	4	<1 X 10 ⁶	> 1 X 10 ³	> 1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	5	<1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	6	>1 X 10 ⁶	> 1 X 10 ³	> 1 X 10 ³	> 1 X 10 ³	<1 X 10
	7	<1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10

máquinas que viene dado por una ineficiente gestión de repuestos. Igualmente, la ventilación insuficiente, pisos resbaladizos, fallas en la limpieza del área, el diseño de las líneas producto del vertiginoso crecimiento de la planta y fallas en cuanto a la motivación y capacitación del personal, son factores que, radicalmente, se encuentran afectando la inocuidad del producto.

Otro de los factores que influye, son las fallas en cuanto a la ausencia de identificación, adiestramiento en cuanto a seguridad alimentaria, enfocada en la contaminación cruzada y manejo del material caído,



Tabla 4: Resultados microbiológicos de las manos del personal antes del escaldado.

Mes	Lotes	aerobios mesófilos	mohos	levaduras	coliformes totales	E.coli
1	1	<1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	2	<1 X 10 ⁶	> 1 X 10 ³	> 1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	3	>1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	> 1 X 10 ³	>1 X 10
	4	<1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	> 1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	5	<1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	6	<1 X 10 ⁶	> 1 X 10 ³	> 1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	7	<1 X 10 ⁶	> 1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
2	1	>1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	> 1 X 10 ³	<1 X 10
	2	<1 X 10 ⁶	> 1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	3	<1 X 10 ⁶	> 1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	4	<1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	5	<1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	> 1 X 10 ³	<1 X 10 ³	>1 X 10
	6	>1 X 10 ⁶	> 1 X 10 ³	> 1 X 10 ³	> 1 X 10 ³	<1 X 10
	7	>1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10

Tabla 5: Resultados microbiológicos de las manos del personal después del escaldado.

Mes	Lotes	aerobios mesófilos	mohos	levaduras	coliformes totales	E.coli
1	1	<1 X 10 ⁶	> 1 X 10 ³	> 1 X 10 ³	> 1 X 10 ³	<1 X 10
	2	<1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	3	>1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	> 1 X 10 ³	<1 X 10
	4	>1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	5	<1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	6	<1 X 10 ⁶	> 1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	7	<1 X 10 ⁶	> 1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
2	1	<1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	2	>1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	3	<1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	> 1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	4	<1 X 10 ⁶	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	5	<1 X 10 ⁶	> 1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10
	6	>1 X 10 ⁶	> 1 X 10 ³	> 1 X 10 ³	> 1 X 10 ³	<1 X 10
	7	>1 X 10 ⁶	> 1 X 10 ³	> 1 X 10 ³	<1 X 10 ³	<1 X 10

influenciadas por falta de entrenamiento, que lleva consigo la actitud correcta y responsable del personal, la ausencia de una gestión de indicadores y de un sistema de evaluación que registre las operaciones realizadas; así como también, un cronograma efectivo de adiestramientos y capacitaciones. Esto en concordancia con la Gaceta BPF 36.081.

Entre las acciones, considerando que es en la etapa de escaldado donde se pudo evidenciar el mayor número de inconformidades durante el tiempo en estudio, se propuso un sistema diferente, novedoso que no genera

Tabla 6: Porcentaje de inconformidad en las etapas evaluadas.

Mes	Mesa de Inspección	Máquina Troceadora	Personal antes del escaldado	Personal después del escaldado
1	29	29	71	71
2	43	29	86	71

calor y que hace más eficiente la etapa final del producto procesado, el cual consiste en un equipo de congelación rápida que proporcione un flujo turbulento a través del refrigerador. Al estudiar el proceso y analizar las etapas, a nivel microbiológico, se evidenció que en la etapa de escaldado, no sólo ocurre un proceso de generación de calor, que se debe corregir para disminuir las agresiones térmicas y asegurar las condiciones de almacenaje de la cava, sino también, que la manipulación directa del material forma parte importante de la inconformidad de los productos, tal como lo refleja la tabla 6.

Conclusiones

El mayor peligro de inocuidad determinado, ocurre en la manipulación del material después del escaldado, debido a que arrojó los porcentajes de inconformidad más elevados al realizar los análisis microbiológicos. Las Buenas Prácticas de Fabricación controlan las condiciones operacionales dentro de un establecimiento tendiendo a facilitar la producción de alimentos inocuos.

Referencias

Association of Official Analytical Chemists, AOAC. (2002). Recuento de Bacterias Totales por el Método Simplate AOAAC 200.07. Catálogo AOAC. 15ª Edición.

Association of Official Analytical Chemists, AOAC. (2002). Recuento de Levaduras y Mohos por el Método Simplate AOAAC 2002.11. Catálogo AOAC. 15ª Edición.

Association of Official Analytical Chemists, AOAC. (2005). Recuento de Coliformes Totales por el Método Simplate AOAAC 2005.03. Catálogo AOAC. 18ª Edición.

Association of Official Analytical Chemists, AOAC. (2005). Recuento de Eschericia Coli por el Método Simplate AOAAC 2005.04. Catálogo AOAC. 18ª Edición.

Bastidas, J. (2008). Buenas Prácticas de Manufactura. [Artículo en Línea]. (Disponible: <http://pablojavierbastidas.blogspot.com/2008/01/bpm-en-la-industria-de-alimentos.html>. [Consulta 11/09/2009]).

Berger, H. (2007). Procedimientos utilizados en investigación para lograr inocuidad en vegetales frescos cortados. Mundo Alimentario [Revista en línea], Enero/Febrero 2007. Consultado el 13 de Junio del 2009 en: <http://www>.



- alimentariaonline.com/apadmin/img/upload/MA016_FRESHCUT_F.pdf.
- Campos, H. (2000). Inocuidad de Alimentos y Negociaciones Comerciales sobre Productos Agropecuarios. [Artículo en Línea]. (Disponible: http://www.iadb.org/intal/aplicaciones/uploads/ponencias/Foro_INTAL_2000_08_campos.pdf. [Consulta 13/09/2009]).
- Castellanos, R., (2004). Incorporación del sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control en la legislación alimentaria. Salud pública. [Revista en línea], 6 (3). Consultado 15 de Junio del 2009 en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rsap/v6n3/a05v6n3.pdf>. [Consulta: 2009, Junio].
- Cedeño, O. (2002). Evaluación y control de almacenaje de los ingredientes de Alimentos Heinz C.A. Trabajo especial de grado, Universidad de Carabobo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química, Valencia, Venezuela.
- COVENIN 409 (1998). Alimentos. Principios generales para el establecimiento de criterios microbiológicos. (1ª Revisión). Caracas, Venezuela. Ministerio de Fomento.
- Chaló, N. (2004). Análisis de riesgos y control de puntos críticos de control en una central frutícola. Caso Lima Tahití. UDO Agrícola. [Revista en línea], 4(1). Consultado el 15 de Junio de 2009 en: dialnet.unirioja.es/servlet/fichero_articulo?codigo=2221569&orden=7345
- De Seta, L. (2008). La técnica de los 5 Porqué. [Artículo en Línea]. (Disponible: <http://www.dosideas.com/noticias/metodologias/366-la-tecnica-de-los-5-porque.html>. [Consulta 15/09/2009]).
- Gaceta Oficial (1996). Buenas Prácticas de Fabricación, Almacenamiento y Transporte de alimentos para consumo humano. N°36.081.
- Martínez, M. (2005). Diagramas Causa - Efecto, Pareto y Flujogramas [Artículo en Línea]. (Disponible: <http://www.gestiopolis.com/recursos4/docs/ger/diagrama.htm>. Consulta 10/10/2009)).
- Organización Mundial de la Salud. (2007). Manual sobre las cinco claves para la Inocuidad de los Alimentos. [Publicación en Línea]. (Disponible: http://www.who.int/foodsafety/publications/consumer/manual_keys_es.pdf. [Consulta 15/11/2009]).
- Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL, 2003). Manual de Trabajo de Grado de Especialización, Maestría y Tesis Doctorales de la UPEL. Valencia: Manual publicado por la Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
- Valera, M., (2000). Evaluación microbiológica de los puntos críticos en la cadena de procesamiento de una planta beneficiadora de pollos del Edo. Zulia. FCV-LUZ. [Revista en línea], X (5). Consultado el 16 de Junio en: <http://www.scielo.org.co>.
- Vieytes, M. (2009). Brainstorming. [Publicación en Línea]. (Disponible: <http://www.infomipyme.com/Docs/GT/Offline/Empresarios/Brainstorming.htm>. [Consulta 05/11/2009]).



Caracterización Microestructural de Cables de Acero Perlítico de Relajación Baja y Normal, Destinados a Aplicaciones en Concreto Preesforzado

S. B. Cabello¹, M. Herrera¹, J. Cuesta¹, E. S. Puchi², G. González³

¹Escuela de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Venezuela.

scabello@uc.edu.ve

²Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de los Materiales, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela

³Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Los Teques, Venezuela

Resumen

En este trabajo se caracterizan, desde el punto de vista micro estructural, componentes de acero perlítico, con diferente comportamiento de relajación, destinados a aplicaciones en concreto preesforzado. La relajación consiste en la pérdida del esfuerzo inicial aplicado a un componente metálico, a lo largo del tiempo, manteniendo la deformación constante. La relajación es de interés en estructuras de concreto preesforzado, donde la eficiencia del conjunto concreto-acero se ve comprometida por el comportamiento anelástico, inherente al componente metálico. El comportamiento de relajación es evaluado por ensayos estandarizados de 1000 h de duración. En esta investigación se hacen observaciones mediante técnicas de microscopía óptica (MO), microscopía electrónica de barrido (MEB) y microscopía electrónica de transmisión (MET), con la finalidad de determinar si existe una correlación que permita hacer inferencias sobre el comportamiento de relajación de esfuerzos en términos de la estructura obtenida, optimizando el tiempo requerido en ensayos convencionales. Las técnicas de preparación de muestras fueron ejecutadas acorde a cada modo de observación, sobre secciones longitudinales y transversales de hilos centrales provenientes de torones de relajación baja y normal. Las diferencias más significativas fueron encontradas en las observaciones mediante MET, atribuidas a tratamientos termomecánicos aplicados a los componentes de acero, posterior al proceso de trefilado y que alteran significativamente el perfil de esfuerzos residuales. La hipótesis propuesta en investigaciones previas, de que un mayor porcentaje de área ocupada por defectos en secciones longitudinales de alambre trefilado estuviera asociado con mayor relajación de esfuerzos, no fue confirmada en el desarrollo de esta investigación.

Palabras clave: Torones, Acero perlítico, Relajación de esfuerzos, Tratamientos termomecánicos

Microstructural Characterization of Pearlitic Steel Strands with Normal and Low Relaxation Employed in Prestressed Concrete Applications

Abstract

In this study, pearlitic steel structures with different relaxation behavior associated and used in prestressed concrete have been evaluated generally. Stress relaxation is defined as the loss of stress in a material under stress and held at a constant strain. In prestressed concrete structures, stress relaxation losses in steel tendons are of paramount importance because concrete-steel assembly efficiency is affected by metal anelastic behavior. Stress losses are usually measured by a standardized test during 1000 hours. In this study, structures obtained by optical microscopy (OM), scanning electron microscopy (SEM) and transmission electron microscopy (TEM) were evaluated in order to determine if a correlation between relaxation behavior and structured could be established, and finally to optimize the required time by conventional tests. Sample preparation techniques were made according to observation modes, on longitudinal and transversal sections of central wire obtained from normal and low relaxation tendons. More significantly differences were found in the microstructural analysis by TEM. Such differences were attributed to thermomechanical treatments applied to steel components after drawing process, which modify widely the residual stress patterns. The hypothesis reported in previous papers according to the relaxation behavior of seven-strands is highly dependent on the morphology and area fraction occupied by the microcracks that are present along the section of wires that compose it were not confirmed in this investigation.

Key words: Strands, pearlitic steel, stress relaxation, thermo mechanical treatments.

Introducción

Los cables de acero son componentes fabricados a partir de alambres de alto contenido de carbono (aceros perlíticos), los cuales son dispuestos en forma helicoidal alrededor de un hilo central. Pueden encontrarse cables de acero de 7, 12, 19 y más hilos, dependiendo de su aplicación.

En estructuras de concreto preesforzado, los torones (cables de acero de siete hilos) tienen gran utilidad, ya que complementan, junto con el concreto, una

armadura resistente tanto a compresión como a tracción. El torón es sometido a un esfuerzo de tracción antes de la solidificación del concreto, cuando se trata de concreto pretensado o posterior a la solidificación del concreto, cuando a concreto postensado se refiere. En ambos casos, posterior a la aplicación del preesfuerzo y a lo largo del tiempo de vida útil de la estructura, los torones están destinados a sufrir un proceso secuencial de relajación, en el cual hay un descenso en el preesfuerzo inicialmente



aplicado a medida que transcurre el tiempo, con lo que se afecta negativamente la eficiencia de la estructura.

Para la caracterización, desde el punto de vista del comportamiento mecánico, se dispone de la norma ASTM 328-86, para regular los ensayos de relajación en materiales y estructuras [1] y, específicamente, la norma ASTM A 416, que estipula los ensayos de relajación de esfuerzos para componentes de acero de siete hilos, usados en la industria del concreto preesforzado [2]. En general, esta norma considera la aplicación de un esfuerzo inicial, correspondiente al 70% de la resistencia a la tracción del componente bajo condiciones especificadas y el registro del esfuerzo se realiza durante las primeras 1000 h del ensayo, para reportar a ese tiempo el porcentaje de relajación. A partir de ese parámetro, se clasifica el componente de acero de acuerdo al siguiente criterio: si el porcentaje de relajación es menor a 2,5% se trata de un componente de baja relajación, si se encuentra comprendido entre 2,5% y 7% se considera de relajación normal y si supera el 7% se cataloga como un componente de alta relajación. Los componentes de baja relajación son los idóneos para las aplicaciones estructurales [2].

El efecto de la presencia de precipitados sobre el comportamiento de relajación, ha sido investigado en algunos metales, específicamente Lee et al. (2000) determinaron el efecto del tamaño de grano y la presencia de precipitados Al_3Ti sobre el comportamiento de relajación de películas delgadas de aluminio. La micro estructura del aluminio fue modificada de dos formas: por recocido a diferentes temperaturas y por aleación de Titanio al 1,5%. Además, se hizo una comparación del comportamiento de relajación para las diferentes micro estructuras. Los resultados indican que el comportamiento de relajación cambia sustancialmente con el tamaño de grano, aumentando la relajación a medida que el tamaño de grano es más pequeño. En las muestras aleadas con titanio se observó que la aparición de precipitados, a lo largo de los límites de grano, parece suprimir la relajación de manera significativa. Se concluye que el deslizamiento a lo largo de los límites de grano, es el mecanismo de relajación predominante [3].

Se ha reportado una influencia importante de la microestructura del alambre trefilado sobre la relajación de estos componentes; concretamente, se ha observado que los alambres trefilados muestran una orientación preferente de fibras en su textura, las cuales se desarrollan como consecuencia de la gran reducción de área a la cual es sometido el material durante su manufactura, especialmente, cuando no se aplican tratamientos intermedios de recocido [4]. Por otra parte, se ha observado en secciones longitudinales de alambres trefilados, la presencia de microgrietas, orientadas, la mayoría de ellas, hacia el centro del alambre. Se ha señalado la posibilidad de que la proporción de grietas presentes a lo largo de la sección longitudinal del

alambre pudiera estar asociada con las características de relajación del torón. Además, se ha reportado que, tanto el hilo central como los hilos satélites correspondientes a torones de baja relajación, poseen menor proporción de grietas en comparación con los de alta relajación [5].

Lo anterior pone de manifiesto que la posibilidad de evaluar el comportamiento de relajación de esfuerzos, a través de observaciones microscópicas, no deja de ser una alternativa válida frente a los ensayos de relajación, que demandan un consumo de tiempo significativamente mayor. De allí que, la finalidad de la investigación es caracterizar desde el punto de vista micro estructural dos componentes: normal y baja relajación, para determinar si existe alguna correlación con el comportamiento mecánico de pérdida de esfuerzo en el tiempo.

Metodología

El estudio se llevó a cabo empleando muestras de acero en forma de torón, suministradas por VICSON S.A, Valencia, Venezuela. Los torones, correspondientes a la clasificación 270K y provenientes de dos fabricantes (F1 –relajación normal- y F2 – baja relajación-), están constituidos de acero perlítico SAE 1080, cuya composición química se muestra en la tabla 1.

Tabla 1: Composición química del acero SAE 1080 (% en peso).

Procedencia	C	Mn	Si	P	S	Al
F1	0.83	0.79	0.28	0.011	0.006	0.002
F2	0.90	0.74	0.23	0.012	0.010	0.002

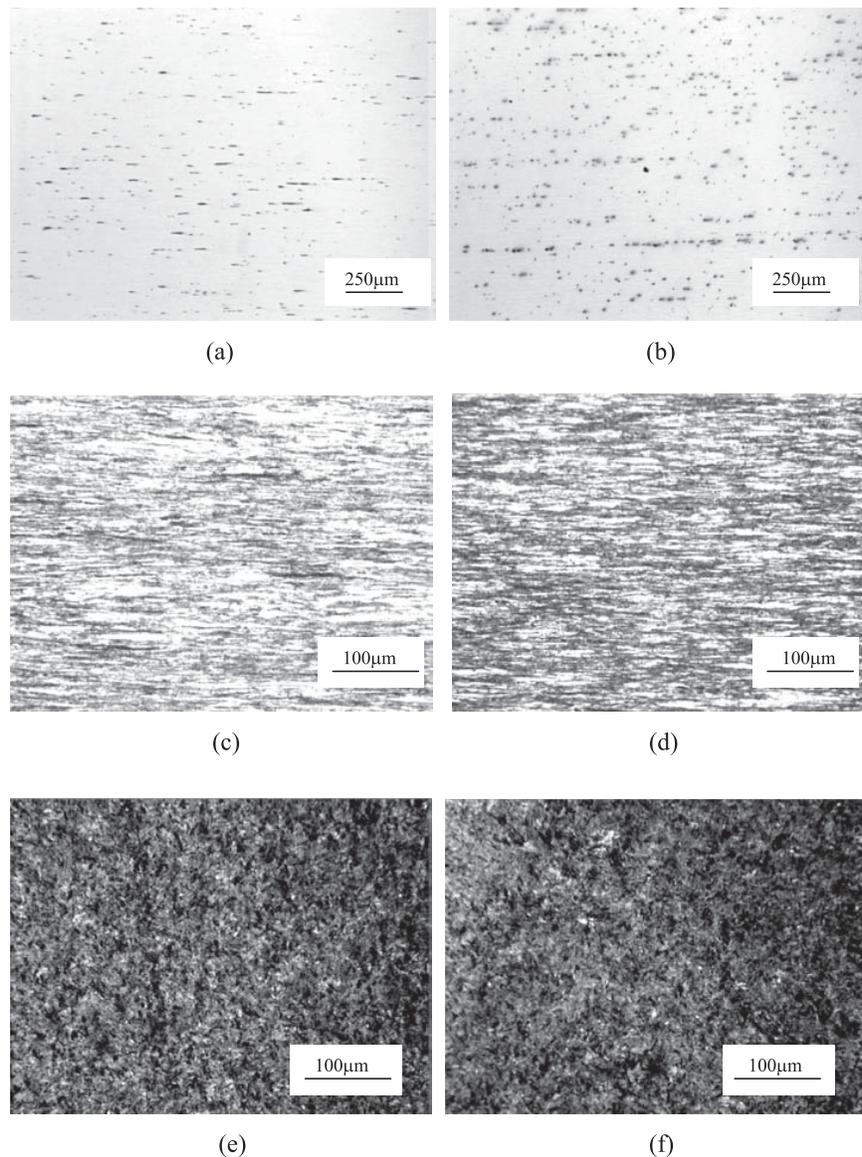
Para el análisis micro estructural de los torones en estudio, se extrajo el hilo central de cada torón y le fue realizado un corte longitudinal por el centro del hilo y adicionalmente, un corte transversal. Una vez embutidas, desbastadas y pulidas las superficies, fueron atacadas con nital al 2%, con un tiempo de exposición de, aproximadamente, 20 s. Se utilizó un microscopio marca Olympus, modelo PMG-3, con aumentos de 50-200X.

Además, se realizó observaciones en microscopio electrónico de barrido. Para ello se utilizó un microscopio marca Philips modelo XL30, acoplado a un analizador de elementos químicos por espectroscopía de rayos X y por dispersión de energía (EDS), que a su vez, permite determinar análisis elemental en puntos localizados en la muestra. Las muestras fueron observadas, tanto en secciones transversales como longitudinales.

Para la etapa de observación por microscopía electrónica de transmisión, las muestras fueron extraídas a partir de secciones transversales del alambre central de cada tipo de torón. Se empleó, como electrolito, una solución de $HClO_4$ (Ácido perclórico) 30% + CH_3COOH (Ácido acético) 70%, a 13°C, 15 V y 0,05 A. Una vez preparadas, fueron llevadas a un microscopio de



Figura 1: Observaciones mediante MO. Secciones longitudinales sin atacar a 50X: (a) F1 y (b) F2. Secciones longitudinales, posterior al ataque a 200X: (c) F1 y (d) F2. Secciones transversales posterior al ataque a 200X: (e) F1 y (f) F2



transmisión marca Phillips, modelo CM 10 para obtener las observaciones de la estructura en modo de campo claro.

Resultados

Las figuras 1 (a), (b) muestran las secciones longitudinales de los hilos centrales de muestras de torones F1 y F2, obtenidas por observación al microscopio óptico, con aumentos de 50X, sin ataque previo. Se aprecia una mayor cantidad de inclusiones presentes en las muestras F2, lo cual se cuantifica en la tabla 2; donde se incluye los resultados de análisis de imagen a cada una de las muestras mencionadas. Se indica el área total de medición (ATM), el área total ocupada por las inclusiones (AOI) y la fracción del área ocupada por las inclusiones (FAOI).

Las figuras 1 (c), (d), (e) y (f), muestran las secciones longitudinales y transversales de los hilos centrales de muestras de torones F1 y F2, obtenidas por observación al microscopio óptico, con aumento de 200X, posterior al ataque. Se aprecia el alargamiento de la estructura, producto de la deformación en frío durante el trefilado y en las secciones transversales, una estructura perlítica severamente comprimida.

Tabla 2: Resultados del análisis de imagen a las muestras de sección longitudinal del núcleo de torones F1 y F2, observadas al microscopio óptico y sin ataque previo.

Procedencia	Aumento	ATM (μm^2)	AOI (μm^2)	FAOI (%)
F1	50X	3247000	51330	1,0
F2	50X	3247000	58187	1,3



La figura 2 muestra las secciones longitudinales y transversales, respectivamente, del hilo central de muestras de torones F1 y F2, obtenidas por observación al microscopio electrónico de barrido, posterior al ataque.

En la tabla 3 se cuantifican los elementos presentes en las muestras de ambas procedencias, tanto en la zona correspondiente a la matriz, donde los elementos predominantes son hierro y carbono, así como en las inclusiones presentes, en las que los elementos y composición es variable, encontrándose mayoritariamente silicio, manganeso y azufre.

Tabla 3: Resultados del análisis elemental a las muestras de sección longitudinal y transversal del núcleo de torones F1 y F2, observadas al microscopio óptico y sin ataque previo.

Sección Longitudinal								
Elemento	F1				F2			
	Matriz		Inclusión		Matriz		Inclusión	
	Wt%	At%	Wt%	At%	Wt%	At%	Wt%	At%
C	0,73	3,29	2,26	8,66	0,52	2,34	0,44	1,66
Si	0,70	1,34	13,30	21,78	0,72	1,39	6,97	19,85
Mn	1,31	1,29	1,03	0,86	1,01	1,01	3,61	5,86
Fe	97,26	94,08	83,41	68,70	97,75	95,26	1,31	1,09
O	-	-	-	-	-	-	87,68	71,54

Sección Transversal								
Elemento	F1				F2			
	Matriz		Inclusión		Matriz		Inclusión	
	Wt%	At%	Wt%	At%	Wt%	At%	Wt%	At%
C	0,72	3,28	0,57	2,36	0,54	2,37	0,56	2,51
Si	0,68	1,33	-	-	0,70	1,38	0,50	0,96
S	-	-	7,55	12,19	-	-	1,41	2,37
Mn	1,20	1,25	12,21	11,50	1,00	1,00	2,96	2,91
Fe	97,40	94,14	79,67	73,95	97,76	95,25	94,57	91,26

Wt%; Porcentaje en peso. At%: Porcentaje atómico

La figura 3 muestra los resultados obtenidos en microscopía electrónica de transmisión, a distintas ampliificaciones, para hilos centrales de torones F1 y F2. Las principales diferencias encontradas son las siguientes: En primer lugar, se observa una estructura más refinada en las muestras correspondientes al torón F2, en comparación con aquellas observadas para muestras de torón F1. Específicamente, el espacio interlaminar de las muestras F2 es claramente menor, así como el grosor de las láminas de cementita. Por otra parte, se aprecia porciones de láminas de cementita seccionadas, perdiendo la continuidad. Aún cuando esta tendencia es observada en ambas condiciones, es más pronunciada para muestra de procedencia F1. Por último, también es notable la tendencia a la globulización, lo cual es más pronunciado en las muestras F2

Discusión

El material F2 presentó mayor cantidad de inclusiones que el material del torón F1. La forma de las inclusiones es diferente para ambos materiales. En el caso del torón F1, la deformación de las inclusiones es atribuida al proceso de conformación. Por el contrario, para el torón F2, las inclusiones son en forma de nódulos casi esféricos, vinculadas con inclusiones no deformables. Para ambos materiales se constató una estructura perlítica, correspondiente al acero SAE 1080, severamente deformada por el trefilado, ya que a lo largo

Figura 2: Observación mediante MEB, posterior al ataque. Secciones longitudinales (a) F1 y (b) F2 y transversales (c) F1 y (d) F2 del hilo central de los torones.

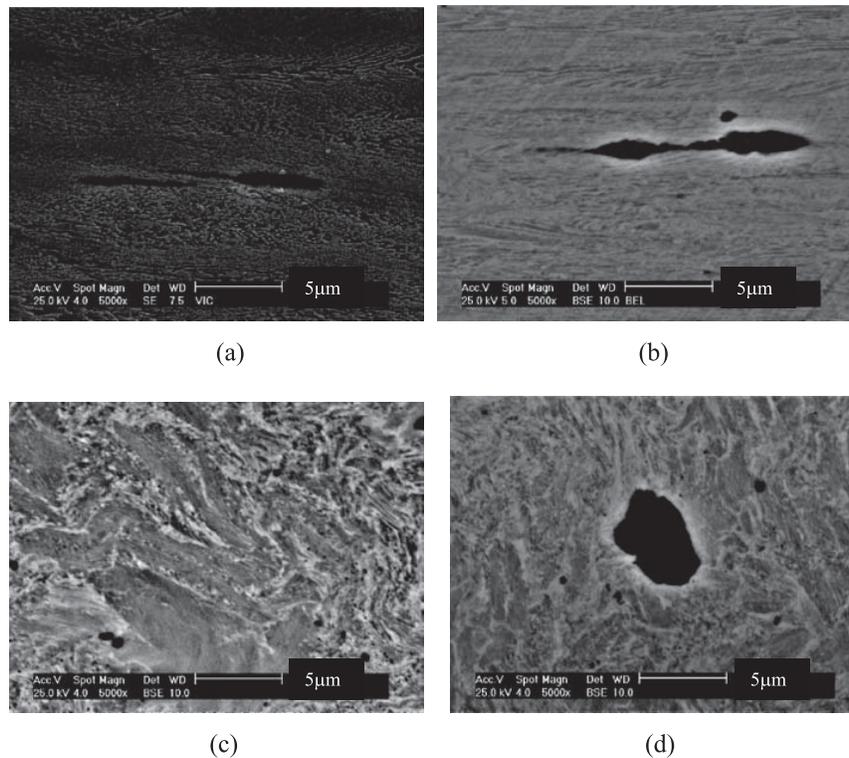
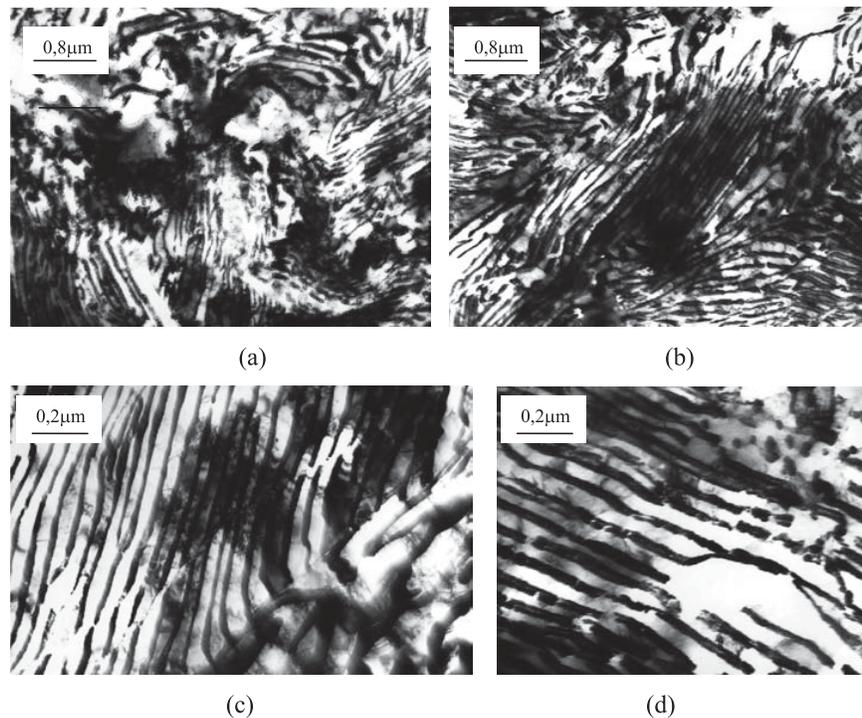


Figura 3: Observaciones mediante TEM. Sección transversal de hilos centrales de torones, a 25000X: (a) F1 y (b) F2 y a 85000X: (c) F1 y (d) F2.



del proceso se reduce el diámetro desde 11 mm hasta 4,24 mm, lo que corresponde a una reducción de área, aproximadamente, de 85%, lo que limita la distinción de límites de grano.

Para ambas condiciones observadas por MEB, en secciones longitudinales, se obtuvo la estructura deformada propia del proceso de deformación. En la muestra F2 se encontró la mayor proporción de área ocupada por irregularidades (inclusiones y/o grietas). En cuanto a la forma de las inclusiones para la muestra F1, éstas muestran apariencia alargada, aunque para la condición F2, se encontró inclusiones que no sufrieron deformación a lo largo del proceso de trefilado, pues mantuvieron su forma aproximadamente redondeada, tal como se reportó en las observaciones por MO. Lo anterior se atribuye a la naturaleza de las inclusiones, ya que pueden ser deformables o no, dependiendo de su composición química. En lo que respecta a las secciones transversales, se observó la estructura característica de la perlita (láminas de ferrita y cementita) con la distorsión atribuible al proceso de deformación en frío. En las muestras (F1) se encontró menor proporción de área ocupada por las inclusiones.

A partir del análisis elemental de las inclusiones presentes en ambas condiciones, se determinó que poseen la composición característica de este tipo de aceros, una matriz perlítica con la composición predominante de hierro y carbono y, en lo que respecta a las inclusiones; se encontró elementos de composición variable, destacándose, mayoritariamente, silicio, manganeso

y azufre. El cambio en el perfil de composiciones es función del área analizada. Los elementos se encuentran combinados, por lo general, en la forma de carburos de silicio, carburos de manganeso y en otros casos, sulfuros de manganeso, todos característicos de aceros al carbono.

Las diferencias más relevantes entre las estructuras correspondientes a las condiciones F1 y F2, fueron encontradas en las imágenes de campo claro obtenidas por MET a las secciones transversales de los hilos que conforman el núcleo de los torones. Tales diferencias se atribuyen a algún tratamiento térmico y/o mecánico para disminuir el perfil de esfuerzos residuales generado durante el trefilado.

La eliminación de tensiones a partir del tratamiento térmico, se atribuye a dos causas. La primera es la disminución del límite elástico con la temperatura. Como los esfuerzos no pueden exceder de este límite, porque el flujo plástico las haría disminuir, al calentar a una temperatura determinada se hará bajar el nivel de esfuerzos al valor que a dicha temperatura conserve el límite elástico. La segunda causa de eliminación de esfuerzos, es la relajación de éstas a lo largo del tiempo de permanencia a esa temperatura. Las diferencias de deformación pueden eliminarse, también, por deformación plástica a temperatura ambiente. En el caso particular del trefilado, se puede estirar algunos tantos por ciento por encima del límite elástico, para eliminar por fluencia las diferencias de deformación. Por lo anterior, se recurre a tratamientos termomecánicos para mejorar



el perfil de esfuerzos residuales, disminuyéndolo y, en consecuencia, aminorando las pérdidas de esfuerzos por relajación^[6-9].

El análisis anterior refuerza la hipótesis de que los torones F2 hayan sido tratados termomecánicamente, es decir, un tratamiento de recocido con otro de deformación plástica simultáneo. Con el tratamiento térmico, se pudo disminuir una proporción de los esfuerzos residuales, por efecto de disminución del límite elástico y pudo reforzarse la práctica con el tratamiento de preestirado, que además de lograr modificaciones favorables del perfil de esfuerzos residuales, compensa las pérdidas de resistencia vinculadas al tratamiento a altas temperaturas.

La hipótesis propuesta en investigaciones previas^[5], de que un mayor porcentaje de área ocupada por defectos en secciones longitudinales de alambre trefilado (inclusiones y/o grietas), estuviera asociado con mayor relajación de esfuerzos, no fue confirmada en el desarrollo de esta investigación. Contrariamente, se determinó que los torones de relajación normal correspondían a la menor área ocupada por defectos.

Conclusiones

Las diferencias más relevantes entre las estructuras correspondientes a las condiciones F1 y F2, fueron encontradas en las imágenes de campo claro obtenidas por MET a las secciones transversales de los hilos que conforman el núcleo de los torones.

Se refuerza la hipótesis de que los torones F2 hayan sido tratados termomecánicamente, es decir, un tratamiento de recocido con otro de deformación plástica simultáneo.

La fracción de área ocupada por tales defectos no es un factor determinante en la relajación de esfuerzos, sino un hecho casual, relacionado con la etapa de colada del acero, donde son adquiridas en mayor o menor grado la proporción de inclusiones.

Referencias

- [1] ASTM E 328-86. (1996) 354-365.
- [2] ASTM A 416. (1974) 323-327
- [3] H. J. Lee, P. Zhang, J. C. Bravman. *Thin Solid Films* 476 (2005) 118-124
- [4] J. Toribio. *ISIJ International*. 42 (6) (2002) 656-662
- [5] R. Urbáez, F. Toledo, G. Castro-Fariñas and E. S. Puchi-Cabrera. *International Conference on Processing and Manufacturing of Advanced Materials*. Las Vegas, USA. 2000
- [6] J. M. Atienza and M. Elices. *Mater. Struct.* 37 (2004) 301-304
- [7] J. Ruiz-Hervias, V. Luzón, H. Prask, T. Gnaeupel-Herold and M. Elices. *Mater. Sci. Eng. A* 435-436 (2006) 725-735

- [8] D. C Ko, S. K. Lee, W. H. Hwangb, B. M. Kim, C. M. Bae. *J. Mater. Proc. Tech.* 191 (2007) 64-67
- [9] F. Yang, Y. Wang, J. Q. Jiang, F. Fang, C. Ma, K. L. Zhao and W. Li. *Mater. Sci. Eng. A* 487 (2008) 46



Influencia de una amina sobre la actividad catalítica del complejo hidrosoluble $\text{RhH}(\text{CO})(\text{TPPTS})_3$ en la hidroformilación de olefinas de una nafta

Baricelli P. J¹, Rodríguez Alimar¹, Modroño-Alonso M¹, Rosales M².

¹Centro de Investigaciones Químicas, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.
mmodrono@yahoo.com / pbaricel@uc.edu.ve

²Facultad Experimental de Ciencia y Tecnología, Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela.

Resumen

Se evaluó el complejo $\text{RhH}(\text{CO})(\text{TPPTS})_3$ en reacciones de hidroformilación bifásica de olefinas contenidas en nafta ligera de refinería, en presencia y ausencia de una amina alifática, en la fase acuosa. La nafta usada es de la Refinería El Palito sin dilución, de esta manera se puede determinar si es aplicable a nivel industrial el proceso. La nafta usada contiene alrededor de 42% de olefinas con longitudes de cadena de 5 a 7 átomos de carbono por lo que los oxigenados obtenidos van de 6 a 8 átomos de carbono, esta particularidad aumenta el atractivo de los resultados como posibilidad de aprovechamiento industrial. Se sintetizó el catalizador “in situ” y se realizó un estudio preliminar de la influencia del uso de etanolamina en la catálisis bifásica bajo este método de síntesis. Se encontró evidencia de aumento en la solubilidad del gas de síntesis. Durante las reacciones catalíticas con 1-hexeno se demostró que la amina no migra a la fase orgánica a las condiciones de reacción y que en las reacciones de hidroformilación bifásica con nafta real, se observan aumentos significativos en la conversión.

Palabras Clave: Catálisis Bifásica, complejo de rodio, hidroformilación de olefinas, naftas, aminas alifáticas.

Influence of an aliphatic amine on the catalytic activity of the water-soluble complex $\text{RhH}(\text{CO})(\text{TPPTS})_3$ in the hydroformylation of alkenes contained in a real naphtha cut

Abstract

We evaluated the complex $\text{RhH}(\text{CO})(\text{TPPTS})_3$ in biphasic hydroformylation of alkenes contained in a refinery's light naphtha, in the presence and absence of an aliphatic amine in the aqueous phase. The naphtha cut used is from the “El Palito” refinery without dilution, so it can be determined if it is applicable to industrial scale process. The naphtha used contains about 42% of olefins with chain lengths of 5-7 carbon atoms so that the aldehydes obtained range from 6-8 carbon atoms; this feature increases the attractiveness of the outcome as a possibility for industrial use. The catalyst was obtained “in situ” and a preliminary study of the influence of the ethanolamine in biphasic catalysis under this method of synthesis was conducted. Evidence was found of increased solubility of the syn-gas. The catalytic reactions with 1-hexene showed that the amine does not migrate into the organic phase under the reaction conditions, and in the biphasic hydroformylation of the real naphtha cut, a substantial increase in the conversion was found.

Key words: Biphasic catalysis, rhodium complex, hydroformylation of olefins, naphtha, aliphatic amines.

Introducción

Es bien conocida la actividad de complejos de rodio en reacciones de hidroformilación de olefinas cortas (propeno) en medio bifásico [1] y más recientemente con olefinas de longitudes de cadena moderadas [2,3], existiendo plantas comerciales basadas en este tipo de procesos empleando el complejo $\text{RhH}(\text{CO})(\text{TFFTS})_3$, específicamente se habla del proceso desarrollado por Ruhrchemie/Rhone-Poulenc para producir butanal.[1-3]. El catalizador de rodio, es un complejo soluble en agua coordinado a ligandos triarilfosfina modificados por la introducción de grupos sulfonas altamente polares en anillos fenilicos unidos a fósforo, especialmente las sales de tri(m-tri fenil fosfina trisulfonada de sodio, $\text{P}(\text{m-C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{Na})_3$, popularmente conocido como tri fenil fosfina trisulfonada (TFFTS) [2,4]. En publicaciones recientes demostramos la actividad de los complejos de rodio y rutenio mononucleares frente a olefinas de cadena de 6 átomos de carbono, con diferentes estructuras, impedimento estérico y su respectivas mezclas [5,6]; además de la tolerancia a compuestos azufrados y reciclaje

de la fase acuosa, todo esto con miras a demostrar su actividad frente a una nafta real de refinería y proponer esquemas tecnológicos que permitan aprovechar este tipo de procesos a escala industrial.

Una nueva aplicación muy interesante de las reacciones de hidroformilación involucra el tratamiento de mezclas de olefinas de mediano peso molecular con longitudes de cadena de C4-C7, presentes en cortes de naftas de refinería [7,8]. En este orden de ideas, estamos interesados en el hecho que la nafta de refinería (base de gasolina) contiene mas del 50% volumétrico de olefinas C5-C7 de diferentes estructuras, lo que la hace difícil de hidroformilar requiriéndose tiempos elevados de reacción, por lo tanto planteamos un estudio preliminar de aumento de la cantidad de gas de síntesis disuelto en la fase acuosa, usando como referencia estudios de recuperación de CO_2 en soluciones acuosas de aminas. [9]



Experimental

La presente investigación, desde el punto de vista de profundidad es exploratoria ya que busca crear antecedentes en el uso de aminas como agentes de aumento de solubilidad de gas de síntesis en sistemas catalíticos bifásicos. Según su estrategia metodológica se clasifica como tipo experimental.

Procedimientos generales

Todas las manipulaciones de reactivos para síntesis se realizaron bajo atmósfera inerte (N_2 o Argón), usando técnicas de Schlenck. Todos los gases son de alta pureza (>99%) y adquiridos de la compañía AGA. Para realizar el análisis cualitativo de los componentes de la nafta se empleó un cromatógrafo de gases Marca Agilent modelo 5890 Plus Detector de masas por impacto de electrones con columna HP1 de 30m, 320 mm y detector ultra 2.5% fenil metil silicona y librería de componentes NIST 98. La cuantificación de los componentes, se hizo por integración directa aproximada; no se emplearon patrones por la extensa variedad de componentes y la ausencia de información de componentes y productos. Los espectros de Infrarrojo se realizaron en un equipo Perkin – Elmer 1000 usando muestras como discos de KBr.

Hidroformilación catalítica bifásica in situ

La síntesis in situ se realiza durante el armado y estabilización del reactor, antes de introducir la nafta real de refinería. Para ello se emplea un reactor por carga de acero inoxidable (Parr, 100mL), el cual está provisto de sistema de agitación mecánica, tanque acondicionado para alta presión, unidad de control de temperatura y sistema para toma de muestras, donde se colocan 0,144 g (0,253 mmol) del ligando hidrosoluble tris (m-sulfonil) fosfina de sodio $[(\text{C}_6\text{H}_5\text{SO}_3\text{Na})_2\text{P}(\text{m}-\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{Na})]$ disueltos en la cantidad de agua correspondiente (20 mL, 50 mL o 80 mL), previamente burbujeada con gas inerte; posteriormente se adicionan 0,015 g (0,058 mmol) de (acetilacetato)dicarbonilo de rodio (I) $[\text{Rh}(\text{acac})(\text{CO})_2]$. El reactor se cierra, ajustando bien la rosca de seguridad, se verifica que todas las válvulas se encuentren cerradas y se purga (3 veces) con el gas de síntesis proveniente del pulmón conectado al mismo, y seguidamente se presuriza con ese mismo gas hasta una presión de 500 psig. Se fija la temperatura (80°C) y agitación deseada en el controlador (750 rpm), y se deja correr la reacción bajo esas condiciones por 1 h, pasado este tiempo se agregan 4,81 g de nafta al reactor desde el reservorio conectado al mismo, por medio de arrastre con el gas de síntesis hasta alcanzar 800 psig de presión de operación. Se recolectaron muestras cada 24 h, a las cuales se le separaron las fases y se analizó la fase orgánica por GC-MS. Al final de la reacción, el reactor

fue enfriado en baño de hielo y ventilado antes de abrirlo para analizar la mezcla final del proceso. Finalmente, se conduce un ensayo de hidroformilación bifásica acuosa con la nafta ligera de refinería en presencia de 0,07 mL (1,169 mmol) de monoetanolamina.

Resultados y discusión

Síntesis “in situ”

La síntesis y caracterización del complejo hidrosoluble $\text{RhH}(\text{CO})(\text{TPPTS})_3$ está ampliamente estudiada en trabajos y publicaciones previas [10], por lo que al realizar la síntesis in situ, se busca ubicar las señales características que muestren los ligandos coordinados.

En la figura 1(a), se observa en el FTIR donde las bandas características del carbonilo (2012 cm^{-1}) y el hidruro (2050 cm^{-1}) del complejo. En la figura 1.b, se presenta el RMN de fósforo en el cual se confirma la presencia del doblete a 45 ppm, característico de las tres fosfinas equivalentes. Sin embargo, en esta misma figura se observa otro doblete de menor intensidad en la misma zona, el cual puede ser asignado a la especie activa que se podría encontrar para ese instante de tiempo en una proporción muy baja con respecto al catalizador. Finalmente, en la figura 1.c; el RMN de protones, muestra la presencia del cuarteto centrado en $-9,75$, confirmando la presencia del hidruro acoplado. Todo lo antes descrito demuestra la obtención del complejo in situ.

Hidroformilación catalítica in situ

Un análisis cromatográfico de la nafta [11] muestra que la cantidad y proporción de los componentes de la misma se mantiene igual a los reportados por nuestro grupo [8] manteniéndose la concepción de que dicho corte de nafta es favorable para el proceso. Ella contiene 42% de olefinas, con cerca del 55% monosustituidas y disustituidas. Se realizaron pruebas de hidroformilación bifásica de nafta ligera de refinería, de 24 horas variando la cantidad de agua empleada como soporte del catalizador. Los resultados de conversión total se muestran en la figura 2.

En la figura 2, se observa una disminución proporcional de la conversión a media que aumentó el volumen de la fase acuosa, esto se debe a la presencia de la TFFTS, que le atribuye al complejo una alta solubilidad y estabilidad en la fase acuosa. Dicha estabilidad trae como consecuencia que al aumentar el volumen del agua, la especie activa le cueste más llegar a la interfase. De acuerdo a esto, se optó por realizar una prueba exploratoria con 10 mL de agua para confirmar la proporcionalidad de los datos, resultado un sólido en la fase acuosa durante la toma de muestra, lo que indicó que a las condiciones de operación estudiadas, con 10 mL de agua y 100 mg (0.059 mmol) de catalizador, el mismo precipita.



Figura 1: Espectros del complejo RhH(CO)(TPPTS)₃ sintetizado “in situ”: (a) FTIR; (b) RMN³¹P{¹H}; (c) RMN¹H.

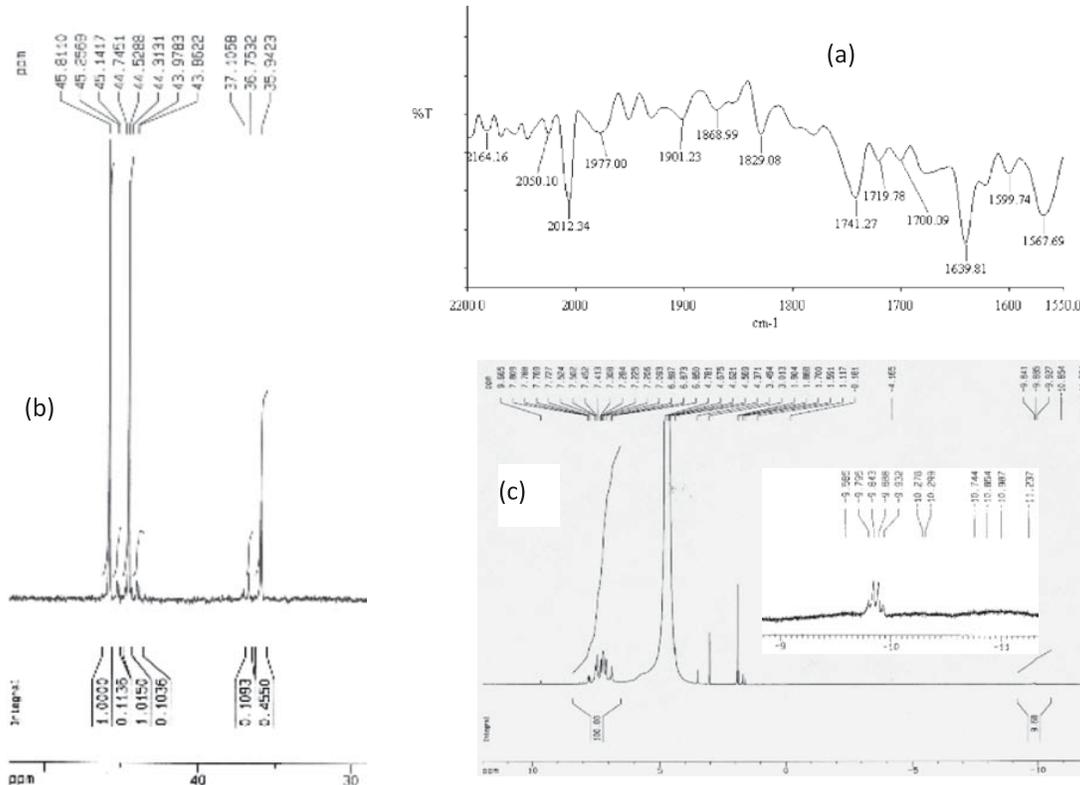
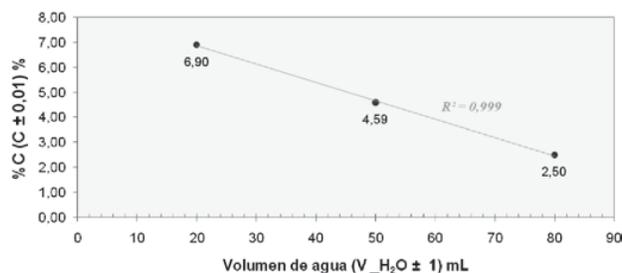


Figura 2: Variación de la conversión total con el volumen de agua usado.



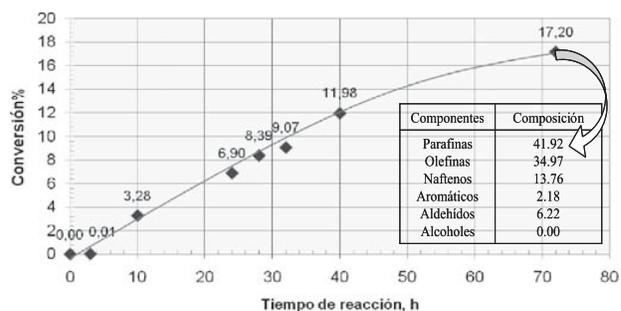
De acuerdo a estos resultados se decide trabajar con 20mL de agua y 100mg (0,059 mmol) de catalizador. El perfil de reacción y la distribución de productos al final de la reacción, para estas condiciones se muestran en la figura 3.

La baja conversión observada se atribuye a la gran variedad y cantidad de olefinas, presentes en la nafta ligera de refinera, compitiendo por los sitios activos del complejo, además de los problemas difusionales intrínsecos de los procesos catalíticos bifásicos.

Influencia de las aminas en la actividad catalítica del complejo

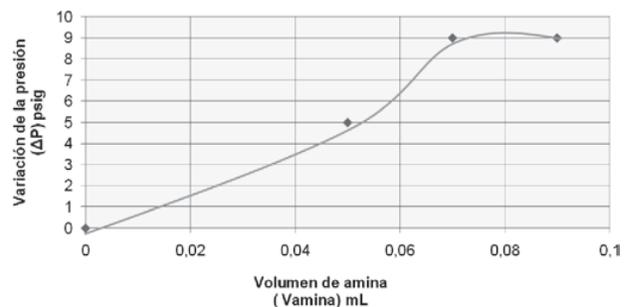
Con el fin de estudiar cambios en la solubilidad del gas de síntesis en agua se realizaron las pruebas de solubilidad a temperatura ambiente y 800psi de gas

Figura 3: Perfil de conversión y distribución de productos del proceso de hidroformilación de nafta ligera de refinera con el complejo RhH(CO)(TPPTS)₃ sintetizado “in situ”.



de síntesis, mostrándose los resultados en la figura 4. Es importante aclarar que se trabaja con agua sola: en ausencia de complejo, reactivos y productos.

Figura 4: Pruebas de solubilidad de aminas en agua.



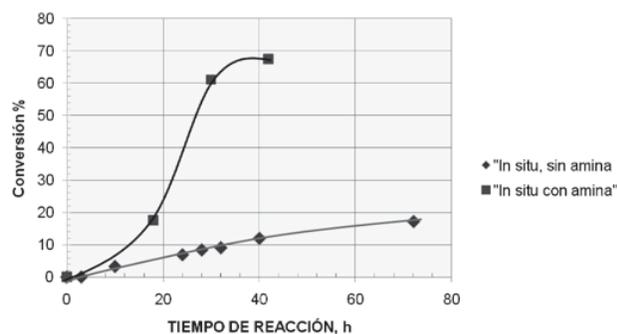


En la figura 4, se observa que al no añadir amina, la caída de presión del sistema es cero psig, siendo consistente con lo esperado teóricamente por la baja solubilidad del monóxido de carbono e hidrógeno en agua, sin embargo, con 0,05 mL (0,835 mmol) se empieza a observar un ΔP de 5 psi, indicativo de un aumento de solubilidad del gas de síntesis en agua, este cambio de presión se observa hasta 0,09 mL (1,503 mmol) donde la caída de presión del sistema es igual a la obtenida con 0,07 mL (1,169 mmol), pudiéndose afirmar que para la amina alifática en estudio el aumento de solubilidad entra en régimen.

El siguiente paso fue monitorear si existe la transferencia de masa de la amina hacia la fase orgánica, ya que se desea que los reactivos y productos no se contaminen con la sustancia añadida. Para ello se realizaron reacciones de hidroformilación in situ con 1-hexeno, recalándose la ausencia de señales cromatográficas de amina u otros compuestos diferentes a los aldehídos en dicha fase. Es importante señalar que la presencia de amina en el sistema involucró un cambio de pH de 6 a 12, debido a que la misma es de origen básico y aunque esté en muy baja concentración (<0.45% v/v), la especie nueva influye en el pH de la solución.

Finalmente, se sometió a la nafta al proceso de hidroformilación bifásica en presencia de etanolamina, mostrándose en la figura 5, donde adicionalmente incluimos a modo de comparación el perfil mostrado en la figura 3, para mostrar el cambio de velocidad de reacción que ejerce la amina sobre el proceso, específicamente hablamos que en 42h de reacción la conversión se dispara de 12% a casi 68%; lo que representa un aumento de casi 56%, demostrando un atractivo importante para el proceso.

Figura 5: Perfiles de conversión del proceso de hidroformilación bifásica in situ de nafta real de refinería.



Este aumento de velocidad se puede atribuir al aumento de solubilidad de gas de síntesis, ya que al aumentar la cantidad de monóxido de carbono e hidrógeno disponibles en la fase catalítica, se disminuyen los problemas difusionales, trayendo como consecuencia una mayor conversión en un menor tiempo. Sin embargo,

no se puede descartar que el cambio de pH pueda influir en la velocidad de reacción. Esto permite abrir una posibilidad de profundización en el estudio de dicha variable para el proceso de hidroformilación bifásico.

Conclusiones

Se obtiene el complejo $RhH(CO)(TPPTS)_3$, “in situ”, el cual es activo para los procesos de hidroformilación bifásica de nafta ligera de refinería bajo condiciones moderadas de reacción, 80°C y 800 psig de presión de gas de síntesis. Esto lo convierte en un método atractivo a nivel industrial. Adicionalmente, se encuentra que la amina alifática estudiada mejora la solubilidad del gas de síntesis, lo que se traduce en conversiones más altas en tiempos más bajos.

Recomendaciones

Debido a que el presente trabajo es una evaluación preliminar, se recomienda verificar si el cambio de velocidad se debe a la presencia de la amina o al cambio del pH del medio. Adicionalmente, sería interesante evaluar otro tipo de aminas y su influencia en la estructura de la especie activa de reacción.

Agradecimientos

Agradecemos al FONACIT (Caracas) por el apoyo financiero mediante el Proyecto F-97003766, CONIPET Proyecto 97-003777 y al CODECIH-UC Proyecto 94017. De igual manera agradecemos a la Red Iberoamericana de Ciencia y Tecnología Para el Desarrollo, CYTED, Proyecto V.9 y a la Universidad de Carabobo por permitir la publicación de este trabajo.

Referencias

1. P.W.N.M. van Leeuwen and C. Claver, Eds. “Rhodium Catalyzed Hydroformylation”, B. R. James and P.W.N.M. van Leeuwen, Eds. *Catalysis by Metal Complexes Series Vol. 22*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2000.
2. B. Cornils, W.A. Herrmann, in: B. Cornils and W.A. Herrmann, Eds., “Applied Homogeneous Catalysis with Organometallic Compounds”, 2nd Ed., Wiley-VCH: Weinheim, 2002, Ch. 3.1.1.1, pp. 603-633.
3. D. He, D. Pang, T. Wang, Y. Chen, Y. Liu, J. Liu, *J. Mol. Catal.* 174(2001)21.
4. B. Cornils, W.A. Herrmann, *Aqueous Phase Organometallic Catalysis. Concept and Application*, Wiley-VCH, Germany, 1998.
5. Baricelli, P.; Lujano, E.; Rodríguez, M.; Fuentes A.; Sánchez-Delgado, R., 2004, *Appl. Catal.*, 263, 187-191.



6. P.J. Baricelli, E. Lujano, M. Modroño, A.C. Marrero, Y.M. García, A. Fuentes, R.A. Sánchez-Delgado *J. Organomet. Chem.* 689(2004)3782.
7. Guanipa, V. J.; Melean, L. G.; Modroño, M.; González, A.; Rosales, M.; López-Linares, F.; Baricelli, P., 2009, *Applied Catalysis A: General*, 358, 21-25.
8. Modroño, M.; Guanipa, V.; Melean, L. G.; Rosales, M.; González, A.; Baricelli, P. J., 2009, *Applied Catalysis A: General*, 358, 2, 211-214.
9. White, Curt M.; Strazitar, Brian R.; Granite, Evan J.; Hoffman, James S.; Pen, Henry W. (Jun 2003). Separation and capture of CO₂ from large stationary sources and sequestration. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 53(6): 645-715.
10. Arhencet, J. P.; Davis, M. E.; Merola, J. S. and Hanson, B. E (1990). Supported Aqueous – Phase Catalysts. *Journal of Catalysis*. 121, 327 – 339.
11. Reporte de la obtención de la nafta



Ergonomía y psicología aplicada en una empresa del sector alimentos

Maricruz Santiago Valor¹, Azael Peña Loyo², Eliana Rodríguez Márquez³

¹Escuela de Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería. Universidad de Carabobo.

²Servicio Médico Ocupacional. Corporación INLACA C.A

³Escuela de Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería. Universidad de Carabobo.

³elianarodriguez99@gmail.com

Resumen

Se realizó un estudio de ergonomía y psico-sociología en tres puestos de trabajo del área de envasado en una empresa del sector alimentos, que involucra a un total de treinta trabajadores. Se recurrió a una investigación descriptiva con diseño de campo para evaluar la demanda biomecánica de la actividad y los factores psicosociales, usando el método REBA, JSI e ISTAS21. La ecuación de NIOSH permitió evaluar la manipulación de cargas y la lista de chequeo OCRA evidenció repetitividad. REBA y JSI califican la mayoría de las actividades como de alto compromiso músculo-esquelético, especialmente sobre la espalda así como los índices de levantamiento NIOSH. Los puntajes OCRA muestran nocividad para el 60% de los trabajadores y a nivel psicosocial se evidenció como factores críticos la inseguridad, estima y exigencias psicológicas en el área de trabajo. Finalmente, se proponen medidas de ingeniería y administrativas para promover la adaptación bio-psicosocial del trabajo.

Palabras Clave: Riesgo músculo esquelético, REBA, OCRA, Evaluación Psicosocial.

Ergonomics and applied psychosociology in an enterprise of the food sector

Abstract

An study of ergonomics and psycho-sociology was conducted on three jobs in the packaging area of a food sector company, involving a total of thirty workers. Used a descriptive research to evaluate the biomechanical demands of the activity and psychosocial factors, using the REBA, JSI and ISTAS21 methods. The NIOSH equation assessed the material handling and OCRA checklist showed repetitive movements. REBA and JSI qualified most high-demanding activities such as musculoskeletal, especially on the lower back like the NIOSH lifting index did. OCRA scores harm for high repetition impacting 60% of the workers, and for psychosocial level became evident as critical factors for insecurity, esteem and psychological demands in the work area. Finally, engineering and administrative measures are proposed to promote bio-psycho-social adaptation on the work.

Key words: Muscle Skeletal Risk, REBA, OCRA, Psychosocial Assessment.

Introducción

Las tareas repetitivas pueden provocar fatiga y molestias en los trabajadores de la industria al incurrirse en un alto compromiso de músculos, tendones ligamentos, nervios y vasos sanguíneos con insuficiente tiempo para la recuperación, (Colombini et al., 2002). La exposición frecuente e intensiva a estas condiciones generan trastornos músculo esqueléticos, y éstos pueden aumentar los costos de operación comercial, al punto de convertir un proyecto próspero en un negocio “no rentable” (Winkel y Westgaard, 1996).

En Venezuela, el Instituto Nacional de Prevención, Salud y Seguridad Laboral, (INPSASEL, 2006) señaló en el boletín epidemiológico del año 2006, un 74,3% de lesiones de esta naturaleza sobre el total de las patologías, donde el principal factor de daño fue atribuido a la relación hombre-máquina (14,9%). La necesidad de importación de equipos y herramientas en el país agrava esta condición, pues la mayoría de las veces, las características físicas de los trabajadores no coinciden con la maquinaria, ocasionando la agilización de las funciones y la superación de capacidades de los individuos lo que finalmente puede terminar en

procesos patológicos de fatiga y desórdenes del sistema osteomuscular, entre otros, (Manero et al., 2005).

La evaluación del componente biomecánico y antropométrico ha sido el enfoque tradicional de valoración del riesgo asociado a tareas con alto contenido manual, (Daniellou, 2007). Sin embargo, investigaciones han demostrado la influencia de los factores ambientales (Bernard, 1997) (Rodríguez et al., 2008) y psicosociales (Aptel, 2001) sobre la aparición y cronicidad de trastornos músculo esqueléticos, por lo cual se decidió a través del desarrollo de esta investigación, evaluar de manera sistémica un grupo de trabajadores del área de Envasado de una empresa alimenticia.

Tomando en consideración los aspectos arriba mencionados, es propósito de este estudio evaluar un grupo de actividades del sector alimenticio para lograr identificar factores que representen un potencial para el desarrollo de trastornos músculo esqueléticos desde la óptica de la postura, manipulación de cargas, factores psicosociales y de organización del trabajo. De esta manera se podrán establecer los lineamientos para el diseño de las mejoras de ingeniería y de administración de la exposición que ayuden a disminuir el impacto real de estos agentes.



Materiales y Métodos

El estudio correspondió a una investigación de tipo descriptiva con diseño de campo (Arias, 2006), en la que se evaluaron tres (03) puestos de trabajo del área de Envasado, debido al impacto de 23,28%, que ésta área mostró sobre la morbilidad departamental, según reporte semestral Enero- Junio 2009, emitido por el Servicio Médico Ocupacional de la organización, permitiendo ubicar bajo la óptica de la ergonomía, a un total de treinta (30) trabajadores.

En primer lugar, se entrevistó a los colaboradores y tras explicarles el procedimiento de la investigación, accedieron voluntariamente a participar en el estudio en conformidad con la declaración de Helsinki. Se realizaron observaciones directas e indirectas en la jornada de trabajo a través de cámaras filmadoras y de inspección visual al personal de los tres turnos de trabajo (mañana, tarde y noche) y además, se hizo entrega de un instrumento para la identificación de riesgos músculo esqueléticos, en conjunto con un esquema corporal para valoración de dolencias (Corlett y Bishop, 1976) y una encuesta corta para el diagnóstico de factores psicosociales (Tage, 2000), completados de manera anónima por el trabajador.

Para la evaluación postural fue utilizado el método REBA (Hignett y Mcatamney, 2000) acompañado con la herramienta JSI (Moore y Garg, 1995) para medir el impacto de las tareas manuales intensas sobre las extremidades superiores. El estudio del efecto de manipulación de cargas, se abordó con la aplicación de la ecuación revisada de NIOSH (Waters et al., 1994) con el fin de proporcionar directrices consecuentes con las limitaciones y capacidades físicas de los trabajadores en estudio.

Adicionalmente, el impacto de la frecuencia de la tarea, estuvo a cargo del desarrollo de Lista de Chequeo OCRA (Colombini et al., 2002), con la generación de un índice cuyo valor alerta sobre el riesgo a desarrollar trastornos músculo esqueléticos en las extremidades superiores.

Finalmente, se plantean mejoras a las condiciones de trabajo de índole tecnológica y administrativa, orientados al aumento de la productividad general en el área de Envasado a partir de la adaptación del trabajo al hombre y en concordancia con los lineamientos legales vigentes.

Presentación de Resultados

Con respecto a la valoración de dolencias, se encontró: espalda baja(95,65%), provocada posiblemente por la bipedestación prolongada y constantes flexiones que se generan del levantamiento de cargas en el puesto de trabajo, cuello (73,91%), cuya molestia responde a la flexión, rotación e inclinación que se realiza en encestado de unidades o muestreo de calidad. y muñecas(43,48%),

cuyo padecimiento se explica por la naturaleza de la actividad, que es netamente manual, con acciones de rotación, inclinación lateral y supinación en el manejo de las cestas por cuanto el principal sistema afectado recae sobre las extremidades superiores.

Además de ello, la respuesta de los colaboradores al evaluar los riesgos de trastornos músculo esqueléticos (T.M.E) en el puesto de trabajo, mostró flexión de tronco (39%), con rotación (65%) e inclinación lateral (39%), a lo cual se añadió flexión de cuello (56%) debido a la manipulación de cargas (cestas). Otro dato importante radica en que el 52% de los encuestados practican levantamientos con empuje y traslado de cargas con grandes esfuerzos a lo que todos añaden reiteradamente la bipedestación prolongada y la repetición monótona de sus tareas.

Evaluación Biomecánica según REBA y JSI

En la tabla N°1, se presentan los resultados de la aplicación del Método REBA y JSI para los tres puestos de trabajo. La aplicación del método REBA, muestra 86% de los trabajadores afectados, en niveles de riesgo “Alto” y “Muy Alto”, como consecuencia de la adopción frecuente de posturas inadecuadas (elevaciones de hombros mayores a 90°, flexiones de cuello y tronco, superiores a 20°) y de la permanencia bípeda, prolongada y hacinada en el área de trabajo, como es el caso de los ayudantes de las máquinas. A ello se suma la aplicación de fuerzas bruscas en la manipulación de cargas, rotaciones excesivas del cuello, tronco y muñecas en el armado de cestas, levantamiento y/o traslado de empaques o rotaciones de los mismos segmentos en la vigilancia de la operación de llenado de la máquina.

El JSI, practicado sólo a ayudantes, reitera el impacto desfavorable de la actividad manual de encestado, al presentar 85,71% de trabajadores en situación peligrosa, con repeticiones de hasta 35 veces/min, acompañados de flexión e inclinación lateral de las muñecas por causa de la incorporación de cestas sobre una cadena transportadora que avanza a velocidad moderada. La tarea mostrada como segura, implica alimentación de cestas vacías sobre la maquinaria, a una altura de 135 cm y frecuencia de 0,1 veces/min.

La tabla N°3, corresponde a el estudio de manipulación de cargas referido por NIOSH. En lo que a manipulación de cargas se refiere, NIOSH señaló 27% de colaboradores con alto riesgo de padecimiento de lesiones lumbares por manejo inadecuado del peso, que alcanza los 21 Kg, con un índice de levantamiento superior hasta cuatro veces del peso recomendado, como consecuencia de agarres deficientes de la carga, y ubicación alejada del cuerpo, en el levantamiento, traslado y descenso de cestas/empaques.

**Tabla 1:** Método REBA y JSI.

Puesto	Nombre	REBA	Riesgo	JSI	Riesgo de la tarea
1	Op1	10	Alto	-	-
	Ay 1	8	Alto	60,8	Peligrosa
	Ay 2	12	Muy Alto	40,5	Peligrosa
	Op 2	11	Muy Alto	-	-
2	Ay 3	10	Alto	40,5	Peligrosa
	Op 3	9	Alto	-	-
	Op 1	11	Muy Alto	-	-
	Op 2	9	Alto	-	-
	Op 3	10	Alto	-	-
	Ay 1	10	Alto	81	Peligrosa
3	Ay 2	11	Muy Alto	54	Peligrosa
	Ay 3	10	Alto	40,5	Peligrosa
	Ay ext 1	8	Alto	13,5	Peligrosa
	Ay int 1	8	Alto	27	Peligrosa
	Ay int 2	8	Alto	81	Peligrosa
	Ay int 3	10	Alto	27	Peligrosa
	Col 1	9	Alto	1	Segura
	Col 2	9	Alto	0,5	Segura
	Ay ext 2	10	Alto	40,5	Peligrosa
	Ay int 4	8	Alto	60,8	Peligrosa
	Col 3	9	Alto	3	Segura
	Ay int 5	8	Alto	60,8	Peligrosa
Ay ext 3	6	Med	60,8	Peligrosa	
Op 1	6	Med	-	-	
Op 2	6	Med	-	-	
Op 3	8	Alto	-	-	
Ay ext 4	6	Med	40,5	Peligrosa	
Ay ext 5	10	Alto	27	Peligrosa	
Ay ext 5	9	Alto	40,5	Peligrosa	
Ay ext 6	11	Muy Alto	27	Peligrosa	

Op: Operador Máquina; Ay: Ayudante

Tabla 3: Estudio de Levantamiento de Cargas.

Puesto	Ocupación	Límite (Kg)	Peso Actual (Kg)	Índice de NIOSH	Riesgo
1	Op 1	5,5	21,46	3,901818	Alto
	Op 2	11,1	21,46	1,933333	Moderado
	Op3	5,7	21,46	3,764912	Alto
	Ay 1	11,2	20,94	1,869643	Moderado
	Ay 2	10,3	20,94	2,03301	Moderado
	Ay 3	8,6	20,94	2,434884	Moderado
2	Op 3	3,7	21,46	5,8	Alto
	Ay 3	7,9	20,94	2,650633	Moderado
	Ay 1	6,9	20,94	3,034783	Alto
	Ay 2	11,5	20,94	1,82087	Moderado
3	Op 1	7,1	21,46	3,022535	Alto
	Op 2	10,2	21,46	2,103922	Moderado
	Ay Ext 1	6,5	16	2,461538	Moderado
	Ay Ext 2	6,1	16	2,622951	Moderado
	Ay Ext 3	7,9	16	2,025316	Moderado
	Ay Ext 4	12,1	16	1,322314	Moderado
	Ay Ext 5	8,2	16	1,95122	Moderado
	Ay Ext 6	6,9	16	2,318841	Moderado

Op: Operador Máquina; Ay: Ayudante

De la aplicación de ambas herramientas, resultaron límites de pesos de 8 ± 3 Kg, para ambas ocupaciones (operador, ayudante) a excepción de un trabajador cuya condición médica especial, amerita un manejo de 3,7 kgs.

La tabla N°4, presenta los resultados del estudio de frecuencias OCRA, Lista de chequeo. La repetición, resaltó como agente disergonómico, otorgando al 60% de los trabajadores categorías "Altas" de riesgo

de T.M.E. Los encastadores, se vieron mayormente afectados por las prácticas de Envasado, en donde la prolongación de movimientos de hombros, cercanos a los 90°, establecimiento de posturas estáticas, y tiempos de descanso menores a los diez minutos por períodos consecutivos de 4-8 hrs, originó el incremento disparado del índice OCRA con valores de 24 y 30 respectivamente.

Tabla 4: Estudio de Frecuencia OCRA

Puesto	Ocupación	Lista de Chequeo OCRA	Riesgo	
1	Op 1	19,125	Medio	
	Ay 2	30,063	Alto	
	Ay 1	30,063	Alto	
	Ay 3	30,063	Alto	
	Op 3	19,125	Medio	
	Op 2	19,125	Medio	
	2	Op 1	19,125	Medio
		Op 2	19,125	Medio
		Op 3	19,125	Medio
		Ay 1	30,0625	Alto
		Ay 3	30,0625	Alto
		Ay 2	30,0625	Alto
3	Op 1	13,325	Ligero	
	Op 3	13,325	Ligero	
	Op 2	13,325	Ligero	
	Ay Ext 1	24,375	Alto	
	Ay Int 1	24,375	Alto	
	Ay Int 2	24,375	Alto	
	Ay Int 3	24,375	Alto	
	Col 1	3	Optimo	
	Col 2	3	Optimo	
	Ay Ext 2	24,375	Alto	
	Ay Int 4	24,375	Alto	
	Col 3	3	Optimo	
Ay Int 5	24,375	Alto		
Ay Ext 3	24,375	Alto		
Ay Ext 4	24,375	Alto		
Ay Ext 5	24,375	Alto		
Ay Int 6	24,375	Alto		
Ay Ext 6	24,375	Alto		

Op: Operador Máquina; Ay: Ayudante

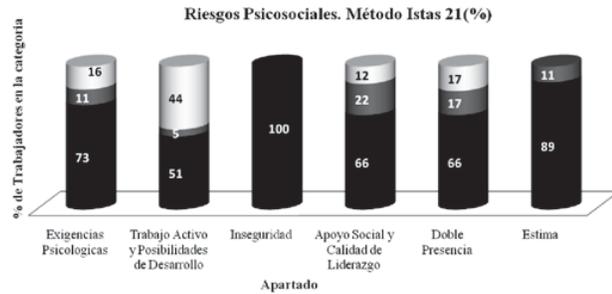
El resto, se mantuvo en valores de 13 y 19 puntos, correspondiente a los operadores cuyo ritmo está totalmente impuesto por la maquinaria indicando una alerta para el establecimiento de nuevos sistemas de alimentación. El colocador de cestas vacías, fue el único trabajador que se encontró menos comprometido para el desarrollo de patologías osteomusculares, observándose en los resultados en la zona "Óptima" de la escala.

Evaluación de los Factores Psicosociales

Al realizar el análisis correspondiente a los factores psicosociales, mostrado en la figura N°1, se pudo detectar que el 100% de los trabajadores sienten "inseguridad" en sus puestos de trabajo, por considerarse blanco inesperados de alternativas como la reubicación,

desincorporación, cambios en la tarea, variación de la remuneración o turno de trabajo. Por otro lado el 66% percibió como rápida, la velocidad de desarrollo de la tarea, en materia de exigencia psicológica, y además señaló que una distribución irregular de los elementos del ciclo de trabajo, impide la finalización efectiva de la actividad al final de la jornada.

Figura 1: Factores Psicosociales detectados en los trabajadores.



El Trabajo Activo, fue descrito por el 51% de los encuestados, en términos de pérdida de autonomía en decisiones operativas. Los trabajadores refieren que no se les consulta acerca de decisiones influyentes en su área de trabajo, especialmente en el caso de los operadores y ayudantes, cuya jerarquía del primero conlleva a la omisión de la libertad, del segundo.

El Apoyo Social y liderazgo (56%) se ve afectado por la falta de integración entre líderes y subordinados, pues se presentan opiniones encontradas sobre la delimitación de responsabilidades y la comunicación para la resolución de problemas. Y la estima (89%) se encuentra comprometida entre los trabajadores y su líder por falta de reconocimiento en los logros alcanzados de sus tareas, con la referencia de maltratos verbales ocasionales de sus dirigentes.

Discusión de los Resultados

De la aplicación de los modelos de evaluación ergonómica se puede resumir que posturas inadecuadas y la repetitividad son los principales factores que aquejan el desempeño normal de la actividad. La adopción de flexiones pronunciadas de tronco con levantamiento de cargas se presenta como un agente de riesgo para aparición de lesiones especialmente en la parte baja de la espalda para la mayoría de los trabajadores, pues en dichos compromisos se somete a las estructuras corporales a un insuficiente riego sanguíneo y a fuerzas de compresión muy altas que promueven la degeneración, situación que se empeora por la acción de una posición bípeda durante todo el ciclo de trabajo, tal y como lo reportan las investigaciones de Garg y Kapellusch (2009).

El impacto sobre los miembros superiores, especialmente sobre hombros, cuello y muñecas, quedaron evidenciados tras la aplicación de métodos sensibles a factores de riesgo particulares para dichas

estructuras. Rotaciones e inclinaciones laterales en labores de encestado, así como fuerzas bruscas sobre el manguito rotador, provocan dolencias crónicas a nivel de la espalda alta y hombros, desencadenando patologías propias de sobreesfuerzos (Punnett et al., 2004), tales como el síndrome del túnel carpiano, hombros dolorosos, cervicalgias y diversas contracturas musculares, reportadas al Servicio Médico Ocupacional a través de la Morbilidad Departamental.

A esta situación se suma el efecto de la repetición que generan las máquinas envasadoras cuya velocidad de 16800 u/hr, se traduce en una situación de alto nivel de atención para satisfacer las demandas del trabajo para los colaboradores. Al respecto, Punnett et al. (2000) señalan que discretas pero repetidas acciones de flexión de hombros se constituyen en un factor de riesgo para la aparición de TME y que deben ser sometidas a cambios de ingeniería para corregir los problemas desde la fuente. La evidencia reportada por los métodos de valoración ergonómica se corresponden adecuadamente con la percepción emitida por los trabajadores, y con los registros del Servicio Médico Ocupacional, donde destacan como principal resultados de las actividades laborales inadecuadas, discopatía lumbar y la hernias discales conjuntamente con las enunciadas en la sección anterior.

En relación con los factores Psicosociales, el conflicto de roles asociado con falta de conocimiento de sus responsabilidades, puede ser factor de acarreo de una molestia lumbar, dolencias en el sistema mano muñeca y en los antebrazos, tal como lo señala Devereux et al. (2004) y de igual forma, esta misma causa, acompañada de síntomas de inseguridad en el puesto, confrontaciones, baja remuneración y escaso soporte social, pueden provocar molestias en la zona del cuello, codos, hombros y zona lumbar, detectadas efectivamente por los trabajadores, a través del instrumento de identificación de molestias. La incertidumbre en el trabajo, relativa a la falta de información de lo que se plantea hacer y cómo se plantea hacer, también se ha demostrado como posible causante de afecciones en el área del cuello y de las manos (Aptel, 2001).

Para minimizar el impacto de estas condiciones, se promueve el diseño de propuestas administrativas y de ingeniería, que incluyen la incorporación de ayudas mecánicas (mesas elevadoras), elementos de descanso (reposapié, rotaciones, pausas activas), modificación de geometría de la estación (altura, ubicación de elementos), formación ergonómica para manejo de cargas, reconocimiento a labores, formación de competencias e integración. A pesar que los resultados emitidos de este análisis no pueden establecer una relación directa sobre cada factor físico y/o psicosocial, con las afecciones musculares, permite dar cuenta del impacto que en conjunto generan sobre la salud del



trabajador, reafirmando la necesidad de realizar un abordaje sistémico de la situación de trabajo, de tal manera de diseñar mejoras que permitan disminuir la nocividad de agentes biomecánicos, físicos, fisiológicos y psicosociales, tal y como lo reportan Manero et al. (2005) y Daniellou (2007).

Conclusiones

La investigación científica que se realizó reitera, en primera instancia, el impacto que condiciones biomecánicas (manipulación de cargas, sobreesfuerzo, movimientos repetitivos), pueden ocasionar sobre la salud y desempeño del trabajador. Adicionalmente, permite dar cuenta de la influencia que actualmente refieren otros investigadores acerca de los efectos de factores psicosociales en la génesis y pronóstico de molestias músculo esqueléticas. Si bien con este estudio no se ha podido establecer dicha relación de manera directa, se puede evidenciar que la existencia de escenarios de estrés, desmotivación para el trabajo e inseguridad, puede crear un clima de tensión en el individuo que en conjunto con características particulares, generan situaciones desfavorables para la salud.

El carácter multifactorial del comportamiento humano, demuestra que la detección, análisis y tratamiento de trastornos músculo esqueléticos, debe partir de un enfoque sistémico, con base en la multidisciplinariedad de la ergonomía, para el alcance de resultados óptimos en materia de salud, seguridad, productividad y costos. Ante este panorama, la influencia de los factores psicosociales en la salud músculo esquelética de operadores manuales en el contexto venezolano se perfila como una línea de investigación que puede producir un marco científico de mucho provecho para la mejora continua de las condiciones de trabajo y por ende del bienestar de los trabajadores.

Referencias

- Aptel, M. (2001). TMS du membre supérieur liés au travail: des connaissances établies pour construire la prevention. Quels facteurs de risques? Quels liens avec le stress? Prevenir les TMS, mieux articuler santé et organisation du travail. Actes du colloque, Paris, Francia.
- Arias, F. (2006). El proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica. Quinta Edición. Caracas. Editorial Episteme.
- Bernard, B. (1997). A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity and low back. Centers for disease control and prevention (NIOSH). NIOSH publication 97-141.
- Colombini, D., Occhipinti, E., & Grieco, A. (2002). Risk Assessment and Management of Repetitive Movements and exertions of upper limbs. Elsevier , 111-117.
- Corlett, E., & Bishop, R. (1976). A technique for measuring postural discomfort. Ergonomics , 9:175-182.
- Daniellou, F. (2007). La prevención de los desórdenes músculo esqueléticos: ampliar los márgenes de maniobra para todos. Proceedings del 2º Congreso de la Unión Latinoamericana de Ergonomía. Bogotá, Colombia: ULAERGO.
- Davis, K., & Heaney, C. (2000). The relationship between psychosocial work characteristics and low back pain: underlying methodological issues. Clinical Biomechanics, 15(6), 389-406.
- Devereux J.J., Rydsted, L., Kelly, V., Weston, P., y Buckle, P., (2004). The role of work stress and psychological factors in the development of musculoskeletal disorders., Robens Centre for Health Ergonomics. University of Surrey. Guildford. Surrey, Research report 273.
- Garg, A., & Kapellusch, J. (2009). Applications of biomechanics for prevention of work-related musculoskeletal disorders. Ergonomics , Vol 52 (1): 36-59.
- Hignett, S., & Mcatamney, L. (2000). Rapid Entire Body Assessment (REBA). Applied Ergonomics , Vol 31:201-205.
- INPSASEL. (10 de 12 de 2006). Instituto Nacional de Prevención de la salud y Seguridad Laborales. Recuperado 5/9/2009/ www.inpsasel.gov.ve/paginas/estadisticas.htm
- Manero, R., Soto, L., & Rodríguez, T. (2005). Un modelo simple para la evaluación integral del riesgo a lesiones músculo-esqueléticas (MODSI). MAPFRE Medicina, vol. 16: 2 12: 86-94.
- Moore, J.S. y Garg, A., (1995). The Strain Index: A proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders. American Industrial Hygiene Association Journal, 56, pp 443-458.
- Punnett, L., Fine, L., Keyserling, W., Herrin, G., & Chaffin, D. (2000). Shoulder disorders and postural stress in automobile assembly work. Scandinavian Journal of Work, Environment & Health, 26(4): 283-291.
- Punnett, L., Gold, J., Katz, J., Gore, R., & Wegman, D. H. (2004). Ergonomic stressors and upper extremity musculoskeletal disorders in automobile manufacturing: A year follow up study. Occupational and Environment Medicine , 61:668-674.
- Rodríguez, E., Medina, E., & Manero, R. (2008). Evaluación del nivel de riesgo a lesiones músculo esqueléticas en el sector automotriz venezolano. Universidad, Ciencia y Tecnología, Vol. 48.
- Tage, S. (2000). Cuestionario de Copenhague (CopSoQ). Adaptada en Español por el Instituto Sindical de



Trabajo Ambiente y Salud (ISTAS). Dinamarca:
Instituto Nacional de Salud Laboral.

Waters, T., Putz-Anderson, V., & Garg, A. (1994).
Application manual for the revised NIOSH lifting
equation. Cincinnati OH: Department Health and
Human Services.

Winkel, J., & Westgaard, R. (1996). Editorial: A model
for solving work related musculoskeletal problems
in a profitable way. *Applied Ergonomics*, 27, 71-
77.



Factibilidad técnica de la instalación de un reactor piloto en una planta de tratamiento de superficies y adhesivos industriales

Katiuska Franceschi¹, Donato Magarelli² y Harold Medina²

¹Inscribe el trabajo. Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería. Universidad de Carabobo. Bárbula-Venezuela. kfranceschi@uc.edu.ve

²Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería. Universidad de Carabobo. Bárbula-Venezuela.

Resumen

Realizar mejoras en procesos productivos permite el buen aprovechamiento de materias primas favoreciendo a la reducción de costos. Tomando en cuenta esta situación, se propone la instalación de un reactor a escala piloto que pueda producir las cantidades exactas requeridas por los clientes y de esta manera se disminuye el inventario en relación con otros reactores que exceden la producción requerida por los clientes. Para el logro del objetivo planteado se determinan las condiciones del reactor a instalar, se proponen alternativas de solución, luego se selecciona la alternativa más favorable y se determina la factibilidad económica de la instalación del reactor. El equipo seleccionado tiene un motor de 390 rpm, agitador con palas inclinadas a 45° y requiere chaqueta de intercambio de calor. Los indicadores económicos demuestran que el proyecto es rentable y conviene realizar la inversión.

Palabras clave: factibilidad técnica, reactor a escala piloto.

Technical feasibility of the installation of a reactor pilot in a plant of treatment of surfaces and industrial adhesives

Abstract

To carry out improvements in productive processes allows the good use of matters cousins favoring to the reduction of costs. Taking into account this situation, he/she intends the installation from a reactor to scale pilot that can take place he exact quantities required by the clients and this way diminishes the inventory in connection with other reactors that they exceed the production required by the clients. For the achievement of the outlined objective the conditions of the reactor are determined to install, they intend alternative of solution, then the alternative is selected but favorable and the economic feasibility of the installation of the reactor is determined. The selected team has a motor of 390 rpm, agitator with shovels bowed at 45° and it requires jacket of exchange of heat. The economic indicators demonstrate that the project is profitable and he/she suits to carry out the investment.

Key words: technical feasibility, reactor to scale pilot.

Introducción

En el diseño de equipos industriales se debe cumplir con las necesidades de los procesos tomando en cuenta el entorno y la dinámica de todo el proceso que involucra.

La empresa se especializa en la fabricación de productos para el tratamiento de superficies y adhesivos industriales. Tomando en cuenta los principales propósitos de la planta en la presente investigación se plantea diseñar un equipo capaz de aprovechar al máximo los recursos empleados en la fabricación de nuevos productos. Para lo cual se requiere seleccionar un equipo que permita cumplir con las necesidades de la planta evitando la acumulación de óxido de zinc en el fondo del reactor. Por esta razón se evalúan varias alternativas mediante una matriz de selección se escoge la mas apropiada para realizar el proceso y mediante su evaluación económica se garantiza la inversión para la empresa.

Metodología

Al iniciar la investigación se definió el área de la planta que contara con los servicios necesarios para la operación del reactor. Al definir el área se especifico principalmente la dimensión, operatividad del área,

servicios industriales, distancia a almacenes de materia prima y producto terminado, facilidad para la supervisión de las actividades y seguridad industrial.

Ya seleccionada el área se determinaron las condiciones de operación del equipo. Se prosiguió a la generación de alternativas de solución. Luego se seleccionó la mejor alternativa considerando costo del equipo, disponibilidad, material de fabricación, capacidad, instrumentos, tipo de agitador, potencia del motor y chaqueta de intercambio de calor. Para finalizar se determinó la factibilidad económica de la alternativa seleccionada, estimando inversión inicial, costos operacionales y estudio de la rentabilidad al aplicar el valor presente neto, tasa interna de retorno y tiempo de pago.

Resultados y Discusiones

Se inició la investigación planteando las posibles áreas para la instalación del reactor piloto. Se encontraron cinco posibles zonas que para su evaluación y siguiente selección para lo que se tomaron en cuenta los principales factores: dimensión, operatividad del área, servicios industriales, distancia a almacenes de materia prima y



producto terminado, facilidad para la supervisión de las actividades y seguridad industrial.

Se considera como dimensión del área al espacio físico disponible. La operatividad del área corresponde a considerar si en el área a estudiar se está actualmente generando productos. Los servicios industriales toma en cuenta la disponibilidad en el área de vapor, agua de enfriamiento, aire comprimido y agua de proceso. Distancia a los almacenes de materia prima y producto terminado considera lo cercano lo lejano de la ubicación del área productiva. La zona ex corresponde a áreas protegidas contra riesgos de explosión. En las áreas a evaluar se considera la disponibilidad de espacios para la disposición de materias primas y productos terminados. La facilidad para realizar el mantenimiento preventivo, es variable importante para prolongar la vida útil del equipo. La presencia de señalización minimiza los riesgos de accidentes. Los costos de instalación y adecuación del área se relacionan a la compra de equipos, realización de nuevas conexiones eléctricas, neumáticas y otros servicios además de modificaciones del espacio.

La facilidad para realizar las supervisiones de actividades en el área disminuye la posibilidad de errores operativos. La seguridad industrial considera la protección del personal del área.

De esta manera, se definieron cinco posibles áreas las cuales se evaluaron para la selección de la más recomendable mediante una matriz de selección, tomando en cuenta los servicios necesarios para la operación del reactor.

Con el resultado que se aprecia en la Tabla 1, el área seleccionada corresponde a la 1.

Ya establecida el área de instalación del reactor, se prosigue a determinar las condiciones de operación del equipo. Para lo cual se estudian todos los reactores de la planta, así como la fabricación de los distintos productos, con el objeto de concentrar todas las características de los equipos y las necesidades de los productos en un formato que permita tomar en cuenta todos los parámetros al momento de diseñar el reactor piloto, el mismo debe ser capaz de probar los métodos de elaboración de nuevos productos, así como también corregir las desviaciones presentes en la elaboración de los productos. Al tratar este punto se encontró con la situación del producto fosfatado Bonderite ZN 50® en cuya fabricación interviene el óxido de zinc que corresponde a una materia prima en polvo cargada al reactor manualmente, que no se disuelve totalmente adhiriéndose al fondo del equipo. Esto hace necesario la limpieza del sistema ocasionando pérdida de tiempo en los procesos productivos.

Tabla 1: Matriz de selección para la definición de un área de la planta adecuada según los servicios necesarios para la operación del reactor.

	Posibles áreas para la instalación del reactor					
	%	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5
Dimensión del área	10	4	2	5	4	3
Operatividad de área	10	5	5	3	1	1
Disponibilidad de servicios industriales	5	5	5	5	1	1
Distancia a los almacenes de materia prima	5	3	4	5	4	5
Distancia a los almacenes de producto terminado	5	5	4	5	1	4
Zona ex	5	5	5	2	1	1
Espacio en el área para la disposición de materias primas y productos terminado	10	5	3	5	3	1
Facilidad de mantenimiento	8	5	5	4	2	3
Señalización	2	5	5	3	1	2
Costos de instalación	10	4	2	2	1	1
Costos de adecuación del área	20	5	4	2	1	1
Facilidad para la supervisión de las actividades	5	5	5	2	1	3
Seguridad industrial	5	4	4	3	1	
	100	4.65	3.85	3.48	1.73	1.78



Para evaluar este problema generado por el óxido de zinc, se realizó un diagrama causa efecto para identificar las posibles causas del problema (Figura 1).

Las causas del problema se agrupan en las 6M: mediciones, materiales, medio ambiente, métodos, maquinaria y mano de obra.

En la categoría de mediciones se tiene el error de laboratorio y al pesar. En el error del laboratorio es debido a que se añade óxido de zinc en exceso, sin embargo este se descarta ya que el exceso se determina por fórmula y es imposible que se cometa el mismo error por distintos analistas.

El error al pesar es propio al realizar esta técnica. El mismo se descarta ya que al estudiar las órdenes de producción del producto se encuentra que las cantidades agregadas inicialmente concuerdan con los valores determinados por la fórmula.

Para la categoría de materiales se estudian mal embalaje y material fuera de especificación. El mal embalaje corresponde a embalar óxido de zinc en mal estado lo que podría ocasionar que la humedad afecte a la materia prima. Se visitó el almacén para revisar el estado del embalaje del producto encontrándose que todos los sacos estaban correctamente cerrados y las paletas recubiertas con plástico adherente, por lo que se descarta esta posibilidad.

Material fuera de especificación corresponde a evaluar que la especificación del óxido sea la correcta, ya que de no ser de esta manera afectaría la capacidad de disolverse. Se realizan análisis de calidad al óxido de zinc y de no cumplir con las especificaciones no se envía al proceso productivo. Por lo que se descarta esta variable.

No se encontraron causas relacionadas con el medio ambiente que pudieran afectar el producto de esta manera se elimina esta variable.

La categoría métodos toma en cuenta carga de materias primas fuera de metodología considerando que pudiera cargarse materia prima no indicada en la fórmula. Esto se rechaza por la poca probabilidad que

esto sucediera todas las veces en que se lleva a cabo el proceso de producción.

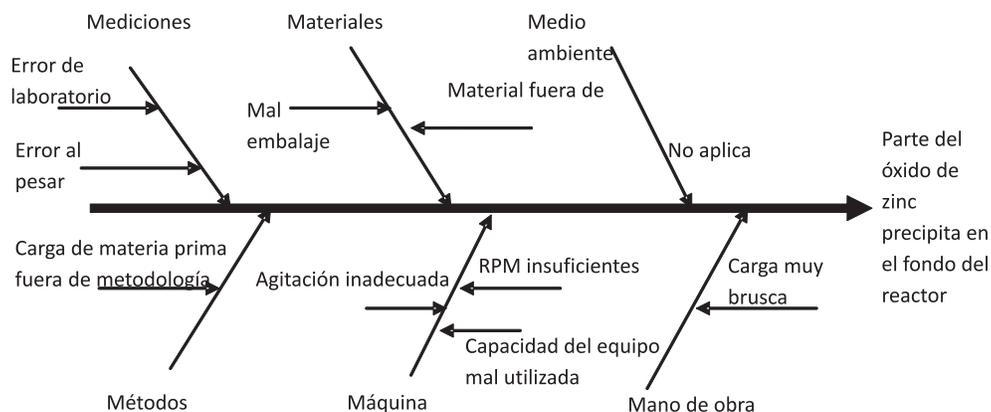
En la categoría máquinas se toma en cuenta la existencia de agitador inadecuado, insuficientes rpm y capacidad del equipo mal utilizada. La necesidad de estudiar el empleo de un agitador inadecuado corresponde a la observación del diseño de los alabes del agitador que se clasifican de alta eficiencia pero esta agitación mecánica no es recomendada para la suspensión de sólidos debido a los pobres aunque uniformes esfuerzos axiales que produce (Streeter, 2000) (Perry, 2002).

Insuficientes rpm se considera ya que de no ser suficientes, la energía transmitida al fluido no es suficiente para que pueda producir la fuerza boyante sobre las partículas sólidas de manera de suspenderlas, siendo necesario que las partículas no se acumulen en el fondo del tanque. Utilizando la metodología establecida en el manual de mezclado industrial, se realizó la prueba de sólidos totalmente suspendidos en un equipo a escala laboratorio y se demostró que un agitador de palas inclinadas a 45° aportaba el esfuerzo axial para suspender las partículas de óxido de zinc (Mc.Cabe, 2002), girando a una velocidad de 390 rpm.

Capacidad del equipo mal utilizada: si el equipo dispone una capacidad mayor a la cantidad que se quiere producir esto dificulta la circulación global del fluido. Analizando las cantidades de productos que se generan en la planta a lo largo de los meses de un año, se puede considerar que la capacidad debe encontrarse entre 0,5 y 1m³. Con la capacidad de 1m³ se dispone de un inventario para 30 a 45 días lo cual es ideal para mantener un tiempo de respuesta a clientes adecuado y tener capacidad de cubrir demandas en las que varía bruscamente.

En la categoría mano de obra se tiene carga muy brusca, la cual se considera ya que la velocidad al agregar el óxido de zinc pudiera afectar el proceso. Esto se descartó al observar detalladamente el proceso de producción en el cual se demostró que la reacción se lleva a cabo de manera instantánea formándose el complejo

Figura 1: Diagrama causa efecto de la precipitación del óxido de zinc.





fosfatado de zinc al ponerse en contacto el óxido de zinc con la mezcla de ácidos que componen al producto.

Con esta evaluación se establecieron como condiciones fundamentales que el volumen del reactor debe ser no mayor a 1m³, con un agitador cuya velocidad de rotación sea alrededor de 390rpm y palas inclinadas de 45°.

Tomando en cuenta lo anteriormente explicado se proponen alternativas de mejora que permitan solucionar la situación relacionada con la dilución del óxido de zinc. Se proponen tres alternativas:

Alternativa 1: Adquirir el equipo en el mercado internacional ya que se dificultó encontrar un proveedor nacional capaz de fabricarlo.

Alternativa 2: Existe en planta un equipo que actualmente no está operativo, el cual perteneció a la fabricación de productos orgánicos. Tiene una capacidad de 400L, motor de 1hp y 180 rpm, con chaqueta de intercambio de calor que puede operar tanto con vapor como con agua de enfriamiento.

Alternativa 3: Un mezclador de 460L de capacidad, motor de 800 rpm y 1hp, no posee chaqueta de intercambio de calor. El equipo actualmente no está operativo.

Con las tres alternativas planteadas se prosigue con la selección de la mas apropiada, mediante una matriz de selección en la que se asigna una escala de de 1 al 5. Se consideran las variables siguientes:

Costo del equipo: inversión asociada a la compra del reactor. Asignándole un 20 % debido a la gran repercusión que tiene sobre la inversión inicial del proyecto. En la escala de 1 al 5 se asigna una menor puntuación a la alternativa de mayor costo.

Disponibilidad: Toma en cuenta el tiempo requerido para disponer del equipo en la planta. Se le asigna un 12 %. La puntuación es mayor para los equipos que ya están en planta, debido a solo requerir unas horas para su reubicación.

Material de fabricación: se considera el material del equipo ya que debe ser tomado en cuenta para evitar costos de mantenimiento, al reducirse la corrosión y de esta manera tener una mayor vida útil. Se le asigna un 14%. La puntuación se le asigna igual a las tres alternativas ya que disponen de material recomendado en bibliografía.

Capacidad: Es un factor muy importante ya que ayuda a disminuir los costos operativos generados por los días de inventario inadecuado de un producto, sea por defecto o exceso del material. El porcentaje asignado es del 14. La puntuación asignada será mayor mientras sea más próximo a la capacidad deseada.

Instrumentación: La instrumentación adecuada del sistema permite una correcta y segura operación. Se le asignó un 8% debido a que se puede iniciar el proyecto con la instrumentación disponible y se va adecuando el equipo para hacerlo trabajar de manera óptima y versátil. La puntuación se coloca de manera proporcional a los instrumentos que el equipo dispone.

Tipo de agitador: Del estudio realizado se tiene que el agitador es parte fundamental del sistema. Se le asigna un 10% ya que es una pieza sencilla de fabricar por el departamento de mantenimiento de la compañía. La puntuación mayor se coloca al equipo que tenga un agitador más semejante a las características deseadas.

Potencia del motor: Es importante para solucionar el problema del óxido de zinc, sin embargo se le coloca un 8% debido que se puede sustituir de manera sencilla.

Chaqueta de intercambio de calor: es parte fundamental del equipo ya que permite controlar la temperatura del proceso. El porcentaje asignado es de 14, debido a su importancia. Se coloca un puntaje de 5 si se dispone y de 1 si no se tiene.

En la Tabla 2 se aprecia la matriz de selección de la mejor alternativa.

Del análisis realizado con la matriz de selección se recomienda la instalación de la alternativa 2.

Tabla 2: Matriz de selección de la mejor alternativa.

	Posibles equipos			
	%	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Costo del equipo	20	1	5	5
Disponibilidad	12	1	4	5
Material de fabricación	14	5	5	5
Capacidad	14	5	3.5	4
Instrumentación	8	5	2	1
Tipo de agitador	10	5	3	2
Potencia del mortor	8	5	3.5	5
Chaqueta de intercambio de calor	14	5	5	1
	100	3.72	4.11	3.68



Ya seleccionada la alternativa de mejora al proceso se determina la factibilidad económica de la instalación del equipo.

En la Tabla 3 se presentan los valores de los indicadores económicos.

Tabla 3: Indicadores económicos del proyecto.

Indicador	Valor
VAN	592.9
TIR	18.2
ROI	202%

El valor actual (VAN) al ser mayor a la unidad indica que el proyecto es rentable. La tasa interna de retorno (TIR) muestra que conviene realizar la inversión. Al estudiar el retorno de la inversión se analiza que las ganancias duplican la inversión.

Conclusiones

- El área seleccionada para la instalación del reactor corresponde a la 1.
- Las principales causas que producen la acumulación de óxido de zinc en reactores corresponde a rpm insuficientes, agitador inadecuado y equipos de mayor capacidad de la cantidad de producto generado.
- Dentro de las características principales que debe disponer el equipo se establecen: disponer de chaqueta de intercambio de calor, motor que sea capaz de alcanzar las 390 rpm, agitador de palas inclinadas a 45° y capacidad no mayor de 1m³.
- La alternativa seleccionada corresponde a la dos
- Al analizar los indicadores económicos se tiene que el proyecto es rentable, conviene realizar la inversión y las ganancias duplican la inversión.

Referencias

- MC Cabe S. (2007). Operaciones unitarias en ingeniería química. Mc Graw Hill. Bogotá. Colombia.
- Perry, R. (2002). Manual del ingeniero químico. Mexico: Editorial Mc. Graw Hill. Tomo V. Quinta edición en español.
- Streeter V. (2000). Mecánica de fluidos. Mc Graw Hill. Bogotá. Colombia.



Propuesta para el Mejoramiento de la Producción de Agua Desmineralizada en una Planta Ensambladora de Vehículos

Pamela Cartes, Viky Mujica y María del Carmen Rodríguez.

Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.

pamecartes@yahoo.com

Resumen

Se presenta una propuesta para mejorar la producción de agua desmineralizada del área de pintura de una planta ensambladora de vehículos. Se realizó el diagnóstico del sistema actual, análisis de las variables que influyen en el proceso y estudio de la capacidad que puedan tener los equipos de intercambio iónico A-3 y B-2 en estudio ante un aumento de producción, estos actualmente poseen una capacidad diaria de 34.000L y 11.000L respectivamente. Posteriormente, se plantearon y estudiaron alternativas, según su factibilidad técnica, seleccionando la más idónea para el proceso. Según la metodología empleada, se define como una investigación de campo, que involucro la recolección de datos de las variables que permitieron cuantificar la calidad del agua que se producen en los sistemas de desmineralización. Según su nivel de profundidad, es una investigación de tipo proyectiva. Los resultados muestran el incumplimiento de los indicadores de gestión de calidad en las torres de intercambio iónico; además se evidencia como la conductividad y pH afectan la producción de agua, y como esta última se encuentra fuera de especificaciones, por encima de las normas corporativas. Actualmente los equipos poseen capacidad de abastecer un aumento de producción llevando a cabo dos regeneraciones al día, trayendo como consecuencia un incremento de los costos operativos actuales. Por esta razón se plantean alternativas, seleccionando ósmosis inversa en combinación con las torres de intercambio iónico utilizada actualmente.

Palabras clave: sistema de desmineralización, ósmosis inversa, intercambio iónico.

Proposal for the improvement of demineralized water production in a vehicle assembly plant

Abstract

Presents a proposal to improve the production of demineralized water in the area of painting a vehicle assembly plant. The diagnosis was made of the current system, analysis of the variables that influence the study process and the ability to have the ion exchange equipment A-3 and B-2 in the study to increase production, they currently have a capacity 34.000L and 11.000L daily respectively. Subsequently, we proposed and studied alternatives, according to technical feasibility, selecting the most suitable for the process. The methodology used is defined as a field study, which involved the collection of data on variables used to quantify the water quality occurring in demineralization systems. Depending on your level of depth, is a projective type of research. The results show the failure of the indicators of quality management in the towers of ion exchange is also evident as the conductivity and pH affect the production of water, and as the latter is out of specification over corporate standards. Currently have capacity to supply equipment to increase production by carrying out two regenerations per day, bringing about an increase in current operating costs. For this reason, propose alternatives, selecting reverse osmosis in combination with ion exchange towers currently used.

Key words: demineralization system, reverse osmosis, ion exchange.

Introducción

El agua desmineralizada es aquella desprovista de minerales comunes presentes en el agua tales como calcio, magnesio, hierro, sodio, entre otros (Varo, P. y Rodríguez, P, 2001) y es un recurso muy importante utilizado en la industria automotriz, debido a su capacidad de proveer excelentes resultados en la apariencia final del automóvil. Esta agua es destinada, principalmente, a los diferentes enjuagues previos a la aplicación de la pintura, con el propósito de eliminar impurezas o partículas que puedan estar presentes sobre la carrocería, (Kemmer, 1989).

Entre los años 1995 y 1997, se instalaron en la planta ensambladora de vehículos, lo que hoy en día son los equipos utilizados para la producción de agua desmineralizada. En sus inicios, el funcionamiento de estos equipos no era tan excesivo debido a la cantidad

de vehículos que se producía diariamente. Sin embargo, con el transcurso de los años el requerimiento de agua desmineralizada ha venido aumentando a causa del incremento en la producción de vehículos. Por consiguiente, las torres de intercambio iónico han necesitado ser regeneradas prácticamente a diario, a fin de proporcionar el agua desmineralizada requerida por el proceso en el área de pintura, la cual se divide en dos etapas, la primera se refiere al área de fosfato y la segunda a la de electrodeposición, acarreado costos operativos y costos de mantenimiento. Dada la importancia de este recurso, se requiere de una propuesta técnica para el mejoramiento de la obtención de agua desmineralizada y su comportamiento, ante un inminente aumento de producción.



Metodología

La metodología empleada consta de las siguientes etapas:

Diagnóstico de los sistemas actuales de producción de agua desmineralizada

En primer lugar, se examinaron los manuales de los equipos de intercambio iónico, identificando las especificaciones más relevantes, tales como: tiempos de regeneración de resina catiónica y aniónica, consumos de ácido clorhídrico y soda cáustica, efluentes de agua contaminada con químicos al finalizar regeneración y producción de agua desmineralizada (Metcalf & Hedi, 2000). De igual forma, se llevó a cabo un seguimiento de los problemas existentes durante la producción de agua desmineralizada y regeneración de las resinas, a fin de tomarlos en cuenta para desarrollar la propuesta. Una vez identificadas las especificaciones, se compararon con las recolectadas durante el proceso de desmineralización, a fin de conocer la diferencia que estas presentan con respecto a las encontradas en los manuales.

Con el propósito de obtener un promedio de los datos recolectados, el procedimiento descrito a continuación se llevó a cabo para tres regeneraciones.

Tiempos de regeneración: se tomaron los tiempos que demora cada paso de regeneración. **Consumos de regenerantes:** antes del proceso de regeneración y culminado el mismo, se midió la altura de ácido y soda en sus tambores respectivos. **Efluentes de agua contaminada:** Se tomó nota del valor reportado en el medidor de volumen, antes y después de la regeneración (Pinto, 2001), cuya diferencia proyecta la cantidad de agua desechada.

Para identificar las fallas y carencias presentes en las torres de intercambio iónico, se realizaron visitas al área en estudio y, mediante observación directa, se determinó el estado físico de los equipos y accesorios. Estos resultados se resumen en una herramienta de evaluación denominada indicadores de gestión S, Q, D, C, M, E cuyas siglas significan: Seguridad (S), Calidad (Q), Entrega (D), Costo (C), Moral (M) y Ambiente (E), la cual funciona bajo la filosofía de los 6σ (término estadístico que se utiliza para identificar la variación del proceso). La empresa utiliza estos indicadores para medir el buen desempeño de sus procesos (Silva, 2004). En este caso, se realizó un estudio cuantitativo de los indicadores, calificándolos desde 1: muy malo, 2: malo, 3: regular, 4: bueno, hasta 5: muy bueno, para evaluar así el proceso de producción de agua e identificar de acuerdo a estos indicadores donde se encuentran las fallas y carencias en este proceso.

Análisis de las variables que intervienen en la producción de agua desmineralizada

Estas se determinaron mediante entrevistas a los especialistas del área, evaluando el comportamiento de los equipos de intercambio iónico y su necesidad de regeneración. Las variables que intervienen en el proceso son pH y conductividad, medidas a la salida de los tanques de almacenamiento y a la salida de las torres desmineralizadoras, los cuales se miden durante un periodo de 6 semanas, tomando muestras dos veces al día. Existen normas donde se especifican los valores en los cuales deben encontrarse las variables que influyen en el proceso de pintura. Para verificar estas normas, se procede a compararlas con las que realmente se siguen en el proceso, de acuerdo a lo establecido por los especialistas en pintura.

Generación de alternativas para la producción de agua desmineralizada

Es necesario identificar y analizar los sistemas de producción de agua desmineralizada, más utilizados en la industria automotriz, para generar las alternativas que permitan mejorar la situación actual y ofrecer los mejores beneficios al proceso de producción de agua desmineralizada; esto se alcanzó con la ayuda de información on-line, revistas, entrevistas con el proveedor de la empresa, visitas a ensambladoras de vehículos y a centros de investigación. Mediante una tormenta de ideas se generaron alternativas, las cuales se orientaron a mejorar la producción actual de agua desmineralizada tomando en cuenta los indicadores de gestión de calidad; ya sea con la incorporación de nuevas tecnologías, arreglos de equipos existentes, entre otros.

Selección de la mejor alternativa para la obtención de agua desmineralizada

Conocidas las ventajas y desventajas que tienen cada una de las alternativas generadas, se procedió a identificar los criterios de evaluación mediante entrevistas con ingenieros encargados del área, para, posteriormente, otorgarles a cada una un porcentaje de acuerdo a la relevancia que tengan para la producción de agua desmineralizada. Posteriormente, se aplicó una matriz de decisión, ponderando cada una de las alternativas de acuerdo a los criterios de evaluación identificados anteriormente, seleccionando la que obtenga mayor puntaje.

Resultados

Diagnóstico de los sistemas actuales de producción de agua desmineralizada

Las resinas de las torres A-3 aún están funcionando a un 100% de su capacidad de intercambio y se encuentran en mejor estado que las torres B-2. Los efluentes de agua



contaminada son muy similares entre los reportados por los manuales y el proceso, para las torres A-3 el volumen oscila entre 8.000 y 7.560 L y para el B-2 3.424 y 3.024 L, respectivamente. El consumo de ácido es 37 gal para el proceso y el manual indica 28 gal y de soda 20 gal para el proceso y 15 gal en el manual; en ambos casos, son mayores a los reportados en los manuales. Ver Figura 1.

Para el análisis de fallas y carencias de las torres, la menor ponderación corresponde al indicador ambiente, igual a 2 y el mayor es para el indicador de calidad, igual a 4.

Análisis de las variables que intervienen en la producción de agua desmineralizada

Para el área de fosfato se dispuso de un rango de conductividad de 0-25 micromhos, mayor que para electrodeposición que varía entre 0-10 micromhos. En cuanto al pH, para ambas áreas este parámetro debe mantenerse entre 5.5 y 8. El comportamiento de la conductividad a la salida de la resina aniónica, se mantuvo dentro de los límites, a diferencia del pH que se encontró cercano al límite superior de especificación, a medida que la producción aumenta ésta se encuentra por debajo del límite inferior. Ver Figuras 2 y 3.

Las variables a la salida de los tanques de almacenamiento, se encontraron dentro de los límites de especificación, cumpliendo en un 100% las normas; un 13 % de los valores correspondientes al pH medido durante la mañana están fuera de rango, así como los medidos durante la tarde con un 33%.

Generación de alternativas para la producción de agua desmineralizada

Se proponen tres alternativas, en función de los equipos más utilizados por las ensambladoras venezolanas, las cuales en su mayoría emplean resinas de intercambio iónico, las cuales se describen a continuación:

Alternativa A: Torres A-3 en serie con torres B-2. En esta alternativa el agua cruda proveniente del pozo pasa, inicialmente, a través de los filtros de carbón activado FC1 y FC2, en paralelo. Luego, la corriente de salida de ambos filtros pasa a las torres A-3, donde se ajusta una resistividad de 50 ohm, equivalente a 20 micromhos de conductividad para que la producción se detenga cuando se llegue a este valor. El agua desmineralizada prosigue a un tanque de almacenamiento que envía agua a las torres B-2, las cuales detienen su producción en 10 micromhos. Alternativa B: ósmosis inversa en combinación con torres A-3 y B-2. Esta incluye, agua arribas de las resinas de intercambio iónico, un sistema de ósmosis inversa. Ver Figura 4.

Alternativa C: ósmosis Inversa. Con esta alternativa se excluyen las resinas de intercambio iónico y se empleará únicamente, un equipo de ósmosis inversa.

Selección de la mejor alternativa para la obtención de agua desmineralizada

De acuerdo a la matriz de selección obtenida, la alternativa seleccionada es la B, ya que recibe la mayor ponderación, con un total de 25 puntos con respecto a las demás alternativas. Ver Tabla 1.

Figura 1: Consumo de regenerantes en las torres A-3 y B-2.

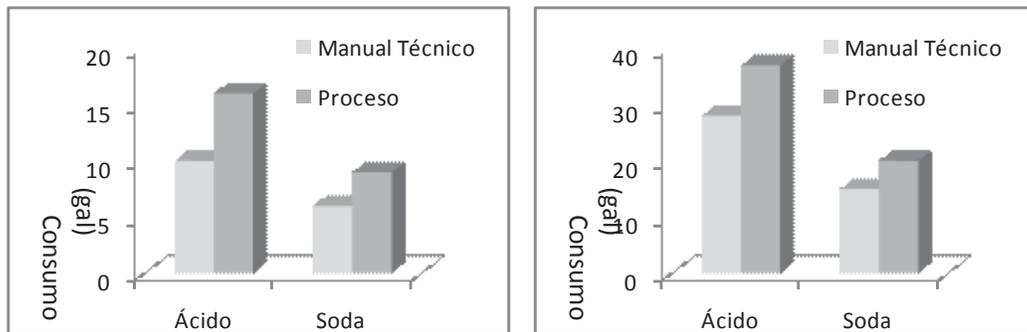


Figura 2 y 3: pH a la salida de las resinas A-3 y B-2 durante su producción,

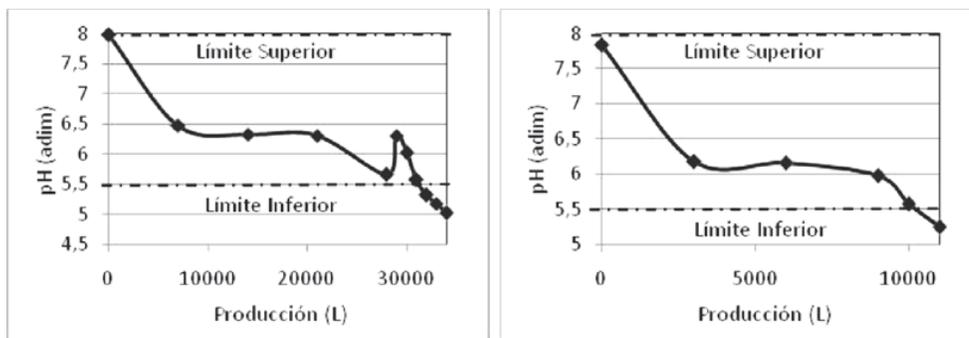




Figura 4: Alternativa B: ósmosis inversa en combinación con torres A-3 y B-2.

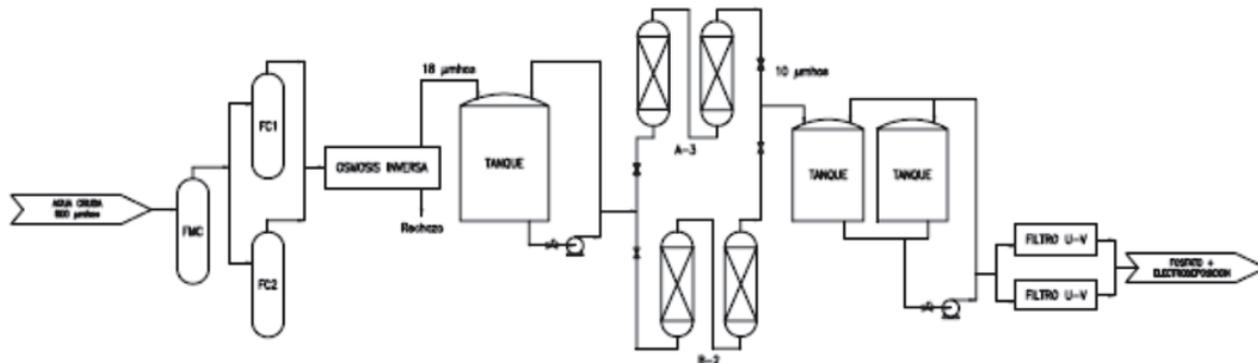


Tabla 1: Matriz de Selección para el mejoramiento de agua desmineralizada.

Parámetros	Alternativas		
	A	B	C
Seguridad	3	5	5
Calidad	3	5	3
Moral	3	4	4
Costo	4	2	2
Entrega	3	5	5
Ambiente	2	4	5
Total	18	25	24

Discusión de resultados

Diagnóstico de los sistemas actuales de producción de agua desmineralizada

Una de las razones primordiales de que el consumo de ambos químicos sean mayores durante el proceso que los reportados en los manuales, es el tiempo de uso de los equipos, ya que cada vez que se realiza una regeneración diaria para la A-3 e interdiario en el caso de la B-2, dependiendo del requerimiento, se acelera la fractura de los granos y se pierde volumen de resina en los retrolavados (Arcila, 2004), necesitando de una cantidad mayor de regenerante para recuperar su forma iónica y producir agua de buena calidad. Otra causa de esta discrepancia, se debe al deterioro de las válvulas de succión de ácido y soda, producido por las continuas regeneraciones.

Para el análisis de fallas y carencias de las torres, los indicadores de gestión como la calidad del agua que producen los equipos desmineralizadores es buena, ya que se encontraron ajustados para cumplir con las especificaciones establecidas. La disponibilidad de agua en el área se debe, mayormente a las torres A-3, debido

a su capacidad de producción y a las buenas condiciones físicas en que se encuentra actualmente, a diferencia de la torres B-2, que por quedar en ciertas ocasiones fuera de servicio, no garantizaba una producción continua de agua, abasteciéndose el área sólo con lo obtenido por la A-3 y lo almacenado en el tanque, corriéndose el riesgo que, en cualquier momento, no se logre suministrar el requerimiento del área.

Los costos que se generan al producir agua desmineralizada con las torres de intercambio iónico son altos, debido al uso continuo de químicos regenerantes (ácido y soda) y, cuando las resinas no se encuentran en condiciones tan óptimas, como es el caso de las torres B-2, se produce menos cantidad de agua usando la misma cantidad de regenerantes que se usarían con resinas nuevas, ocasionando esto altos costos operativos. De igual forma, durante cada regeneración se generan efluentes que contienen químicos regenerantes y minerales, los cuales deben ser tratados en la planta de tratamiento antes de ser reutilizados o descargados al medio ambiente, trayendo como consecuencia costos ambientales.

El uso de los químicos es el responsable de la contaminación existente en el ambiente de las torres (Tecnociencia, 2005), lo cual trae, como consecuencia, la formación de una atmósfera contaminante para los encargados del área.

Análisis de las variables que intervienen en la producción de agua desmineralizada

Para el área de fosfato se dispone de un rango más amplio de conductividad que para electrodeposición, ya que las condiciones bajo las cuales opera cada área así lo exige. En fosfato, estos rangos permiten asegurar mediante los enjuagues finales con agua virgen la limpieza completa de la unidad antes de ser trasladada a la siguiente área. En el caso de electrodeposición, los límites de especificaciones están establecidos para proteger dicha área, es decir, la presencia de minerales en el agua puede contaminar este producto e iniciar la formación de grumos sobre la unidad, ya sea en los enjuagues o en los



puntos donde se utiliza el agua, debido a que el polímero se solubiliza en agua que contenga sales. En cuanto al pH, un valor muy alcalino puede coagular la pintura y un valor muy ácido puede disolverla; es por ello que, esta área posee condiciones más estrictas de pH y conductividad. La conductividad del agua, inicialmente, no es tan baja ya que justo después de regenerar, la máquina circula el agua resultante del último enjuague que contiene cierta cantidad de minerales e inmediatamente, comienza pasar agua desmineralizada virgen (baja conductividad) al tanque de almacenamiento y a medida que transcurre la producción, las resinas comienzan a saturarse de iones (Ceraza, 2000), aumentando, entonces, el valor de conductividad debido a la presencia de minerales en el agua producto.

Inicialmente, el pH se encuentra cercano al límite superior de especificación, debido a que la resina aniónica recién regenerada provee agua con pH básico, consecuencia del enjuague con soda cáustica. A medida que transcurre la producción de agua el pH va disminuyendo paulatinamente, ya que la resina aniónica poco a poco comienza a saturarse y deja de intercambiar los iones oxidrilos presentes en su estructura por los aniones provenientes de los ácidos que salen de la resina catiónica, causando que el pH, a lo largo de la producción, vaya disminuyendo. La diferencia que existe entre los porcentajes de la mañana y la tarde para el pH, se debe a que casi siempre las resinas comienzan a saturarse en horas de la tarde.

Generación de alternativas para la producción de agua desmineralizada

Se proponen tres alternativas, las cuales se describen a continuación:

Alternativa A: Torres A-3 en serie con torres B-2. El propósito de este arreglo es aumentar la producción de la torre B-2, lo cual se lleva a cabo mejorando la alimentación de estas torres, trayendo como beneficio una saturación más lenta de las resinas y por ende, un menor consumo de químicos debido a la eventualidad de sus regeneraciones. Alternativa B: ósmosis inversa en combinación con torres A-3 y B-2. Inicialmente, el agua de pozo circularía por un arreglo de filtros de carbón y filtro multicapa, para pre-tratar el agua, pasando, luego, por las membranas de la ósmosis y resultando un agua denominada permeado, con una conductividad de 18 micromhos, aproximadamente. De allí pasará a un tanque de transferencia, donde se lleva el agua permeada a las torres A-3. Sin embargo, durante su regeneración se desviaría la corriente hacia las torres B-2. A los paneles de ambos equipos se le ajustaría la resistividad en 100, para que detenga su producción en lo requerido por el área (10 micromhos). La finalidad de esta alternativa es aumentar la producción de los desmineralizadores, disminuir el consumo de químicos debido a las pocas

regeneraciones que se realizarían, así como también, aumentar la vida útil de las resinas y disponer de agua en todo momento, por ser este un proceso continuo. Además, los efluentes de la ósmosis no necesitan tratarse fisicoquímicamente en la planta de tratamiento (Mateos, 2004), ya que sólo contienen un alto porcentaje de minerales. Alternativa C: ósmosis Inversa. Con esta alternativa se excluyen las resinas de intercambio iónico y se empleará únicamente un equipo de ósmosis inversa, el cual posee el mismo pretratamiento de la alternativa anterior; la única diferencia es que luego de circular por las membranas de la ósmosis, el agua proseguiría directamente a los tanques de almacenamiento. La ósmosis a utilizar se diseñaría de tal forma que el agua que sale hacia los tanques tenga una conductividad de 10 micromhos y, mediante las recirculaciones de los tanques, garantice que, normalmente, se encuentre dentro de especificaciones. Las ventajas de este proceso es que no existen más gastos por químicos regenerantes, se eliminaría la contaminación del ambiente por vapores de los químicos y la producción sería continua (Susial, 2003).

Selección de la mejor alternativa para la obtención de agua desmineralizada

La alternativa seleccionada es la B, (ósmosis inversa en combinación con las torres A-3 y B-2), debido a las siguientes razones: la buena calidad asegura que las variables que influyen en la producción de agua se encuentren dentro de las especificaciones, debido a que la ósmosis servirá de pretratamiento para la corriente de alimentación de las torres, mejorando así la eficiencia del proceso de desmineralización y haciendo que las resinas se desgasten lentamente.

El equipo de ósmosis inversa resulta un poco costoso, sin embargo, los beneficios que trae implantar esta tecnología compensan la inversión que se hará si se decide adquirirlo (Baca, 1989), ya que no necesita de ninguna regeneración que interrumpa su producción; además de ello, las torres se turnarían para que durante su regeneración no se interrumpa la obtención de agua. También, las regeneraciones se realizarían esporádicamente y disminuiría, en gran porcentaje, la formación de atmósferas contaminantes para los operarios y equipos en general.

Es importante destacar que, la alternativa C, compuesta por ósmosis inversa, obtuvo una calificación muy cercana a la alternativa seleccionada y su desventaja está reflejada en el indicador calidad, ya que inicialmente cuando se instalan los equipos de ósmosis inversa, se obtiene un agua permeada o agua producto de baja conductividad, por ello con esta alternativa no se garantizaría que se cumplan las normas establecidas para el agua desmineralizada.



Conclusiones

En el diagnóstico de los sistemas actuales de producción de agua desmineralizada, las Torres A-3 y B-2, no cumplen en su totalidad con los indicadores de gestión de la planta ensambladora, principalmente costo y ambiente.

En cuanto a las variables que intervienen en la producción de agua desmineralizada se tiene que el pH y la conductividad son ajustados para controlar la producción de agua, donde esta última se encuentra dentro de los rangos establecidos por las normas corporativas, a diferencia del pH que no cumple con estos límites de especificación.

Referencias

- Alejandro Mateos (2004), Ósmosis Inversa: aproximación a sus principios teóricos [Artículo en línea] Disponible: <http://www.artropica.com/articulos/osmosis.asp> [Consulta: 2005, diciembre 2].
- Arcila, Y. (2002). Evaluación de la planta de agua desmineralizadora de Servifertil S.A. – Morón. Universidad de Carabobo. Facultad de ingeniería. Escuela de Ingeniería Química
- Baca, G (1989). Evaluación de proyectos de inversión (1era Ed.) Editorial Mc Graw Hill Interamericana de México.
- Ceraza, Y. y Chalwat, F (2000). Evaluación del proceso de desmineralización de agua cruda en un complejo termoeléctrico – Morón. Universidad de Carabobo. Facultad de ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.
- Kemmer N., Frank (1989) Manual del Agua “Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones” Tomo I, Tomo II, Editorial McGraw Hill., México.
- del Castillo, L. F. (1997). El fenómeno mágico de la ósmosis (2da Ed). La ciencia para todos. [Libro en línea], México. Disponible: <http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/16/html/fenomeno.html> [Consulta: 2005, diciembre 2].
- Metcalf & Hedí (2000), Ingeniería de Aguas Residuales, tratamiento, vértido y reutilización tomo II (3ra Ed.) Editorial McGraw Hill., México.
- Pinto, L. (2001). Evaluación y rediseño del sistema de producción de agua desmineralizada de la planta farmaceuta en Laboratorios KIMICEG C.A. – Aragua. Universidad de Carabobo. Facultad de ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.
- Silva, M. (2004). Evaluación del túnel de pretratamiento metálico de DaimlerChrysler de Venezuela C. A. -Valencia. Universidad de Carabobo. Facultad de ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.
- Susial, P. (2003). Evaluación de membranas espiral industriales de ósmosis inversa. Universidad de las Palmas de Gran Canaria. Departamento de Ingeniería de procesos. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. España.
- Tecnociencia (2005, Octubre 17) [Página Web en línea] Disponible: <http://www.tecnociencia.es> [Consulta: 2005, Octubre 19].
- Varo, P. y Rodríguez, P. (2001). Características fisico-químicas de las aguas ablandadas. Universidad de Alicante. Departamento de Ingeniería Química. España.



Validación del Modelo de Mesoescala (MM5) del Servicio de Meteorología de la Aviación Militar Nacional Bolivariana

C. Vega¹, H. Malpica¹

¹Instituto de Matemáticas y Cálculo Aplicado de Ingeniería de la Universidad de Carabobo (IMYCA),
Valencia, Venezuela.

²Departamento de Física, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.

¹cvega@uc.edu.ve

Resumen

Este trabajo está orientado en la validación del modelo mesoescalar MM5, para la predicción de fenómenos naturales, en Venezuela. Los fenómenos atmosféricos tienen una gran influencia en el crecimiento de un país, es por ello que se ha hecho grandes estudios de los mismos con el fin de disminuir los grandes impactos socioeconómicos que pueden generar en la Nación. Por eso se desea hacer la validación del MM5, el cual se encuentra instalado en el SERMETAVIA. Para la validación, fue realizada la ejecución del modelo para las variables temperatura y pluviosidad, se ejecutaron parametrizaciones de la convección, la fricción, turbulencia, radiación, entre otras, para ahorrar tiempo de cálculo y mejorar la estimación de los resultados; estas parametrizaciones son necesarias ya que el modelo no es continuo, más bien es un promedio espacial y temporal en una rejilla. Los resultados fueron comparados con los valores observados, facilitados por las 6 estaciones con las que se trabajó del SERMETAVIA. Dichos resultados fueron ajustados de acuerdo a las parametrizaciones. Con los resultados concluimos que el MM5 es válido en el clima de Venezuela, después del procedimiento de parametrización realizado. La importancia de la técnica desarrollada radica en su gran utilidad para los sectores productivos del país.

Palabras clave: Modelo de mesoescala MM5, parametrización, Asimilación Global.

Mesoscale Model Validation (MM5) Weather Service National Military Aviation Bolivarian

Abstract

This work is oriented to validation to mesoscale model MM5 by predicting natural phenomena at Venezuela. Atmospheric phenomena have a great influence on the growth of a country, is therefore has become several studies of them in reducing the large socio-economic impacts that can be generated in the nation. So it wants to the validation of the MM5, which is installed in SERMETAVIA. The validation the execution model for varying temperature and rainfall was carried out ran parameterizations friction, turbulence, convection, radiation, among others, to save time calculation and improve the estimation results; these parameterizations are necessary because the model is not continuous, rather is a spatial and temporal average in a grid. The results were compared with the observed values provided 6 stations that worked in the SERMETAVIA. These results were adjusted to the parameterizations. With the results we conclude that MM5 is valid in Venezuela climate, after of the parameterization procedure performed. The importance of developed technique is very useful for the productive sectors of the country.

Key words: MM5 Mesoscale model, parameterization, Global Assimilation.

Introducción

Este trabajo está enmarcado en el ámbito meteorológico, en el análisis de variables atmosféricas y validación de la confiabilidad de las herramientas de simulación del tiempo y del clima en Venezuela y la región. Herramientas con las que cuenta el Servicio de Meteorología de la Aviación Militar Nacional Bolivariana (SERMETAVIA).

La investigación fue enfocada en analizar los productos obtenidos del MM5 del SERMETAVIA, para determinar si los mismos se asemejan al comportamiento real de la atmósfera circundante en Venezuela y zonas cercanas al territorio. El análisis de la información obtenida fue realizado mediante el error cuadrático medio y de la comparación de los resultados con los registros reales de precipitación, y temperatura, que se tienen de 6 estaciones sinópticas pertenecientes al SERMETAVIA. Las herramientas de predicción del tiempo, como el MM5, en las últimas décadas han sido utilizadas en

diferentes zonas de la región (Sur de América), lo cual ha generado un considerable interés científico y por ende en el presente trabajo se validan los resultados obtenidos y se amplían los conocimientos con relación a los modelos numéricos de predicción.

Este estudio está justificado por la gran influencia que tienen los fenómenos atmosféricos en el crecimiento de un país, es por ello que se ha hecho grandes estudios de los mismos con el fin de disminuir los grandes impactos socioeconómicos que pueden generar en una Nación. Es de vital importancia que en el país se incremente el estudio con el empleo de modelos de mesoescala, y de esta manera aumentar los conocimientos que ya se tienen sobre los mismos, para ello se debe tomar en cuenta que el MM5 se puede instalar en cualquier computadora, debido al libre acceso que tiene el mismo en la red. Con ello se permitiría a los científicos realizar una representación más detallada de la dinámica de los fenómenos atmosféricos que se generan en Venezuela.



No obstante, existen una serie de preguntas que se plantean dentro de la investigación, las cuales son: a) ¿Simula el MM5 las condiciones meteorológicas que se presentan en Venezuela? b) ¿Cuáles datos de entrada se adaptan de mejor manera a las condiciones atmosféricas de la región?

Modelo de Mesoescala MM5

La esencia del modelado, de acuerdo con Lynch (1994), está en el uso de las leyes físicas conocidas para diseñar un programa de computación que sea capaz de simular el comportamiento del flujo atmosférico.

Modelos de Mesoescala

Los modelos de mesoescala son aquellos que cuentan con resolución horizontal y resolución vertical suficiente para pronosticar fenómenos meteorológicos de mesoescala. Estos fenómenos son a menudo forzados por la topografía, las líneas costeras ó están vinculados con la convección.

MM5

La versión original fue programada en los años 70 y ha pasado por una serie de modificaciones hasta convertirse en el modelo numérico que se utiliza hoy. Dentro de sus diversas aplicaciones, es un modelo de pronóstico numérico del tiempo que requiere de condiciones iniciales y de frontera, para realizar simulaciones o predicciones a 12, 24, 36 o 48 horas. En pronósticos operativos, las condiciones iniciales y de frontera (9 condiciones en intervalos de 6 horas). El modelo MM5, es un modelo no hidrostático, lo cual significa que incluye una ecuación de pronóstico para los movimientos verticales de viento, esto permite incorporar directamente las condiciones más eficientes para cada región, tales como la precipitación convectiva, los cambios de fase de la humedad en las nubes y la radiación solar. El MM5v3 representa la quinta generación del modelo de mesoescala desarrollado en Pennsylvania State University (PSU) y el National Center for Atmospheric Research (NCAR). Grell y colaboradores (1993) al igual que trabajos de Cox y colaboradores (1998), presentan descripciones generales del modelo MM5v3.

El MM5 es un modelo de predicción atmosférica, se trata de una versión no hidrostática completamente compresible. El MM5 es un modelo numérico atmosférico, luego, es un conjunto de ecuaciones matemáticas que describen los procesos físicos que tienen lugar en la atmósfera, basado en la conservación de la masa, la energía y la cantidad de movimiento. Se resuelven mediante métodos numéricos. El MM5, como otros modelos numéricos de mesoescala o regionales, puede ser usado para estudiar y pronosticar sistemas sinópticos, frentes, huracanes, circulaciones de brisas

de tierra-mar, montaña-valle, sistemas convectivos de mesoescala, entre otros.

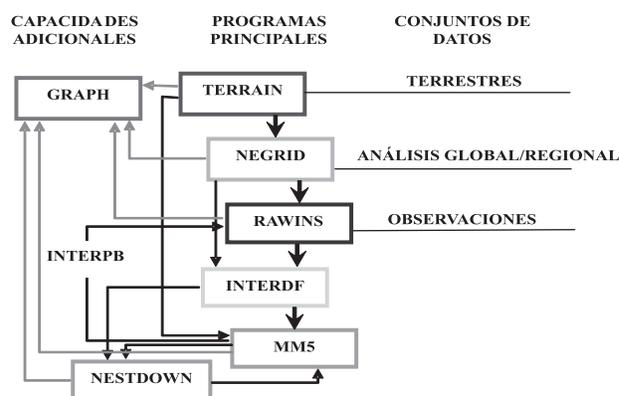
Resolución Horizontal

La resolución horizontal en un modelo de mesoescala está directamente relacionada con el tamaño del fenómeno que se pretende simular. La distancia que existe entre los puntos de malla de un dominio, nos indica que tan alta o baja es la resolución.

Modelos hidrostáticos y Modelos no-hidrostáticos

Los modelos hidrostáticos asumen un equilibrio hidrostático, en el cual el peso de la atmósfera equilibra la fuerza que ejerce el gradiente de presión hacia arriba. Esta suposición es válida para sistemas de escalas sinópticas y globales, y para algunos fenómenos de mesoescala. Los modelos no-hidrostáticos estudian fenómenos de mesoescala como las brisas térmicas, las tormentas convectivas, los frentes y otras líneas de convergencia, incluyendo la turbulencia. Los modelos no hidrostáticos incluyen ecuaciones para el movimiento vertical, de las cuales carecen los modelos hidrostáticos. Una de las principales diferencias entre ambos modelos es la resolución que manejan.

Figura 1: Diagrama de flujo del sistema de modelado MM5.



Programas Principales

La Figura 1 muestra las componentes del sistema de modelado del MM5. Los programas principales son TERRAIN, REGRID, Objective Analysis (little_r), INTERPF, MM5, NESTDOWN, INTERPB y GRAPH. Los detalles de cada programa están en el trabajo de Figueroa y colabores (2000).

Parametrización

Los modelos de mesoescala no son capaces de reproducir fenómenos específicos tales como la fricción causada por los edificios y los árboles altos, los flujos de viento locales, los remolinos, la humedad y la temperatura del suelo, etc. incluso utilizando una alta resolución. Como resultado, los modelos deben tomar en cuenta el



efecto total de estos obstáculos y superficies en el flujo del viento normal. El método para tomarlos en cuenta, sin calcularlos directamente, es llamado parametrización. La parametrización emula el efecto de un proceso, sin simularlo.

Ventajas del MM5

- Es un modelo de diagnóstico o pronóstico. Puede ser utilizado para realizar simulaciones de fechas anteriores (reanalysis), actuales o a manera de pronóstico.
- Es un modelo de tipo Euleriano.
- Hace uso de la asimilación de datos en cuatro dimensiones; en los ejes X, Y, Z, y el tiempo.
- Tiene la capacidad de efectuar múltiples anidamientos (hasta nueve dominios corriendo simultáneamente e intercambiando información entre ellos) y simulaciones de una forma hidrostática y no hidrostática.
- Es un modelo complejo pero muy completo, los fenómenos meteorológicos y su parametrización están descritos en más de 100,000 líneas de código fuente y cerca de 1,000 subrutinas (funciones específicas de un lenguaje de programación).
- Se puede aplicar a cualquier zona del mundo, ya que es posible desarrollar la información de entrada (campos meteorológicos, topografía y uso de suelo) necesaria para su funcionamiento, inclusive para zonas con alta resolución espacial que con topografía compleja.
- El código fuente está escrito en lenguaje de programación Fortran 90/77, y cuenta con una amplia gama de parametrizaciones de capa límite planetaria, convección, física de nubes, etc.

Metodología

El trabajo está centrado en un estudio comparativo de muestras pareadas, con el fin de mejorar el análisis estadístico de Figueroa y colaboradores (2000) quienes proponen el error cuadrático medio (RSME) como una medida del error total. Este procedimiento plantado está diseñado para evaluar diferencias significativas entre dos muestras de datos agrupadas como parejas. El procedimiento calculará varios estadísticos para la diferencia de los datos pareados y las pruebas diseñadas para determinar si la diferencia media es igual a cero. La base de datos usada es la obtenida de la red de estaciones del SERMETAVIA.

Por otra parte, es importante utilizar esquemas de parametrización para verificar cual de estos representa un mejor ajuste de acuerdo a las condiciones meteorológicas de la región en estudio, con esto se verifica que los procesos que genera el MM5 también se ajusta a las condiciones de la región. Dentro de estas parametrizaciones tenemos la capa límite planetaria que puede ser una parametrización

simple de baja resolución vertical que tiene dos regímenes de estabilidad: estable e inestable (bulk parameterization) o una parametrización más detallada basada en una revisión del modelo de capa límite de Blackadar (Dudhia, 1989) que tiene cuatro regímenes de estabilidad: estable, turbulencia mecánicamente conducida, convección forzada y convección libre. La opción de radiación atmosférica posee esquemas de onda corta y onda larga que interactúan con la superficie y con la atmósfera, incluyendo las nubes y la precipitación (ver Kuo (1974)).

Resultados

Los resultados están tabulados, para comparar los valores pronosticados y observados de las estaciones con las que se trabajó. El Modelo de Mesoescala MM5 trae por defecto una configuración en cuanto a parametrizaciones, dicha configuración viene etiquetada numéricamente, una vez hecha la corrida para diferentes estaciones, se pudo apreciar que los resultados obtenidos estaban totalmente lejanos a los valores que nos muestran las distintas estaciones con las que se trabajó. Para poder obtener un mejor resultado, se debió hacer una modificación en cuanto a la parametrización, de manera de representar una mayor adaptación del modelo de acuerdo a las condiciones de la región en estudio. Sin embargo cabe destacar que para realizar una adaptación idónea no es un tema sencillo, debido a que la región en estudio presenta una gran diversidad de cambios climáticos, recuérdese que la atmósfera es un área caótica en estudio. Por lo tanto, los resultados obtenidos podrían mejorarse, es decir, estos representan los primeros cambios de parametrización que se le realiza al modelo en el SERMETAVIA. Dichas parametrizaciones están en la Tabla 1

Una vez realizada la parametrización al modelo, los resultados fueron tabulados y las pruebas de hipótesis realizadas.

Análisis de la Variable Temperatura

La Tabla 2 muestra el resumen estadístico para la predicción numérica de la temperatura, mediante el uso del MM5 y los valores observados en las estaciones meteorológicas. Esta tabla incluye medidas de tendencia central, medidas dispersión y medidas de forma. De particular interés aquí son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada, las cuales pueden utilizarse para determinar si la muestra proviene de una distribución normal. Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar cualquier prueba estadística con referencia a la desviación estándar. En varios de los casos el valor de sesgo estandarizado y/o valor de curtosis estandarizada no se encuentra dentro del rango esperado para datos provenientes de una distribución normal.



Tabla 1: Parametrizaciones del MM5.

Características	Configuración por defecto	Cambio en la configuración
Periodo de Simulación	21-24 Octubre de 2009	21-24 Octubre de 2009
Dominios		
Resolución Horizontal		
Resolución Vertical		
(IMPHYS)	3	4
Parametrización de Cúmulos	3	6
(ICUPA)		
(IBLTYP)	5	5
(IFRAD)	2	4
(ISOIL)	1	2
Shallow	0	1
Cumulus(ISHALLO=1)		

Tabla 2: Resumen estadístico para las diferencias entre la predicción numérica mediante el uso del MM5 y los valores observados en las estaciones meteorológicas, para la temperatura.

Estación	Ac	Bm	Cr	Gu	Va	Mi
Tamaño de la muestra	12	13	14	15	15	14
Media	1,6	-1,62308	-2,95	-0,98	-3,15333	-3,18571
Desviación Estándar	3,46882	1,90882	1,05885	1,87243	0,759574	1,25934
Coefficiente de Variación	216,801%	-117,605%	-35,8931%	-191,064%	-24,088%	-39,5308%
Mínimo	-6,4	-4,9	-4,6	-2,7	-4,9	-4,7
Máximo	9,2	1,2	-0,2	3,8	-1,9	-1,0
Rango	15,6	6,1	4,4	6,5	3,0	3,7
Sesgo Estandarizado	-0,213989	-0,488236	1,72141	2,63511	-1,03937	0,885043
Curtosis Estandarizada	2,90517	-0,706559	2,10537	1,83565	0,66697	-0,714804

Notación: Para abreviar en las siguientes tablas será usada la notación Ac_1 , Bm_1 , Cr_1 , Gu_1 , Va_1 , Mi_1 para los valores de predicción numérica mediante el uso del MM5 en la estación correspondiente. Las diferencias entre los valores de predicción y los valores observados serán denotadas por $\Delta Ac = Ac_1 - Ac$, $\Delta Bm = Bm_1 - Bm$, $\Delta Cr = Cr_1 - Cr$, $\Delta Gu = Gu_1 - Gu$, $\Delta Va = Va_1 - Va$ y $\Delta Mi = Mi_1 - Mi$.

La Tabla 3 muestra los resultados de las pruebas de hipótesis para la diferencia de temperatura por estaciones entre los valores de predicción numérica mediante el

uso del MM5 y los valores observados. Estos resultados muestran que para un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$, en la mayoría de los casos es rechazada la hipótesis nula de que la diferencia tiene media y mediana cero, luego existe diferencia significativa entre los valores de predicción numérica y los valores observados.

Análisis de la Variable Pluviosidad

Se repitió el análisis estadístico anterior con la variable pluviosidad. La Tabla 4 presenta el resumen estadístico para la predicción numérica de la pluviosidad,

Tabla 3: Pruebas de Hipótesis.

	Variables (diferencia de temperatura por estaciones)					
	ΔAc	ΔBm	ΔCr	ΔGu	ΔVa	ΔMi
Media Muestral	1,6	-1,6230	-2,95	-0,98	-3,1533	-3,1857
Mediana Muestral	1,55	-1,1	-3,05	-1,7	-3,0	-3,7
Desviación Estándar de la Muestra	3,4688	1,9088	1,0589	1,8724	0,7595	1,2593
Prueba t						
H_0 : media = 0,0 H_1 no igual						
Estadístico t	1,5978	-3,0658	-10,4245	-2,0270	-16,0785	-9,4651
P-valor	0,1383*	0,0097*	1,1E-7*	0,0621*	2,0E-10*	3,4E-7*
Prueba de los signos						
H_0 : mediana = 0,0 H_1 no igual						
Valores menores a la mediana hipotética	1	10	14	12	15	14
Valores mayores a la mediana hipotética	11	3	0	3	0	0
Estadístico	2,5980	1,6641	3,4744	2,0655	3,6147	3,4744
P-valor	0,0093*	0,0961*	0,0005*	0,0388*	0,0003*	0,0005*

* No se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0,05$.

• Se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0,05$.



mediante el uso del MM5 y los valores observados en las estaciones meteorológicas.

La Tabla 5 muestra los resultados de las pruebas de hipótesis para la diferencia de pluviosidad por estaciones entre los valores de predicción numérica mediante el uso del MM5 y los valores observados. Estos resultados muestran que para un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$, nunca fue rechazada la hipótesis nula de que la diferencia tiene media y mediana cero, luego no existe diferencia significativa entre los valores de predicción numérica y los valores observados.

Conclusiones

Se han encontrado diferencias significativa entre la variable temperatura pronosticada y observada, el modelo no esta representando adecuadamente la tendencia de las variaciones que siguen los datos observados. No existe diferencia en la variable pluviosidad

Los procesos físicos generados con el modelo mm5 no están ajustados perfectamente a las condiciones geográficas de la zona en estudio. Las diferencias entre las temperaturas observadas y su representación en el modelo, se deben a que este necesariamente simplifica y homogeniza procesos de superficie para su representación en puntos de grilla.

Las parametrizaciones se realizaron a la convección, la fricción, turbulencia, radiación, entre otros con el fin de ahorrar tiempo de cálculo, recuérdese que un modelo no es un continuo, es un promedio espacial y temporal en una rejilla. Sin embargo, las parametrizaciones hechas no fueron las apropiadas.

Referencias

- Cox, R., B. L. Bauer, y T. Smith, A mesoscale model intercomparison. Bull. Amer. Meteor. Soc., 79, 265-283 (1998).
- Dudhia, J., Numerical study of convection observed during the winter monsoon experiment using a mesoscale two-dimensional model. J. Atmos. Sci., 46, 3077-3107 (1989).
- Figueroa, S., Lagos, P., Fernández, J. y Takahashi, K., 2000. Aplicación Operacional del Modelo MM5 para el Pronóstico del Tiempo y la Modernización de la Meteorología en el Perú, CPNC/IGP.
- Grell, G. A., J. Dudhia, and D. R. Stauffer, 1993. A description of the fifth generation Penn State/NCAR mesoscale model. NCAR Tech. Note 398+IA, 122 pp.

Tabla 4: Resumen estadístico para las diferencias entre la predicción numérica mediante el uso del MM5 y los valores observados en las estaciones meteorológicas, para la pluviosidad.

Estación	Ac	Bm	Cr	Gu	Va	Mi
Tamaño de la muestra	16	16	16	16	16	15
Media	-0,634375	0,11875	0,70625	-3,85	0,25625	0,04
Desviación Estándar	9,38876	0,475	1,88802	12,1515	1,37984	0,154919
Coefficiente de Variación	-1480,0%	400,0%	267,33%	-315,624%	538,474%	387,298%
Mínimo	-21,3	0,0	0,0	-48,0	-2,0	0,0
Máximo	10,55	1,9	7,6	0,2	4,4	0,6
Rango	31,85	1,9	7,6	48,2	6,4	0,6
Sesgo Estandarizado	-2,24878	6,53197	5,98932	-5,95174	3,24126	6,12372
Curtosis Estandarizada	0,903054	13,0639	11,4497	11,1754	4,6636	11,8585

Tabla 5: Pruebas de Hipótesis.

	Variables (diferencia de pluviosidad por estaciones)					
	ΔAc	ΔBm	ΔCr	ΔGu	ΔVa	ΔMi
Media Muestral	-0,6343	0,1187	0,7062	-3,85	0,2562	0,04
Mediana Muestral	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Desviación Estándar de la Muestra	9,3887	0,475	1,8880	12,1515	1,3798	0,1549
Prueba t, H_0 : media = 0,0 H_1 no igual						
Estadístico t	-0,2702	t = 1,0	1,4962	-1,26733	0,7428	1,0
P-valor	0,7906*	0,3331*	0,1553*	0,2243*	0,4690*	0,3342*
Prueba de los signos H_0 : mediana = 0,0 H_1 no igual						
Valores menores a la mediana hipotética	3	0	0	3	2	0
Valores mayores a la mediana hipotética	9	1	5	3	2	1
Estadístico	1,4433	0,0	1,7888	0,0	0,0	0,0
P-valor	0,1489*	1*	0,0736*	1*	1*	1*

* No se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0,05$.

• Se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0,05$.



- Kuo, H. L., Further studies of the parameterizations of the influence of cumulus convection on large scale flow. *J. Atmos. Sci.*, 31, 1232-1240 (1974).
- Lynch, P., 1994: Climate Modelling. In *Climate Variation and Climate Change in Ireland*. Ed. John Feehan, Env. Unit, University College, Dublin.



Evaluación de la Calidad de los Servicios Públicos Domiciliarios de Recolección de Desechos Sólidos en el Municipio Naguanagua-Estado Carabobo

Lucia Chou Zheng; Carlos Pacheco Salcedo; Agustín Mejías Acosta*
Grupo de Investigación en Gestión de la Calidad, Escuela de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería,
Universidad de Carabobo
*amejiasa@uc.edu.ve

Resumen

El presente trabajo plantea una evaluación de la calidad de servicio público domiciliario de recolección de desechos sólidos, en el Municipio Naguanagua, Estado Carabobo. Dicho estudio tiene como soporte teórico, el modelo SERVQUALing, considerando las variables asociadas a las percepciones de la calidad de servicio y adaptado a los servicios públicos domiciliarios. Los resultados del estudio indican que la escala usada es fiable y válida para medir la calidad de servicio (pruebas estadísticas significativas al 1%). Mediante el Análisis de factores, previa evaluación de la adecuación muestral, se identifican cuatro dimensiones que agrupan las variables referentes a la prestación del servicio de recolección de desechos sólidos, que en conjunto con un análisis clúster, permite establecer propuestas de mejoras.

Palabras clave: calidad de servicio, SERVQUALing, recolección de desechos sólidos, servicio público domiciliario, análisis de factores, Análisis Cluster.

Evaluating the Home Public Services Quality on Solid Waste Collection in the City of Naguanagua City – State of Carabobo

Abstract

This paperwork presents an evaluation of the quality of public house service regarding solid waste collection in the municipality Naguanagua, state of Carabobo. This study has theoretical support, on the SERVQUALing model, considering the variables associated with perceptions of service quality, and adapted to domicile public services. The results indicate that the scale used is reliable and valid for measuring the quality of service (statistical tests significant at 1%). By factor analysis, after an assessment of sampling adequacy, it identifies four dimensions grouped on variables related to the service of solid waste collection, which, along with a cluster analysis, allows for suggestions on improvements.

Keywords: service quality, SERVQUALing, solid waste collection, public services, factor analysis, Cluster analysis.

Introducción

Hoy en día, los servicios públicos domiciliarios juegan un papel muy importante y participativo en la vida cotidiana de los ciudadanos, ya que los mismos están destinados a satisfacer sus necesidades colectivas en forma general, permanente y continua, bajo la dirección, regulación y control del estado, que con el transcurso del tiempo y las exigencia del hombre, éstos servicios se han considerado indispensables para el desarrollo y funcionamiento normal de la comunidad.

La evaluación llevada a cabo en el Municipio Naguanagua del Estado Carabobo, tiene como soporte teórico el modelo SERVQUALing (Mejías, 2005; Mejías, Reyes y Maneiro, 2006). Su aplicación se basó en la selección de dos grupos o comunidades diferentes, a fin de obtener opiniones de diversos sectores del municipio. Para el logro de los objetivos, se procede a la aplicación de la encuesta y el procesamiento de los datos obtenidos de la misma, y por medio de un Análisis de Factores a los datos se establecen las variables que a su vez constituyen las dimensiones que permiten evaluar la calidad del servicio de recolección de desechos sólidos, luego se definen éstas dimensiones y se valida el instrumento de medición, posteriormente se evalúan las dimensiones

por grupos con la finalidad de establecer diferencias y semejanzas entre ambos y finalmente con la ayuda de un análisis clúster identificar grupos con características similares entre sí, y poder establecer estrategias de mejoras que conlleven a la prestación de los servicios públicos domiciliarios eficientes y efectivos.

La relevancia de esta investigación radica en la demostración de la importancia del rol del cliente a la hora de determinar la calidad de un servicio, estableciendo de esta manera, la interrelación existente entre cliente-servicio y a su vez el poder definir los aspectos asociados a la percepción del cliente y la determinación de aquellos atributos que resultan relevantes a las comunidades, como lo son por ejemplo: la actitud, el cumplimiento, la competencia del personal, la empatía, entre otros; lo que ayuda a identificar oportunidades de mejora en la prestación del servicio.

Desarrollo

Materiales y Métodos

Para el desarrollo de este estudio se contó con el apoyo del Instituto Autónomo de Aseo Urbano y Domiciliario del Municipio Naguanagua (Carabobo, Venezuela), proporcionando la información necesaria



con respecto al proceso de recolección de desechos sólidos. También se contó con la participación de dos grupos, identificados como Grupo Las Quintas (A) y Grupo Barrio Oeste II (B) durante la aplicación de las encuestas, aportando su opinión y percepción sobre el servicio recibido. La clasificación de estos dos grupos tuvo como finalidad el poder comparar la calidad del servicio prestado en sus respectivas zonas, al igual para conocer el grado de exigencia y conformidad por parte de los consumidores respectivamente, ya que estas son diferenciadas por ser de ubicación geográfica y estratos sociales diferentes. Dada a que la investigación es de tipo experimental y descriptivo, y falta de un marco de muestreo para ubicar a una persona particular, se procedió a seleccionar de manera directa a los usuarios que reciben la prestación de los servicios públicos domiciliarios de la comunidad del Municipio de Naguanagua, Estado Carabobo, mediante un muestreo no probabilístico (Arias, 2006). Para determinar un tamaño de muestra representativo para el estudio, se trabajó bajo un criterio que validara la aplicación de métodos multivariantes, siendo éste que N debe ser igual a 100 o igual a cinco veces el número de variables consideradas para cada caso (Mejías et al., 2006), arrojando una cifra de 56 opiniones por parte del Grupo A y 60 opiniones por parte del Grupo B, correspondiente a un total de 116 encuestas.

La estrategia de recolección de información fue de casa por casa, encuestados de manera personalizada e individualizada, explicándoles los objetivos de la investigación y asegurando el entendiendo correcto de cada pregunta y el desarrollo completo de la encuesta por parte del usuario. El instrumento fue diseñado con variables en forma de preguntas, redactadas de manera muy similares entre si y presentadas en orden aleatorio a fin de poder validar las respuestas de los usuarios. Las respuestas solicitadas a los usuarios se reflejan en una escala que oscila del 1 (totalmente en desacuerdo) al 7 (totalmente de acuerdo), la cual permite al encuestado posicionarse y discriminarse de la muestra estudiada. La encuesta contempla 22 variables que constituyen una adaptación de la escala SERVQUALing (Mejías, 2005), un instrumento para medir la calidad de los servicios basado en el modelo SERVQUAL de Parasuraman, Zeithaml y Berry, (1985, 1988) y cubre todas las dimensiones importantes de la calidad de servicio aplicada a la recolección de desechos sólidos (Montaña, Ramírez y Ramírez, 2002); adicionalmente se tiene 2 variables complementarias referentes a la percepción general del servicio por parte del usuario, éstas dos últimas preguntas son imprescindible para la investigación, debido a que responde directamente al objetivo primordial de la investigación, que es la determinación de la calidad del servicio a través de la percepción del cliente, que a su vez será utilizado para la validación del instrumento junto con las otras 22 preguntas. Para el procesamiento

de los datos recolectados, se utilizó el paquete estadístico SPSS® -por sus siglas en inglés, Statistical Package for the Social Sciences, (2005).

Resultados y Discusión de los Resultados

Para determinar la estructura de los datos obtenidos, a través del instrumento SERQUALing, se utilizó la técnica estadística de análisis de factores, a fin de reducir la masa de datos, sin pérdida de información, enfocándose en la medición de las variables observables con las que estén supuestamente relacionadas (Miranda, 2005), logrando con la identificación de tales factores o dimensiones simplificar la comprensión y descripción de datos multivariados favoreciendo una interpretación más sencilla y sustantiva de los datos. La realización de éste análisis consta de 7 fases: (1) Análisis de factores, (2) Rediseño del Instrumento, (3) Pertinencia de aplicabilidad del nuevo instrumento, (4) Análisis de Fiabilidad, (5) Dimensiones Generadas, (6) Validación del instrumento y (7) Análisis Clúster. La fase (1) consistió en determinar (1.a) El determinante de la matriz de correlaciones de todas las variables que constituyen los datos originales, ésta fase tiene sentido si existen altas correlaciones entre las variables y si su determinante es cercano a cero, lo cual quiere decir que el grado de correlación entre las variables es significativo. En la tabla 1 se presentan los valores obtenidos para los determinantes aplicados para cada grupo bajo estudio, a partir de lo cual resulta considerable continuar el análisis de factores.

Tabla 1: Determinante.

Grupo	Determinante
General (Grupo A +B)	6,13*10 ⁻⁶
Grupo A (Las Quintas)	1*10 ⁻¹⁰
Grupo B (Barrio Oeste II)	0,004

Fuente: Salida del SPSS

Análisis de aplicabilidad, se centra en la comprobación analítica del grado de intercorrelación entre las variables pudiéndose realizar este por medio del índice KMO de Kaiser- Meyer-Olkin, índice que permite comparar las magnitudes de los coeficientes de correlación observados con las magnitudes de los coeficientes de correlación parcial, Cáceres (1994). Kaiser indica que un KMO mayor que 0,7 es indicativo de alta intercorrelación y, por tanto, indicativo de que el análisis de factores es una técnica útil. Entre 0,5 y 0,6 el grado de intercorrelación es medio y el análisis de factores sería menos útil que en el caso anterior, pero aplicable; un KMO < 0,5 indicaría que el análisis de factores no sería una técnica útil. Como se observa en la tabla 2, los valores obtenidos indican que se considera



apropiada la aplicación del análisis, ya que dichos valores son mayores a 0,7 indicando alta intercorrelacionalidad.

Tabla 2: Índice Kaiser-Meyer-Olkin.

Grupo	Kaiser-Meyer-Olkin
General (Grupo A +B)	0,9
Grupo A (Las Quintas)	0,847
Grupo B (Barrio Oeste II)	0,79

Fuente: Salida del SPSS

Extracción de componentes principales, consiste en extraer los factores formando combinaciones lineales independientes de las variables observadas, Fernández (2005). Los criterios usados para obtener el número de factores, se basaron en que los autovalores fueran mayores a uno (1) y que la varianza explicada fuera al menos 50% de la total (Mejías et al 2006), como resultado se obtuvo un 63,085% de la varianza total explicada, lo cual cumple con la condición establecida previamente. Luego se procede a la rotación de los factores con el objeto de facilitar su interpretación. Se empleó el método de rotación VARIMAX, el cual busca reducir el número de variables con saturaciones elevadas sobre un mismo factor, lo que mejora la interpretación de los factores. La fase (2) consistió en la eliminación de aquellas variables cuyo extracción permita aumentar el valor del alpha de Cronbachs, lo cual aumenta la fiabilidad del análisis y como segundo paso se tuvo la eliminación de aquellas variables cuyo valor de saturación sea inferior a 0,5 (Mejías, Reyes y Maneiro, 2006) lo cual indica que la correlación no es significativa. Dicho procedimiento se realizó de forma iterativa hasta generar un modelo más sencillo y con menor número de variables, consiguiéndose igual un alto porcentaje de varianza total explicada. Como resultado se obtuvo un total de cuatro factores y 17 variables. La fase (3) es la verificación de la aplicabilidad del análisis de factores a las variables obtenidas en la estadística de extracción, y su procedimiento es igual a la fase (1), obteniéndose como resultado para: (2.a) un valor muy cercano cero, lo que permite establecer que el análisis de factores si procede con esas variables; (2.b) con un valor KMO de 0,900 para el arreglo de factores y variables, demuestra que el nuevo modelo es adecuado para el análisis de factores. Este paso también se aplica para el estudio de los grupos A y B, obteniéndose como resultado cuatro factores (presentado en la tabla 3) y al encontrar el arreglo de factores finales, los valores de extracción logran un mínimo de 0,461 logrando explicar un alto porcentaje de varianza.

La fase (4), en esta fase se tomo como indicador de fiabilidad, el alfa de Cronbach, el cual se aplicó para verificar la consistencia interna, para éste, un valor cercano a uno indican consistencia interna entre los

Tabla 3: Resultados arrojados para los grupos de estudio.

Grupo	Valor de Determinante	Valor KMO	Nº de factores	Nº de variables
A	$1*10^{-10}$	0,847	3	14
B	$4*10^{-3}$	0,79	4	15

Fuente: Salida del SPSS

ítems de la escala (Prat y Doval, 2005). Para esta fase los valores obtenidos de alpha (mostrada en la tabla 4) son mayores a 0,5 lo cual le otorga fiabilidad al modelo obtenido.

Tabla 4: Coeficiente de Cronbachs para el rediseño del instrumento.

Dimensión	Alpha de Cronbachs
1	0,894
2	0,716
3	0,688
4	0,538

Fuente: Salida del SPSS

La fase (5), muestra de la descripción de las dimensiones obtenidas junto con sus respectivas variables: Tabla 5

La fase (6), de acuerdo con Torres (2006), un instrumento de medición es válido cuando mide aquello para el cual está destinado. La validez indica el grado con que pueden inferirse conclusiones a partir de los resultados obtenidos. La validez puede examinarse desde diferentes perspectivas: validez real, validez de contenido, validez de criterio y validez de constructor. Las validaciones usadas para este estudio son: (a) de Contenido, abarca Referencia de la literatura especializada sobre el tema de calidad de servicio e investigaciones referentes al estudio de la calidad de los servicios públicos domiciliarios a nivel regional e internacional (Sánchez et al, 2000; Montaña et al 2002), uso del sistema SERVQUAL (Petracci, M,1998) y revisión por parte de un experto en el área de gestión de la calidad y con experiencia en el ramo de evaluación de calidad de servicio, {b} de Criterio, inclusión en la encuesta SERVQUALing una pregunta auxiliar relacionada con la satisfacción total y la aplicación de la prueba U de Mann-Whitney, Se obtuvo como resultado el nivel de significancia menor a 0.01 y un valor Z de -9,24, lo que significa que los grupos difieren significativamente entre sí y queda demostrada la validez concurrente del instrumento.(c) Predictiva, abarca al análisis de regresión múltiple entre variables a través del paquete estadístico SPSS, con un valor obtenido como coeficiente de correlación de 0.584 con un nivel de significancia menor a 0.01, estos resultados prueban la relación existentes entre las variables confirmando así la validez predictiva del instrumento de acuerdo con (Lloréns, 1994; López y Serrano, 2001).



Tabla 5: Dimensiones de Calidad de Servicio Aseo Urbano.

<p>Dimensión 1:</p> <p>Capacidad de Respuesta y Confiabilidad</p>
<p>Corresponde a la capacidad de desempeñar una función requerida en condiciones establecidas, considerando las variables relacionadas con la adaptabilidad del servicio a las necesidades de sus clientes y el nivel de confiabilidad sobre la información generada</p>
<p>V05- El servicio de aseo urbano cumple los horarios establecidos.</p> <p>V07- El organismo prestador del servicio de aseo urbano se preocupa por los mejores intereses de sus clientes y su comunidad.</p> <p>V09- Se le comunica cuando el servicio de aseo urbano es suspendido y el motivo.</p> <p>V11- El personal del aseo urbano tiene conocimientos suficientes para responder a sus preguntas relacionadas con el servicio de recolección de basura.</p> <p>V12- El servicio de aseo urbano se cumple en el tiempo prometido.</p> <p>V14- Usted se siente seguro de la prestación del servicio de aseo urbano</p> <p>V16- El servicio de aseo urbano es ofrecido puntualmente.</p> <p>V17- Cuando tiene un problema el organismo se muestra un sincero interés en solucionarlo.</p> <p>V18- El servicio de aseo urbano se adapta a las necesidades específicas de su comunidad.</p>
<p>Dimensión 2:</p> <p>Seguridad y Atención</p>
<p>Evalúa el conocimiento del personal y su atención ante las necesidades así como también su habilidad para crear credibilidad y confianza</p>
<p>V04- El personal del aseo urbano presenta una buena apariencia.</p> <p>V06- El personal del aseo urbano le inspira confianza.</p> <p>V13- El personal del aseo urbano siempre está dispuesto a ayudarlo</p>
<p>Dimensión 3:</p> <p>Empatía</p>
<p>Incluye la evaluación perceptiva del servicio como un todo y la atención ofrecida al cliente</p>
<p>V01- Usted está satisfecho con el Servicio de Aseo Urbano prestado.</p> <p>V02- El personal del aseo urbano es siempre amable con Usted.</p> <p>V10- Usted considera que la frecuencia de recolección de basura durante la semana es suficiente y adecuada.</p>
<p>Dimensión 4:</p> <p>Responsabilidad y Activos</p>
<p>Describe los elementos relacionados a la prestación del servicio en general y la apariencia de las unidades prestadoras</p>
<p>V20- El organismo responsable del aseo urbano siempre está disponible y accesible para atenderle.</p> <p>V21- Las unidades de recolección del aseo urbano se encuentran en buenas condiciones.</p>



Para la última fase (7), se tiene el uso de una técnica estadística multivariante, para conocer asociaciones en función de las similitudes o diferencias de la percepción que éstos tienen de la prestación del servicio de recolección de desechos sólidos. El análisis de conglomerados o análisis Cluster según Peña (2003), da una amplia variedad de técnicas que se pueden utilizar para realizar clasificaciones de los distintos casos de la muestra. Para este caso se aplicó un análisis Clúster del tipo Jerárquico Aglomerativo. Un análisis Jerárquico se aplica cuando se tienen una gran cantidad de datos, como en el caso de estudio.

Usando el sistema SPSS se pudo aplicar un análisis clúster Jerárquico al conjunto de datos obtenidos al aplicar el instrumento de evaluación para cada una de las preguntas o variables establecidas en el mismo, obteniéndose que son concentradas en cinco grupos, que se muestran en la tabla 6.

Un primer grupo, compuesto por los clúster 1 y 2 que pueden ser asociados con los Elementos tangibles de servicio, entendiéndose estos como aquellos elementos que el usuario puede percibir en forma directa tal como: apariencia del personal, seguridad en el personal, estado de las unidades de recolección, entre otros; si bien las distancias especificadas en el dendrograma son significativas la naturaleza de las variables permite un estudio global de las mismas.

Un segundo grupo, compuesto por los clúster 3, 4 y 5 que pueden ser asociados con los Elementos Intangibles del Servicio, relacionados estos con la percepción del usuario con respecto al servicio, se agrupan aquí elementos tales como: cumplimiento de horarios, atención al público, flexibilidad del servicio, adaptabilidad a las necesidades del usuario, seguridad en la prestación del servicio, y finalmente se traduce en términos de la satisfacción del cliente sobre el servicio.

CONCLUSIONES

La evaluación de la calidad de servicio de recolección de desechos sólidos se realizó por medio de

un instrumento de medición dirigido a dos comunidades representando una muestra de la población del municipio.

La calidad del servicio de recolección de desechos sólidos para las comunidades encuestadas del municipio Naguanagua se expresa en términos de cuatro dimensiones asociadas a capacidad de respuesta, percepción, seguridad y responsabilidad como variables fundamentales.

El instrumento de medición presenta validez de contenido y de criterio con alto nivel de significancia, por lo que se puede utilizar para evaluar la calidad del servicio percibido desde el punto de vista de la comunidad.

Se establece que los conceptos de Calidad de Servicio y Percepción de Servicio son considerados por los clientes de forma única para evaluar el servicio de recolección de desechos sólidos.

Los usuarios consideran que la prestación de la recolección de los desechos sólidos en el Municipio Naguanagua se califica como “Mala”, siendo esto un estado de inconformidad.

El Instituto debe tomar acciones al respecto, empleando mecanismos y estrategias como la aplicación de instrumentos que permita medir la calidad de servicio desde la comunidad pudiendo así, establecer mejoras al mismo cumpliendo con las necesidades de los usuarios.

Por medio del análisis DOFA se elaboraron estrategias de mejoras derivadas del análisis interno y externo del servicio de recolección de desechos sólidos, siendo algunas de ellas, generar canales de comunicación directa entre la comunidad y el instituto, promover la formación del personal en general, diseñar planes de recolección que se adapten a las necesidades de las comunidades, entre otras.

Referencias

Arias, F. (2006). El proyecto de investigación (5ta edición). Editorial Epistemes. Venezuela.

Tabla 6

Grupos de Categorías Asignadas				
Personal	Responsabilidad y Activos	Comunicación	Atención y Solución	Empatía
V02	V20	V09	V07	V01
V04	V21	V11	V13	V05
V06			V14	V12
V10			V17	V16
				V18



- Cáceres, R. (1994). Estadística multivariante y no paramétrica con SPSS: aplicación a las ciencias de la salud. Ediciones Díaz de Santos, España.
- Fernández, C. (2005). Quimiometría. Universidad de Valencia, España.
- Mejías, A. (2005). Modelo para medir la calidad del servicio en los estudios Universitarios de Postgrado. Universidad, Ciencia y Tecnología, 10(34), 81-85. Venezuela.
- Mejías, A., Reyes, O. y Maneiro, N. (2006). Calidad de los servicios en la educación superior mexicana: Aplicación del SERVQUALing en Baja California. Investigación y Ciencia, 14(34), 36-41. México.
- Miranda, C. (2005). Estadística Multivariable (4ta ed.). Ediciones UPC. España..
- Montaña, J., Ramírez, E. y Ramírez, H. (2002). Evaluación de la calidad de los servicios públicos domiciliarios. Revista Colombiana de Marketing, 3 (5), 47-62. Colombia.
- Parasuraman, A., Zeithaml, V. y Berry, L. (1985). A Conceptual Model of Service Quality and Its Implications for Future Research. Journal of Marketing, Volumen 49, número 5, USA, American Marketing Association, pp. 41-50.
- Parasuraman, A., Zeithaml, V. y Berry, L. (1988). SERVQUAL: A Multiple-Item Scale for Measuring Consumer Perceptions of Service Quality. Journal of Retailing, volumen 64, New York University, pp. 12-40.
- Peña, J. (2003). Diseño de encuestas para los estudios de mercado. Editorial Ramón Areces, Venezuela.
- Petracci, M (1998). La Medición de la Calidad y la Satisfacción del Ciudadano – Usuario de Servicios Públicos Privatizados. Instituto Nacional de la Administración Pública, Argentina.
- Prat, R. y Doval, E. (2005). Construcción y análisis estadístico de escalas. En Análisis Multivariante para las Ciencias Sociales (Comp. Lèvy, J. y Valera, J.). Pearson Prentice Hall, 43-89. España.
- SPSS (2005). Manual del usuario de SPSS base 14.0. SPSS inc. USA.
- Torres, C. (2006). Metodología de la Investigación. (2da ed.). Pearson. Colombia.



Consideraciones para el estudio de sitios potencialmente contaminados por efluentes papeleros (Caso Venezuela)

Polo Mirna¹, Martínez Yadira²

¹Postgrado en Ingeniería, área ambiente, UC

²Laboratorio de Investigación y Tecnología de suelos y ambiente, UC.

mpolopa@hotmail.com / yadiram20@gmail.com

Resumen

La contaminación de sitios por efluentes industriales generados en fábricas de pulpa y papel, ha sido poco estudiada; en la mayoría de los casos, se evalúan los efectos que éstos producen en las aguas debajo de su descarga. Actualmente, se hace necesario realizar investigaciones de suelos y aguas en terrenos, donde están presentes sustancias y residuos de los procesos tecnológicos utilizados por este tipo de industria, a fin de determinar la existencia de contaminantes en los mismos. Con este trabajo, se pretende establecer algunos lineamientos y/o consideraciones a seguir para el estudio de la contaminación del sitio donde se emplaza una industria papelera en la región norte costera del país; que presenta áreas afectadas por descarga de efluentes industriales de la producción de pulpa y papel. Para el análisis del caso, se realizaron inspecciones a la empresa; entrevistas al personal; recopilación de documentos históricos y uso del Sistema de Información Geográfico (SIG). Como resultado, se pudo determinar que actualmente existe en el sitio, inadecuada disposición de licor negro, así como lodos y sus lixiviados; lo cual requiere ser evaluado para determinar la presencia de contaminantes y los riesgos asociados a los mismos.

Palabras clave: sitio contaminado; efluentes industriales; pulpa y papel.

Considerations for the study of sites Potentially contaminated by effluents stationers (Venezuela Case)

Abstract

The contamination of sites by industrial effluents generated in factories of pulp and paper, little has been studied; in the majority of the cases, the effects are evaluated that these produce in waters underneath their unloading. At the moment, one becomes necessary to realise investigations of grounds and waters in lands, where they are present substances and technological process residues used by this type of industry, in order to determine the existence of polluting agents in the same. With this work, it is tried to establish some lineamientos and/or considerations to follow for the study of the contamination of the site where an industry is located wastebasket in the coastal North region of the country; that it presents/displays areas affected by unloading of industrial effluents, of the production of pulp and paper. For the analysis of the case, they were realised inspection to the company; interviews to the personnel; historical document compilation and use of the System of Information Geographic (SIG). Like result, it was possible to be determined that at the moment it exists in the site, inadequate disposition of black liquor, as well as muds and leached his; which requires to be evaluated to determine the presence of polluting agents and the risks associated.

Key words: contaminated site; industrial effluents; pulp and paper.

Introducción

A finales de los años sesenta en Estados Unidos, se detectaron contaminantes tóxicos en la atmósfera, en las aguas y en las tierras originados por gran variedad de actividades humanas; para esa época ya era evidente la cantidad de terrenos abandonados y contaminados por residuos peligrosos; esto motivó que en la década de los ochenta el congreso norteamericano aprobara la ley general de compensación y responsabilidades de reacción medioambiental (CERCLA) que dió lugar a la creación del denominado "Superfund" para mejorar, restaurar y limpiar sitios contaminados. (LaGrega et al, 1996). Actualmente, países como Canadá, México, Argentina, Chile, Brasil, Uruguay y de la Unión Europea, ha avanzado en programas de gestión de sitios contaminados y en acciones para el desarrollo de legislaciones en la materia.

La Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Seramat) de México (2008) señala en su informe de la situación del medio ambiente que:

El manejo ineficiente o inadecuado de las sustancias químicas y sus residuos puede resultar en sitios contaminados. Los sitios contaminados pueden definirse como aquellos lugares donde ha habido depósito, enterramiento o vertido de sustancias químicas o residuos, vinculados a actividades industriales, comerciales, agrícolas o domésticas. Entre las principales causas que pueden provocar la contaminación de un sitio están: a) la disposición inadecuada de RSU, RP y RME en terrenos baldíos, bodegas, almacenes y patios de las industrias; b) fugas de materiales o RP de tanques y contenedores subterráneos, tuberías y ductos, así como de alcantarillados y drenajes industriales o públicos; c) lixiviación de materiales en sitios de almacenamiento y donde se desarrollan actividades productivas, o bien, de rellenos sanitarios y tiraderos a cielo abierto; d) derrames accidentales de sustancias químicas durante su transporte; e) aplicación de sustancias químicas potencialmente tóxicas en el suelo, instalaciones y edificaciones; y f) la



descarga de aguas residuales que contienen RP y sustancias químicas potencialmente tóxicas sin tratamiento previo.

La Unión Europea, ha avanzado en definiciones como la de “Sitio Potencialmente Contaminado”, como aquella área, donde una actividad esta o estuvo operando, pudiendo causar la contaminación del suelo; “sitio contaminado”, como un sitio con presencia confirmada de sustancias peligrosas, causadas por el hombre, en niveles que pueden significar un riesgo al receptor, el cual debe manejarse, tomando en consideración el uso del mismo; y “tierra contaminada” como un área geográfica con presencia confirmada de sustancias peligrosas, causado por el hombre en tal nivel que pueden significar un riesgo significativo a un receptor, y requiere la acción de manejo de los riesgos. (Dries, 2004).

En las propuestas para la Directiva de protección del suelo, del Parlamento Europeo, se considera que las malas prácticas industriales, han dejado muchos terrenos contaminados, y los estados miembros deben identificarlos y establecer un inventario de éstos, para lo cual deben elaborar una lista común de las actividades que tienen un potencial significativo de contaminar los suelos, como paso previo de la delimitación de los terrenos que puedan estar en esa situación y formen parte de dicho inventario. (COM.2006). España, con el Real Decreto 9/2005 y dando cumplimiento a su Ley 10/98 de residuos, ha sido uno de los miembros que ha elaborado la lista de actividades potencialmente contaminadoras del suelo, donde se establece que éstas se corresponden con industrias o comercios en las que, ya sea por el manejo de sustancias peligrosas o por la generación de residuos, pueden ser consideradas como tal. Entre esta lista, se encuentra la fabricación de pasta papeleras, papel y cartón.

A nivel mundial, la fabricación de pasta y papel se considera una actividad fuertemente generadora de impactos ambientales, debido a la generación de efluentes poco biodegradables y compuestos tóxicos; que al ser vertidos al ambiente, pueden constituirse en elementos potencialmente contaminadores del suelo y de las aguas superficiales y subterráneas. En el caso de los efluentes de las instalaciones de blanqueo, son altamente preocupantes, ya que se descargan entre 40 a 80 mil litros por toneladas con alta proporciones de materiales coloridos de las etapas de cloración y extracción. (Kent, 1984)

Para el análisis de este trabajo, se usará el término de sitio potencialmente contaminado, referido a la actividad de fabricación de pasta, papel y cartón, y se realizará un análisis de consideraciones a seguir en Venezuela para su estudio. Las mismas tienen que ver con aspectos técnicos y legales, y se mencionan a continuación:

Caracterización de efluentes de la industria papeleras

La primera consideración se refiere al conocimiento de los procesos tecnológicos utilizados en la industria papeleras; ya que este tipo de industrias produce dos vertidos principales: el de la fabricación de pasta y de la fabricación de papel; donde la composición de los efluentes dependerá de la materia prima y del tipo de proceso utilizado en cada uno de ellos. La mayor parte de la contaminación que se produce en la empresa papeleras, tiene su origen en la producción de pulpa o pasta, la cual genera efluentes con compuestos altamente tóxicos y difíciles de biodegradar de los procesos de extracción de la celulosa. En la etapa de blanqueo, si se utiliza cloro, los efluentes generados contienen compuestos tóxicos como son organoclorados que se expresan como Adsorbable organic halogen (AOX). Los efluentes provenientes de las maquinas papeleras y cartoneras y de las plantas de aditivos para el papel, también contribuyen con carga orgánica, pero en menor porcentaje en comparación a los provenientes del pulpaje. Para conocer los procesos tecnológicos utilizados por la industria papeleras y las características de los efluentes generados, durante el estudio de sitios contaminados, se debe contar con una revisión histórica del sitio, siendo necesario disponer de planos de planta, diagramas de flujo, cantidades de insumos, productos elaborados e información de personal que haya laborado en el área.

Sistemas de tratamiento de efluentes

La segunda consideración tiene que ver con el estudio y análisis del sistema de tratamiento de efluentes empleado en la industria para el control de la descarga de los vertidos, ya que éstos presentan diferentes composiciones dado el origen de los mismos. Contar con esta información es importante para estimar que sustancias fueron tratadas por el sistema. Entre los tratamientos utilizados para este tipo de vertidos, generalmente se tiene el tratamiento primario con clarificadores y desbastes y el secundario con lagunas aireadas. Para el control de compuestos organoclorados de la etapa de blanqueo, debe haber un pre tratamiento ya que éstos colapsan los sistemas biológicos, no permitiendo la biodegradabilidad de la materia orgánica.

Uso de herramienta SIG

La tercera consideración es el uso de sistemas de información geográfica, ya que son herramientas que facilitan el análisis espacial de un área bajo estudio, permiten interpretar los efectos ambientales por presencia de actividades industriales en el medio físico natural. En el estudio de sitios potencialmente contaminados, el uso de esta herramienta facilita la planificación del muestreo, y la construcción de mapas con la ubicación del contaminante y su relación con la fuente de generación;

así como la distribución del mismo en el espacio. En México, se ha implementado un sistema informático de sitios contaminados (SISCO) que permite registrar pasivos ambientales, con capacidad y flexibilidad de intercambiar información con la base de datos y SIG's existentes entre sus instituciones estatales y federales (Sermanat, 2009)

Caracterización Físico geográfica del Sitio

Como cuarta consideración se menciona el conocimiento de las condiciones físicas naturales del área donde se ubica el sitio; éstas constituyen factores que influyen en el transporte y destino de los contaminantes en el medio; siendo de interés conocer los aspectos como el suelo y sus propiedades, clima predominante, régimen hídrico y factores bióticos que pueden ser impactados.

Evaluación ambiental del sitio

La quinta consideración, es la caracterización del sitio potencialmente contaminado, para lo cual se debe establecer unidades de estudios para el suelo, aguas superficiales y aguas subterráneas, así como para lodos, lixiviados y sedimentos presentes. De ahí parte realizar una investigación exploratoria de la contaminación, que determinará la necesidad de continuar con investigaciones detalladas para delimitar el tipo, concentración y distribución de sustancias contaminantes.

Aspectos legales

La sexta consideración para sitios potencialmente contaminados por industrias papeleras, debe ser el manejo de la legislación para el control de la contaminación, porque éstas establecen los parámetros físicos y químicos que deben controlarse en la descarga de efluentes y los niveles genéricos de referencia de contaminantes en

suelos y aguas; así como también la legislación de sitios contaminados ya que las mismas permiten establecer programas de gestión en esta área.

Análisis y Disertación

La investigación realizada fue de campo y documental, lo cual llevo a cabo a través de entrevistas con el personal, observación directa en campo, uso de sistemas de información geográfica, recopilación de documentos históricos, recopilación de datos secundarios de laboratorio y revisión bibliográfica.

Como resultado se obtuvo, que la planta utilizo bagazo de caña para la producción de pulpa y papel con procesos semi químico. El blanqueo de la pulpa fue por un proceso de tres etapas (Cloro-Soda e Hipoclorito), También conto con una planta para fabricación de almidón. Los efluentes provinieron del lavado y blanqueo de la pulpa, de las maquinas papeleras y de la planta de almidón. También se generó licor negro de la extracción de la lignina que no fue recuperado, Las características de los efluentes difieren en su composición según origen de los mismos (Ver Tabla 1).

El tratamiento de efluentes utilizado estuvo conformado por un sistema de tratamiento primario con dos clarificadores para las líquidos de las maquinas papeleras y un sedimentador para los de la planta de pulpa; y un sistema secundario de cinco (5) lagunas anaeróbicas. Como en la planta de pulpa no se recupero el licor negro, éste se descargo en una fosa estabilizadora del pH y temperatura seguido de dos (2) lagunas para su tratamiento. Estas lagunas funcionaron como receptoras tanto del licor negro como de lodos provenientes de los clarificadores que trataron las aguas de las papeleras y del sedimentador que trato las aguas del blanqueo y lavado de la pulpa. El sobrenadante de estas lagunas

Tabla 1: Caracterización de efluentes provenientes de los procesos de la papelera.

Parámetros	Unidad	Efluentes maquinas papeleras	Efluentes Planta Almiven	Sedimentador (efluente pulpa y blanqueo)	Fosa Licor negro en
Color Real	Un Pt/Co	100	30	7000	30000
Rango de pH	Adim	6.54-7.05	6.34-6.90	7.00-7.40	10.24-10.53
Sol. Susp. Totales	mg/l	1150	1400	1550	3512
DBO ₅	mg/l	430	510	1950	12200
DQO	mg/l	1620	1325	7920	67840
Nitróg. Orgánico	mg/l	8.4	15	42	-
Fosforo Total	mg/l	0.84	1.4	4.6	17.6
Plomo	mg/l	0.55	0.45	-	2.20
Cobre	mg/l	0.04	0.01	-	<0.001
Aluminio	mg/l	7.6	6.95	-	<0.003
Fenoles	mg/l	-	< 00.1	-	

Fuente: Datos año 1997. Aportado por la Industria Venezolana papelera.



descarga al sistema de tratamiento secundario, junto a los sobrenadantes del sedimentador. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), la demanda química de oxígeno (DQO), el color y la temperatura no cumplieron lo establecido en el Decreto 883 de las descargas a mar Caribe. (Ver Tabla 2)

De la interpretación del SIG se determinó que el área afectada es de aproximadamente 60 has de terreno, con presencia de fosas de licor negro, lodos, lixiviados de lodos, fosas de sedimentación y lagunas de tratamiento anaeróbico, donde se requiere establecer las unidades de estudio para llevar a cabo la investigación correspondiente. En relación a las características del área donde se emplaza el sitio, se puede decir que se corresponde geológicamente a un cuaternario indiferenciado, constituido por depósitos de formación aluvial; su geomorfología es de topografía poco accidentada, con ondulaciones y escasa diferencia de nivel; su hidrografía se caracteriza por ríos y quebradas que se desbordan recurrentemente, desarrollándose lagunas y ciénagas de origen aluvial y aluvio-marinas; los suelos presentes según su capacidad de uso agrícola son de clases IV y VI y las precipitaciones promedios anuales son entre 1000–1200 mm. Las condiciones climáticas e hidrográficas del área pueden favorecer el traslado de contaminantes hacia otros receptores como lo es el mar Caribe.

La legislación nacional e internacional revisada se relacionó a sitios contaminados, control de vertidos a cuerpos de agua, gestión de residuos peligrosos, contaminación de suelos y lodos de depuración. Se pudo determinar que en Venezuela no existe legislación para sitios contaminados que permita contar con programas

de gestión en esta área. En relación al control de vertidos a cuerpos de agua, el Decreto 883 que aplica al caso no contempla límites para compuestos organohalogenados medidos como Adsorbable orgánico halógeno (AOX) a diferencia de otras legislaciones internacionales donde existen valores límites de descarga para dicho parámetro; tampoco este decreto contempla prueba de toxicidad organismos vivos. Por otra parte la legislación en Venezuela no está desarrollada para contaminación de suelo a diferencia de la Unión Europea que establece niveles genéricos en suelos y contempla la lista de las actividades potencialmente contaminadoras del mismo. Cabe destacar que en las normativas de residuos peligrosos, no se establecen niveles de referencia para descargas de lodos que puedan relacionarse a este tipo de industria.

Conclusión

En la actualidad la empresa en estudio solo produce papel, sin embargo el análisis histórico realizado a la misma determinó que existió producción de pulpa y las instalaciones para este fin habían sido eliminadas para el momento del análisis. El sistema de tratamiento de efluentes aplicado no logra controlar la carga orgánica y presencia de otros compuestos de los efluentes, ya que los parámetros DBO, DQO, color y temperatura al momento de su descarga no cumplieron los límites establecidos en las normativas venezolanas. En sitio existe un pasivo ambiental constituido por fosas con licor negro, lagunas con restos de efluentes, lagunas con lodos, suelos con lixiviados donde puede estar presentes compuestos dañinos a la salud y a los ecosistemas presentes. Ello

Tabla 2: Caracterización de efluentes tratados por el sistema.

Parámetros	Unidad	Efluente tratado papel y cart.	Salida laguna 2 Licor Negro	Tratam. biológico Laguna 1	Tratam. biológico Laguna 5
Color Real	Un Pt/Co	75	20000	7000	5000
Rango de pH	Adim	5.82-6.45	10.2-10.5	7.00-7.24	7.99-8.20
Sólidos Totales	mg/l	990	21650	9950	6220
DBO ₅	mg/l	270	9450	1950	230
DQO	mg/l	420	21820	7920	5270
Nitrógeno Orgánico	mg/l	7.2	64.8	42	31.2
Fosforo Total	mg/l	0.38	33.7	4.6	5.9
Plomo	mg/l	0.23	0.60	-	0.29
Cobre	mg/l	<0.001	0.08	-	0.05
Aluminio	mg/l	1.2	12.8	-	4.9
Fenoles	mg/l	-	-	-	1.0

Fuente: Datos año 1997. Aportado por la Industria Venezolana papelera.



hace necesario el estudio exploratorio y/o detallado del sitio y realizar la evaluación de riesgos a la salud y al ambiente.

Referencias

- Comisión de las Comunidades Europeas. COM (2006). Propuesta de Directiva del Parlamento europeo y del consejo por la que se establece un marco para Protección del suelo y se modifica la directiva 2004/35/ce Bruselas.
- Decreto 883. (11 de Octubre de 1995). Normas para la clasificación y el control de la Calidad de los cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos. Gaceta Oficial de la República de Venezuela. Extraordinaria. N° 5021
- Decreto 2635. (3 de agosto de 1998). Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de Desechos Peligrosos. Gaceta Oficial de la República de Venezuela. N° 5245 Extraordinaria.
- Dries, V.,(2004). Task Group 4 on working together towards a risk basad land management. Contamination and Land Management. Vol IV European Environment Agency. Established Under the Thematic Strategy For Soil Protection. Traducción mia.
- Kent, j. (1984) Manual de Riegel de Química Industrial. Editado por james a Kent. Compañía editorial continental S.A. México. (Primera edición en español y Séptima en ingles
- LaGrega, M., Buckingham P., Evans J. (1996).Gestión de Residuos Tóxicos. Tratamiento, eliminación y recuperación de suelos. Editora McGraw-Hill. España. Traducido de la primera edición en Ingles de Hazardous waste manamegent
- Ley 10/98 (21 de abril de 1998) BOE. Núm. 96 de 322 de Abril de 1998. España
- Real Decreto 9/2005. (14 de enero 2005). Se establece la relación de las actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados
- Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Sermanat). (2008) Informe de la Situación del Medio Ambiente. Compendio de Estadísticas ambientales. México. Recuperado 30 de marzo de 2010 de [Http://www.Sermanat.gob.mx](http://www.Sermanat.gob.mx)
- Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Sermanat). (2009) Sistema Informático de sitios contaminados (SISCO). Recuperado el 29 de Mayo del sitio Web [Http://www.Sermanat.gob.mx](http://www.Sermanat.gob.mx)



Comparación del rendimiento de extracción de aceite de pulpa y semilla del fruto de la palma pijiguao (*Bactris gasipaes* HBK) variedad amarilla

Ingrid Velásquez¹, Dalys Mendez¹, Viky Mujica²

¹Departamento de Física, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Campus de Bárbula, Campus de Bárbula, Valencia, Venezuela.

²Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Campus de Bárbula, Valencia, Venezuela.

ivvelasquez@uc.edu.ve, vcujica@gmail.com; dalysmendez@hotmail.com

Resumen

En esta investigación se realizó la extracción del aceite de la pulpa y semilla del fruto de la palma de Pijiguao (*Bactris gasipaes* H.B.K) variedad roja escala de laboratorio. Los análisis proximales obtenidos de la pulpa fueron: humedad 44,4%; cenizas 0,3%; fibra cruda 7,462%; proteínas 5,5% y grasa cruda de 13,85%; mientras en la semilla fue de: humedad 47,33%; cenizas 0,46%; fibra cruda 31,64%; proteínas 11,3% y grasa cruda de 27,22%. Para la extracción del aceite se encontraron que las variables: masa alimentada, tamaño de partícula y tiempo de extracción influyen sobre el rendimiento. Los resultados muestran que las mejores condiciones de operación para la pulpa es: 5g, 4h y un tamaño de partícula de 0,85 mm, obteniéndose un rendimiento de 15,57%, mientras que para la semilla fue 15g, 6h y un tamaño de partícula de 0,85 mm con un rendimiento de 27,22%. En el aceite de la pulpa el ácido graso en mayor proporción es el oléico con un 45,85 %, mientras que en la semilla es el láurico con un 55%. El aceite de pulpa tiene un potencial de aprovechamiento en el sector de alimentos; mientras que el aceite de la semilla, tiene posibilidades de aplicación en la industria cosmética y en el sector de pinturas.

Palabras clave: Pijiguao (*Bactris gasipaes* H.B.K), extracción sohxlet, palmiste.

Comparison of the performance of extraction process of pulp oil and Pijiguao Palm seed (*Bactris Gasipaes*) of the yellow variety

Abstract

In this investigation the extraction of oil from the fruit pulp and seed Pijiguao palm (*Bactris gasipaes* HBK) red variety laboratory scale. The proximal analysis obtained from the pulp were: moisture 44.4%, ash 0.3%, 7.462% crude fiber, protein and crude fat 5.5% of 13.85%, while the seed was: moisture 47, 33%, ash 0.46%, crude fiber 31.64%, 11.3% protein and crude fat of 27.22%. For the extraction of oil is found that the variables fed mass, particle size and extraction time influence on performance. The results show that the best operating conditions for the pulp is: 5g, 4h and a particle size of 0.85 mm, yielding a return of 15.57%, while for the seed was 15g, 6h and size particle of 0.85 mm with a yield of 27.22%. In the pulp oil fatty acid oleic acid ratio is higher with 45.85%, while the seed is 55% lauric. The pulp oil has potential use in the food sector, while the seed oil has potential use in cosmetics and paint industry.

Key words: Pijiguao (*Bactris gasipaes* HBK), palm oil.

Introducción

En Venezuela alrededor del 80% de aceites y grasas comestibles son importados, lo cual indica que es una nación altamente dependiente del suministro foráneo de materia prima y productos oleaginosos (Morillo 2005), de ahí la necesidad de buscar nuevas alternativas de producción en materia de aceite que se encuentren dentro de las especies nativas del país.

El pijiguao *Bactris gasipaes* H.B.K, es una palmera con varios tallos o estípites cilíndricos de 15 a 30 cm de diámetro, que pueden alcanzar hasta 25 m de altura. Los frutos son drupas de coloración diferente, verduzcos, amarillos, anaranjados, rojos y colores intermedios; tienen diversas formas, cónica, ovoide o elipsoide; son de distinto tamaño; el peso es variable y clasifica al fruto en razas: microcarpa de 4 a 20 g, mesocarpa de 20 a 70 g y macrocarpa de 70 a 250 g; el pericarpo es delgado y a veces adherido al mesocarpa, el cual es de color amarillo o anaranjado, carnoso, amiláceo, fibroso

o aceitoso; el endocarpo es negro y de consistencia dura con tres poros en el ápice. La semilla es ovoide, cónica o elipsoidal y pesa entre 1 y 5 g; el endosperma es blanco y comestible.

Está ampliamente distribuida en las tierras bajas de los llanos amazónicos del Perú, Ecuador, Bolivia, Colombia, Venezuela, Guyana y Brasil y en la cuenca del Océano Atlántico entre Panamá, Costa Rica, Nicaragua y Honduras. En Venezuela es cultivada por todas las etnias indígenas del Estado Amazonas y Suroeste del Estado Bolívar. Otra zona del país donde ha sido reportada esta especie es en el Estado Zulia, donde existen poblaciones silvestres.

Del fruto y la semilla se extrae aceite comestible que contiene ácidos grasos no saturados de gran demanda en el mercado actual (Montilla e Infante, 2004). Con respecto al valor nutricional, el pijiguao es uno de los alimentos tropicales de mayor valor nutritivo. Su contenido de proteína de alta calidad en pulpa es de 2,5



a 4,8 %, mientras que en semilla de 11-12% debido al número y a la cantidad de aminoácidos esenciales que posee. También contiene vitaminas B y C. Por su fina grasa, constituida por aceites no saturados y el alto contenido de beta-carotenos, fósforo, vitamina A (esta se encuentra en una mayor proporción 867,7 UI), calcio y hierro, lo que lo hacen uno de los alimentos naturales más completos.

La finalidad del presente trabajo es determinar las mejores condiciones de extracción del aceite presente en la pulpa y semilla de la variedad amarilla de la palma de pijiguo (*Bactris gasipaes* H.B.K). Un aporte científico adicional de este trabajo es la determinación de los perfiles lipídicos de la pulpa y semilla del Pijiguo.

Metodología

La presente investigación es del tipo experimental (Pérez y Torres, 2005), se analiza el comportamiento de las variables pertinentes al proceso de extracción sólido-líquido de la pulpa y semilla con la finalidad de establecer las mejores condiciones de extracción.

Caracterización de pulpa y semilla de Pijiguo (*Bactris gasipaes* H.B.K)

La plantación objeto de estudio del Pijiguo (*Bactris gasipaes*), pertenece a la estación experimental Saman Mocho, de la Universidad Central de Venezuela. La recolección se llevó a cabo entre los meses de Julio-Agosto del 2009. Tanto a la pulpa como la semilla se les realizaron análisis proximales, los cuales se llevaron a cabo en el Laboratorio de Alimentos de la Universidad de Carabobo, basándose en la normativa venezolana COVENIN. Los nutrientes considerados son: porcentaje de humedad (COVENIN 1156-1979), porcentaje de cenizas (COVENIN 328-2001), grasa libre (COVENIN 3218-1996), fibra cruda (COVENIN 1194-1979) y proteínas (COVENIN 1195-1980). Para la toma de estas muestras, se utiliza la norma COVENIN 635:1997, que establece el método general de muestreo aplicable a materias primas de origen animal, vegetal y mineral.

Diseño experimental

En la planificación de los experimentos se recopiló información de trabajos anteriores, sobre el proceso de extracción de aceites de semillas oleaginosas y la caracterización de las mismas. Entre ellos se encuentran las investigaciones realizadas por Delgado et al. (2010), Pérez et al. (2009), Maradey y Rodríguez (2007), Pérez (2006), Delgado y Ramírez (2006), Arias (2006), donde se concluye que las variables más incidentes y que influyen en el proceso de extracción son: cantidad de semilla, tamaño de partícula, volumen de solvente y tiempo de extracción.

Cabe resaltar que tanto Delgado et al (2010), como Pérez et al (2009) incluyen dentro de sus investigaciones la variable independiente volumen de solvente, para la investigación no se considera debido a la capacidad de 200 ml del equipo sohxlet. Este equipo está ubicado en el Laboratorio de Alimentos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo.

Las investigaciones citadas anteriormente permiten seleccionar las variables independientes a analizar y los niveles de dichas variables que a continuación se detallan:

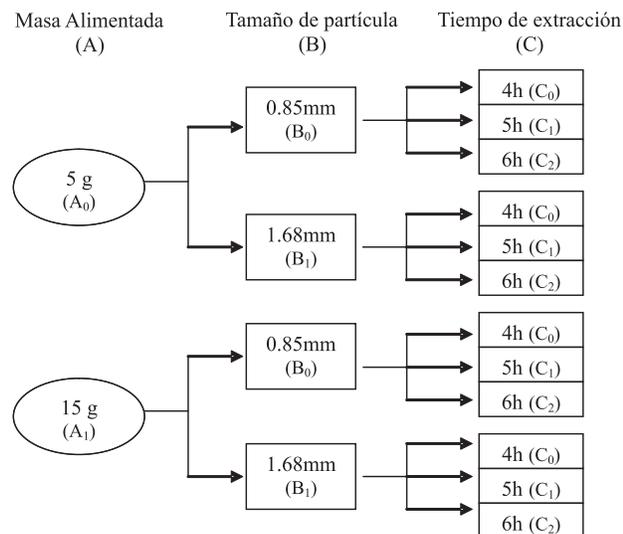
- Masa de alimentación: el rendimiento de extracción se ve afectado por la masa alimentada, para lo cual se emplean dos niveles: 5g y 15 g., considerando los antecedentes consultados y las capacidades mínima y máxima del equipo sohxlet.
- Tamaño de partícula: luego de la molienda, la muestra es tamizada, considerándose dos tamaños de tamiz: 0,85 mm y 1,65 mm disponibles en el laboratorio. Los tamaños fueron asignados basados en el concepto de que a menor tamaño, mayor será la superficie de contacto (Delgado et al. 2010)
- Tiempo de extracción: Se consideraron tres niveles: 4h, 5h, 6h, ya que el tiempo de extracción debe ser suficiente para lograr la efectiva extracción del aceite... Siendo el primer nivel considerado el recomendado por la norma COVENIN 3218-1996 de 4h. Una vez que establecidas las variables independientes y sus niveles en el proceso de extracción, se analizaron mediante un diseño de experimento factorial con niveles mixto, para conocer la influencia de cada variable sobre el proceso de extracción. Para el caso de estudio el modelo de diseño fue $2^2 \times 3^1$, obteniéndose así un total de 12 experimentos para los cuales se realizaron un total de 3 réplicas, tanto para pulpa como para semilla. La variable respuesta es el porcentaje de aceite obtenido. (Montgomery, 2001). El esquema del diseño se muestra en la Figura 1

Preparación de la materia prima

Previo a la extracción del aceite, la materia prima recolectada es sometida a un proceso de separación manual de pulpa y semilla. En el caso de la pulpa un troceado para luego secar a 60 °C por un periodo de 16 h seguido de una molienda y almacenado a 40°C. Para la semilla el procedimiento es similar un pre-tratamiento térmico a 50°C por 1 h, con la finalidad de lograr el total desprendimiento de la pulpa adherida a la misma seguido de una ruptura mecánica para su secado a 50 °C por 24 h para finalmente moler y almacenar a 40°C .



Figura 1: Esquema del diseño de experimento para la extracción del aceite de pulpa y semilla del Pijiguao (*Bactris gasipaes* H.B.K.).



Procedimiento experimental del proceso de extracción

La extracción sólido-líquido es una de las operaciones básicas del laboratorio. Se define como la acción de separar con un líquido una fracción específica de una muestra, dejando el resto lo más íntegro posible. En el balón del equipo sohxlet se colocan 200 ml del solvente y en el vaso extractor se carga la cantidad de semilla previamente acondicionada, según lo establecido en el diseño experimental. Seguidamente, se alimenta agua de enfriamiento proveniente de un baño de enfriamiento; luego se inicia el calentamiento del solvente en el balón hasta alcanzar su temperatura de ebullición (69 °C), cuando esto ocurre los vapores de hexano suben a través del condensador vertical se condensan y caen en la cámara de extracción, inundando todo el dedal, generando la transferencia de masa. Luego por diferencia de presiones el solvente con el aceite extraído caen de nuevo en el balón, para así continuar el proceso durante el tiempo establecido en el diseño experimental. Finalmente, se descarga el aceite acumulado en el fondo del balón y se procede a iniciar la recuperación del solvente. Una vez realizados todos los experimentos planteados se determinó el rendimiento de cada extracción. El cálculo del rendimiento consiste en relacionar la cantidad de aceite obtenido y la cantidad de materia prima alimentada (Pérez, et al 2008), empleando la siguiente ecuación:

$$R = \frac{ma}{mmpa} * 100$$

Donde:

R: rendimiento, %

ma: masa de aceite (cantidad de aceite obtenido, g)

mmpa: masa de materia prima alimentada (cantidad semilla o pulpa alimentada, g)

Adicionalmente, se procede a determinar el perfil de ácidos grasos de los aceites extraídos bajo las mejores condiciones de operación. El equipo utilizado es un cromatógrafo de gas HP-5890 serie II constituido por una columna DB-23, acoplado a un integrador HP-3396 serie II. Este perfil permitirá establecer conocer los porcentajes máxicos de los ácidos presentes y así especificar el potencial de aprovechamiento de los aceites extraídos.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante un estudio combinado de varianza y regresión, considerando un nivel de significancia de 0,05 entre las variables del diseño experimental. La extracción se llevó a cabo bajo las condiciones determinadas por los resultados obtenidos del software; el cual proporciona el mejor arreglo de las variables independientes en función de los niveles, la variable respuesta es el rendimiento de aceite obtenido. Para la selección de las mejores condiciones el análisis de los datos se empleó el software estadístico Statgraphic 5.1. Plus.

Resultados y Discusión

Caracterización de pulpa y semilla de Pijiguao

Los resultados obtenidos de composición nutricional de la pulpa y semilla de Pijiguao se muestran en la Tabla 1. En cuanto a la pulpa el contenido de humedad de la pulpa no se desvía mucho del teórico, sin embargo en el caso de la semilla sin hay una diferencia pudiendo deberse al estado de madurez del fruto. Por otra parte la diferencia entre la humedad de la pulpa y semilla se debe al carácter higroscópico que poseen las semillas oleaginosas. En el análisis de cenizas se evidencia una desviación de entre 1,8% - 1,9 %, por debajo del esperado, mostrando que la calidad del suelo donde fue cultivada no proporciona los nutrientes apropiados para su desarrollo. La fibra cruda, que es el contenido de celulosa además de la lignina y hemicelulosas contenidas la fruta, siendo un indicativo del material digestible del alimento. El resultado de este análisis muestra que tanto la pulpa como la semilla son elevadas, lo que indica un contenido de fibra cruda es superior al reportado en la bibliografía. Una característica fundamental de los frutos secos es su contenido de proteína. El contenido proteico de la pulpa no presentándose una desviación significativa con respecto al valor teórico, mientras que en la semilla existe una desviación del 3,2% del valor esperado. El contenido de grasa indica la cantidad de ácidos grasos que se encuentran presentes, en el análisis realizado se tiene un contenido de grasa libre de 13,85 % para la pulpa y 27,22% para la semilla, ambos superan los valores teóricos.

**Tabla 1:** Composición nutricional obtenida de la pulpa y semilla de Pijigao.

Nutriente	Valor obtenido g/100g de pulpa	Valor teórico ¹ g/100g de pulpa	Valor obtenido g/100g de semilla	Valor teórico ¹ g/100g de semilla
Humedad	44,4 ±0,06	43,9	47,33 ±0,504	53,2
Cenizas	0,3±0,4	2,1	0,466 ±0,02	2,4
Fibra Cruda	7,46±0,005	1,2	31,64 ±0,314	17,4
Proteína	5,2±0,6	5,5	11,3 ±0,4	14,5
Grasa Cruda	13,85±0,0009	10,0	27,22 ±0,20	5,8
Calcio	0.02±0,04	-	0.015±0,0006	-

¹Ricalde R. Carmenatti J. Sarmiento L. (2005).

Análisis estadístico sobre las mejores condiciones de operación

En la tabla 2, se muestran los resultados obtenidos del rendimiento del aceite extraído para las distintas condiciones de operación, observándose que el rendimiento de extracción es mayor en el caso de la semilla con valores entre el 16 % y 27 %, mientras que para la pulpa los valores oscilan entre 10% y 15%.

Del análisis estadístico se obtuvo que para la pulpa las mejores condiciones de extracción encontradas fueron: una masa de alimentación de 5g, un tamaño de partícula de 0,85 mm y un tiempo de extracción de 4 horas, obteniéndose un rendimiento del 15,57%. Mientras que en la semilla las mejores condiciones de extracción son: una masa de alimentación de 15g, un tamaño de partícula de 0,85 mm y un tiempo de 6h, obteniéndose un rendimiento del 27,22%.

Comparación del proceso de Extracción

Al comparar los procesos de extracción entre la pulpa y la semilla de Pijigao, variedad roja, se encontró que en el caso de la pulpa todas las variables consideradas y sus combinaciones resultaron ser altamente significativas durante el proceso de extracción. Mientras que en la semilla se encontró que la masa alimentada y la combinación masa-tiempo no resultaron ser significativa al momento de la extracción. En ambos caso hay que destacar que la variable de mayor significancia fue el tamaño de la partícula. Por otra parte se plantean los modelos matemáticos para cada uno de los rendimientos (ver Tabla 3)

Bajo las mejores condiciones de operaciones para cada muestra pulpa ó semilla, se observó que el rendimiento de obtención de aceite a partir de semilla (27,22%) es superior que el rendimiento de obtención de aceite a partir de pulpa (15,57%), esta diferencia es

Tabla 2: Rendimiento del aceite extraído en las distintas condiciones de operación.

Tiempo de extracción (h)	Masa (g)	Grado de molienda (mm)	Rendimiento Pulpa			Rendimiento Semilla		
			Corrida 1 (%)	Corrida 2 (%)	Corrida 3 (%)	Corrida 1 (%)	Corrida 2 (%)	Corrida 3 (%)
4	15	0,85	12,831	12,992	13,203	25,195	25,104	25,499
		1,68	11,234	11,388	11,298	17,793	17,782	17,749
	5	0,85	15,694	15,505	15,599	23,589	23,707	23,704
		1,68	12,095	11,846	12,248	17,089	17,088	17,770
5	15	0,85	12,831	12,992	13,202	26,685	26,522	26,004
		1,68	11,285	11,116	11,044	17,137	17,158	16,729
	5	0,85	14,769	14,780	14,519	26,881	26,216	26,019
		1,68	12,057	12,078	11,850	18,155	17,384	17,403
6	15	0,85	13,547	13,457	13,518	27,599	27,429	27,767
		1,68	11,073	10,879	10,950	17,015	17,161	17,620
	5	0,85	14,490	14,415	14,524	25,494	25,572	25,998
		1,68	11,692	11,671	11,875	18,581	17,826	18,381



Tabla 3: Análisis de la varianza y coeficiente de regresión para la extracción del aceite de pulpa y semilla de pijiguo.

Análisis de Varianza Pulpa				
Fuente	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	P-valor
Masa(A)	11,0445	11,0445	194,87	0,0000
Tamaño (B)	53,3387	53,3387	941,09	0,0000
Tiempo (C)	1,26042	1,26042	22,24	0,0001
AB	2,77778	2,77778	49,01	0,0000
AC	0,4374	0,4374	7,72	0,0001
BC	1,42107	1,42107	25,07	0,0000
Coeficientes de regresión que determinan el modelo matemático				
Predictor	Coficiente	Desviación	T	P-valor
Coficiente	12,8778	0,04046	318,26	0,0000
Masa(A)	-0,55389	0,04046	-13,69	0,0000
Tamaño (B)	-1,21722	0,04046	-30,08	0,0000
Tiempo (C)	-0,22917	0,04956	-4,62	0,0001
AB	0,27778	0,04046	6,86	0,0001
AC	0,13500	0,04956	2,72	0,0108
BC	0,24333	0,04956	4,91	0,0000

$$\text{Rendimiento Pulpa (\%aceite)} = 12,8067 - 0,553889*A - 1,21722*B - 0,229167*C + 0,277778*AB + 0,135*AC + 0,243333*BC$$

Análisis de Varianza Semilla				
Fuente	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	P-valor
Masa(A)	0,955496	0,955496	2,82	0,1052
Tamaño (B)	628,27	628,27	1852,37	0,0000
Tiempo (C)	7,20389	7,20389	21,24	0,0001
AB	6,136	6,136	18,09	0,0002
AC	0,715075	0,715075	2,11	0,1585
BC	0,638448	6,46294	19,06	0,0002
Coeficientes de regresión que determinan el modelo matemático				
Predictor	Coficiente	Desviación	T	P-valor
Coficiente	21,6696	0,09658	224,36	0,0000
Masa(A)	0,16292	0,09658	1,69	0,1024
Tamaño (B)	-4,17755	0,09658	43,25	0,0000
Tiempo (C)	0,11829	0,09658	4,63	0,0000
AB	-0,41285	0,04046	4,27	0,0002
AC	-0,17261	0,04956	1,46	0,1552
BC	-0,51893	0,04956	4,39	0,0000

$$\text{Rendimiento Semilla (\% aceite)} = 21,6696 + 0,16292*A - 4,17755*B + 0,11829 *C - 0,41285*AB - 0,17261*AC - 0,51893*BC$$

esperada ya que por lo general los frutos de las plantas de la familia de las arecáceas (de las palmeras) tienden a tener un mayor contenido de grasa en su semilla o coquito, que en su pulpa. En el aceite obtenido de la pulpa, los ácidos grasos con mayor proporción son el palmítico con 28,86 % y el oléico con un 45,85 %, mientras que para la semilla se tiene el láurico con un 55 % y el mirístico con un 19,27%. En la Tabla 4 se presenta el perfil lipídico del aceite estudiado y de diferentes tipos de aceites vegetales, donde se evidencia que el aceite de la pulpa de pijiguo es comparable con el aceite de la semilla de aguacate, el cual es rico en ácidos grasos insaturados principalmente el oleico, lo que lo hace un aceite de potencial uso en la industria alimenticia. Por otro lado, la semilla contiene un mayor contenido de ácidos grasos saturados, entre los más comunes se encuentra el láurico que abunda en los aceites de palmiste y de coco, y el palmitito, que se encuentra en el cacao y en la manteca de cerdo, lo que la hace comparables con grasas de origen animal. De acuerdo al perfil del aceite de la pulpa de pijiguo puede emplearse en la industria de los agro-combustibles, la

agroalimentaria, la industria cosmética, fabricación de detergentes, en la industria química. Mientras que el aceite obtenido de la semilla tendría utilidad en la industria del jabón y de los cosméticos, en fabricación de detergentes, industria química (pinturas, barniz). La cantidad de ácidos grasos presente en un aceite depende directamente de las condiciones en que se cultiva la palma, es decir tipo de suelo, clima, nutrientes (Delgado et al. (2010)). Los aceites generalmente son nombrados de acuerdo al ácido graso que se encuentra en mayor proporción, en el caso del aceite de la pulpa se nombra como aceite oléico y para la semilla aceite láurico

Conclusiones

Las mejores condiciones de extracción obtenidas para la pulpa fueron: el menor tamaño, la menor masa, y el menor tiempo: 0,85 mm, 5 g y 4h. Operando bajo estas condiciones el rendimiento es de 15, 57%. Mientras que para la semilla fueron: la mayor masa, el menor tamaño y mayor tiempo: 15 g, 0,85 mm y 6h. Operando bajo estas condiciones el rendimiento es de 27,22%. En el aceite

**Tabla 4:** Composición de ácidos grasos obtenidos para pulpa y semilla variedad roja del Pijigao (*Bactris gasipaes* H.B.K), y otros aceites vegetales.

Ácidos grasos		Pijugao		Aceites de origen vegetal			
		Semilla	Pulpa	Colza ¹	Coco ¹	Oliva ¹	Aguacate ¹
Caprílico	C8:0	5,44	-	-	7,1	-	-
Cáprico	C10:0	2,52	-	-	8,0	-	-
-	C12:0	55,0	-	-	49,0	-	-
Mirística	C14:0	19,27	-	tr	17,0	tr	Tr
Palmitico	C16:0	8,52	28,86	5,0	9,0	10,0	25,1
Palmitoleico	C16:1	-	6,41	tr	tr	tr	8,3
Esteárico	C18:0	0,95	1,62	2,0	2,5	3,5	1,2
Oleico	C18:1	6,07	45,85	57,5	7,00	79,0	50,2
Linoleico	C18:2	-	-	20,5	1,8	6,3	13,5
Linolénico	C18:3	1,50	8,95	8,5	tr	tr	1,77
Total Saturados		92,43	28,02	13,5	91,0	14,7	34,73
Total Insaturados		7,57	71,81	86,5	8,8	85,3	65,27

¹Blass, et al (2003).

extraído de la pulpa el ácido graso en mayor proporción es el ácido oléico con un 45,85 %, mientras que en la semilla es el láurico con un 55%. El aceite de pulpa tiene un potencial de aprovechamiento en la industria de alimentos por la cantidad importante de grasas insaturadas que posee; mientras que aceite de la semilla, por su alto contenido de ácidos grasos saturados tiene posibilidades de aplicación en la industria cosmética y en el sector de pinturas entre otras.

REFERENCIAS

- Blass C, G.G. Mateos y P.G. Rebollar (2003) "Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la formación de piensos compuestos". Fundación Española para el desarrollo de la nutrición animal. Madrid, España. 2da edición.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). 1979. Alimentos para Animales. "Determinación de Fibra Cruda". N° 1194-79.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). 1979. Alimentos para Animales. "Determinación de la humedad". N° 1156-79.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). 1980. Alimentos. "Determinación de Nitrógeno". Método de Kjeldahl. N° 1195:1980.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). 1996. Alimentos. "Determinación de la Grasa Libre". N° 3218:1996.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). 2001. Aceites y Grasas Vegetales. "Determinación de Cenizas". (3ra Revisión) N° 328:2001.
- Delgado, R.M y M.S, Ramírez. 2006. "Desarrollo de un producto cosmético con propiedades antiarrugas a partir del aceite de la semilla de merey (*Anacardium Occidentale* L.)". Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química. Tesis de Grado. Carabobo, Venezuela.
- Delgado M., Ramírez M., Modroño M., Mujica V., Rodríguez M., Yamal. Velásquez I. (2010) .Evaluación del proceso de extracción de aceite de la semilla de Merey (*Anacardium occidentale* L.) a escala piloto en el Laboratorio de Ingeniería Química de la Universidad de Carabobo. Revista Técnica de Ingeniería de la Universidad del Zulia. Vol. 33. N° 1. Pág. 1 – 9.
- Maradey, P y J. Rodríguez. 2007. "Desarrollo de un preparado facial con fines exfoliantes a partir del aceite extraído de una semilla vegetal". Universidad de Carabobo. Facultad de ingeniería. Escuela de Ingeniería Química. Tesis de Grado. Carabobo, Venezuela. Montgomery Douglas. 2001. Design and analysis of experiments. Fifth edition. John Wiley & Sons, Inc. United States of America 684 p.
- Montilla, J. e Infante, J. (2004). Posibilidades de la utilización del fruto del pijigao (*Bactris gasipaes* H.B.K.) en la alimentación de monogástricos. Universidad Iberoamericana (UI). Costa Rica.
- Morillo, M. (2005). Estudio de mercado sobre la producción y comercialización de aceite de palma en la región centro occidental. Venezuela. Revista Prisma. Vol. 2 (1).
- Pérez C., González L., Colón A, Morello C., Mujica V. y Martínez A. (2009). Evaluación comparativa de los rendimientos obtenidos mediante el proceso de extracción en aceites vegetales a partir de semillas oleaginosas. Anales de la Universidad Metropolitana. Vol. 9, N° 2 (Nueva Serie). Venezuela.



- Soriano E. (2002). Evaluación de la obtención del aceite de la almendra de Caroba (*Jessenia polycarpa* Karst) empleando dos métodos de extracción. Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química. Trabajo de grado. Carabobo, Venezuela.
- Ricalde R. Carmenatti J. Sarmiento L. (2005). Las palmas como fuente de alimento para cerdos en el trópico. Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán. México.



Influencia de la temperatura y la presión en la reacción de hidrofomilación bifásica del 1-hexeno utilizando el sistema Rh/Pz/DFFETS in situ

Victor Guanipa Q.^{1,*}, Margarita Borusiak¹, Ángel González², Merlín Rosales² y Pablo Barieci¹

¹Centro de Investigaciones Químicas, Universidad de Carabobo, Facultad de Ingeniería.

²Departamento de Química, Facultad Experimental de Ciencias, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.

*victorjgq@hotmail.com

Resumen

En este trabajo se presenta una evaluación catalítica de la reacción de hidroformilación del 1-hexeno, mediante el uso del sistema Rh/Pz/DFFETS, en régimen continuo, referido a la dosificación de gas de síntesis. El ligando DFFETS y el complejo intermediario de rodio [Rh(acac)(CO)₂], se sintetizaron y caracterizaron por técnicas espectroscópicas de infrarrojo y resonancia magnética nuclear ¹H y ³¹P, con el objeto de verificar la obtención de dichos compuestos, resultando positivo con una pureza de 95,7 % y un rendimiento del 85,6 %, respectivamente. La conversión en el equilibrio para el 1-hexeno es de 100 % (210 min). Se establecieron las mejores condiciones, empleando 1-hexeno en tolueno, siendo las mismas: 80 °C (353 K), 850 psi (5.9 MPa), relación sustrato a catalizador (S/C) de 200 / 1.

Palabras Clave: Hidroformilación, Rodio, Fosfinas, Hexeno, Bifásica.

Influence of the pressure and the temperature in the reaction of biphasic hydroformylation of the 1-hexene with the catalytic system Rh/Pz/DPPETS in situ

Abstract

A catalytic system Rh/Pz/DPPETS was used in the catalytic activity evaluation of the hydroformylation reaction of 1-hexene in continuous regime referred the synthesis gas metering. The DPPETS ligand and rhodium intermediary complex [Rh(acac)(CO)₂] were synthesized and characterized by spectroscopic techniques of infrared, and ¹H and ³¹P nuclear magnetic resonance, with the intention of verifying these compounds, being positive with a purity of 95,7 % and a performance of 85,6 %, respectability. The conversion of balance for the 1-hexene was 100 % (210 min). The best conditions, using 1-hexene in toluene, these settled down were: 80 °C (353 K, 850 psi (5.9 MPa), relation S/C of 200/1.

Key Words: hydroformylation, rhodium, Phosphines, Hexene, Biphasic.

Introducción

La presencia de un catalizador que promueva la interacción del gas de síntesis (CO e H₂) con una olefina para producir aldehídos, es beneficioso para la hidroformilación[1]. Estos aldehídos son de gran interés industrial, debido a sus múltiples aplicaciones en la manufactura de polímeros, solventes, alcoholes, etc. [2]. Por ello, el enorme incentivo que existe con respecto a la hidroformilación, con especial énfasis en la catálisis bifásica, por las ventajas que ésta presenta frente a las otras catálisis, tanto en condiciones de reacción como en recuperación y estabilidad del catalizador.

Un proceso de hidroformilación bifásica exitoso ha sido el desarrollado por Rhone Poulenc y Ruhrchemie[3]. El ligando utilizado es la trifenilfosfina tri-meta-sulfonata (TFFTS), el cual forma un complejo hidrosoluble con centro metálico de Rh, que le aporta insolubilidad en los productos oxo. Este proceso es esencialmente reducido en un reactor continuo, seguido de un separador de fases (decantador) y de una columna de despojamiento, lo cual representa una ventaja en la simplificación del proceso de hidroformilación convencional. Además, la reacción se da a condiciones moderadas: 120 °C (393 K) y 50 atm (5 MPa), con una selectividad de 97% [4].

Las investigaciones sobre otros ligandos hidrosolubles, ha sido un esfuerzo enorme para mejorar la actividad, solubilidad y estabilidad de nuevos catalizadores bifásicos [1,3-16], frente al sistema Rh/TFFTS, ya demostrado por Rhone Poulenc y Ruhrchemie [3]. En este sentido, en Venezuela, siendo un país petrolero, se hace propicio evaluar la actividad catalítica del sistema Rh/Pz/DFFETS, a escala de laboratorio y en régimen continuo, referido a la dosificación de gas de síntesis, en virtud de los buenos resultados reportados con el uso del ligando DFFETS[5].

Materiales y Métodos

Procedimiento general

Los solventes orgánicos y el 1-hexeno fueron purificados por destilación. La sal de RhCl₃·3H₂O y el 1-hexeno empleados, fueron de pureza grado analítico. Los otros compuestos químicos son productos comerciales y purificados por destilación. Todos los gases empleados tenían una alta pureza (>99%). El análisis infrarrojo de las muestras, en KBr, se hizo en un espectrómetro Perkin-Elmer 1000 o un Nicolet Magna 560 FTIR. Los análisis de GC fueron desarrollados con un cromatógrafo Hewlett Packard 5971 Plus Series II, con detector de ionización



de flama, Ultra-1, con una columna capilar DB-1, (10 % poli (dimetil siloxano)), 25 m, 0.32 mm, y columna de 0.52 μm , para separar los productos. La cuantificación se realizó usando tolueno como estándar interno y todos los picos fueron identificados por sistema acoplado GC/MS, en un HP 5890/5971 usando una columna Quadrex PONA 10 % poli (dimetil siloxano), de 25 m, columna de 0.52 μm .

Síntesis del complejo intermediario de rodio y el ligando principal DFFETS

Todas las manipulaciones para la síntesis del complejo binuclear, fueron llevadas a cabo en atmósfera inerte de nitrógeno, utilizando la técnica estándar Schlenck. Para el logro de este objetivo, se sintetizó el ligando hidrosoluble 1,2-(bis[di-m-sulfonato de sodio] fenilfosfino)etano [DFFETS], siguiendo la metodología propuesta por Ding, H. y cols., la cual consiste en la sulfonación de la DFFE[5]. Posteriormente, se sintetizó el complejo intermediario (acetilacetato) dicarbonilrodio (I) $[\text{Rh}(\text{acac})(\text{CO})_2]$ [17]. Estos compuestos, junto con el pirazolato, se utilizan en las reacciones de hidroformilación del 1-hexeno, en esta investigación.

Reacción bifásica

En un experimento típico, se colocan 0,0114 g (0,1675 mmol) de pirazolato, 0,0949 g (0,1328 mmol) de DFFETS y 0,0320 g (0,1240 mmol) de $\text{Rh}(\text{acac})(\text{CO})_2$, previamente disueltos en 20 mL de agua destilada; posteriormente, se agrega una solución que contiene el sustrato (1,5 mL de 1-hexeno, 0,1240 mmol) disuelto en 18 mL de tolueno al reactor (Parr) de alta presión, de acero inoxidable, de 50 mL de capacidad. Se purga 3 veces el sistema con gas de síntesis. Luego, se adiciona CO e H_2 a fin de obtener una relación $\text{CO}/\text{H}_2 = 1/1$. Se fija la temperatura y agitación deseada en el controlador. La toma de muestras se inicia una vez estabilizada la temperatura, así como, justo antes de iniciar la reacción, para la estimación de la conversión y la distribución de productos. Una vez transcurrido el tiempo de reacción (240 min), se separan las fases. El análisis de la fase orgánica se realiza por cromatografía de gases (GC) y espectroscopia de masa (GC-MS), y el análisis de la fase acuosa, por espectrofotometría de UV-Visible. En este procedimiento, la presión en el reactor es restituida gracias a un sistema de dosificación de gas de síntesis[6], donde la presión es invariable.

Resultados y Discusión

Influencia de la variable temperatura en la reacción de hidroformilación

Se obtuvo una pureza de 95,7% y un rendimiento del 85,6%, en la síntesis del ligando DFFETS y del complejo intermediario de $\text{Rh}(\text{acac})(\text{CO})_2$, respectivamente,

resultando valores muy cercanos a los obtenidos por Bruss, A.[7]. También, se realizaron pruebas especiales al ligando DFFETS y al $\text{Rh}(\text{acac})(\text{CO})_2$, tales como RMN de ^1H y ^{31}P , espectrofotometría de infrarrojo, siendo los resultados acordes a los reportados por González, A.[8], Santos, R. y cols.[9], Dessent, J. y cols.[10], Bonati, F. y G. Wilkinson[11]; así como, las pruebas de solubilidad, comparado con lo reportado en la bibliografía[12].

Posteriormente, se procede a estudiar el efecto de la influencia de la temperatura sobre la conversión catalítica, en la reacción de hidroformilación del 1-hexeno. En la Tabla 1, se exhibe la variación esperada de la conversión del sustrato estudiado, como indicativo de la energía que requiere el sistema para vencer esta energía de activación y así, el avance de la reacción sea mayor. El comportamiento de la reacción para 80 (353 K) y 100 °C (373 K), es muy similar en cuanto a la conversión, aunque con un ligero incremento para la condición de 80 °C. A mayor temperatura (120 °C, 393 K), el sistema comienza a disminuir su actividad, provocando un descenso de la conversión, pudiéndose atribuir a la descomposición del ente activo por la alta energía térmica suministrada. Sin embargo, se presentan significativos cambios en cuanto a la distribución de los productos (véase Tabla 1), encontrándose un mayor contenido de 2-hexeno, producto de isomerización, a medida que aumenta la temperatura, alcanzando en 90 min una proporción cercana a 9,7; 15,98 y 29,59%; para los ensayos a 80, 100 y 120 °C, respectivamente.

Existe una ligera tendencia de aumento de la relación n/r a menor temperatura, tal como se muestra en la Tabla 1. Así, este sistema catalítico presentó una selectividad poco acentuada hacia el heptanal a 120 °C (393 K). Sin embargo, esta orientación es debido a que el carbono primario del 1-hexeno es mucho más reactivo que el secundario, llevándose a cabo la adición del grupo formil, vía orientación Markovnikov; en otras palabras, la primera adición ocurrió en el carbono que posee el mayor número de átomos de hidrógeno, evidenciándose, con la formación de estos productos, que la reacción es cinéticamente favorable. No obstante, las cantidades producidas del aldehído lineal resultan ser las más bajas, en comparación con 80 °C (353 K), en la cual, la alta energía suministrada al sistema hace posible que la orientación anti-Markovnikov logre ocupar posiciones competitivas frente a la producción del heptanal. (Ver Tabla 1).

En este estudio, se hace prioritario utilizar como parámetro de escogencia de las mejores condiciones operacionales, la cantidad de isómero formado en el transcurso de la reacción sobre la cantidad de aldehído ramificado, observándose en la Tabla 1, un valor aceptable en la distribución del heptanal en la mezcla de productos a 80 °C (353 K), por permitir una condición menos severa en analogía con la temperatura de 100 °C

**Tabla 1:** Evolución de la conversión, sustratos y productos a través del tiempo, en la hidroformilación del 1-hexeno a 850 psi y varias temperaturas, utilizando el sistema Rh/Pz/DFFETS in situ.

Compuestos	Porcentaje molar, %.									
	Tiempo de reacción, min.									
	0	30	60	90	105	120	150	180	210	240
<i>80 °C, 850 psig</i>										
1-Hexeno	100,0	13,3	2,0	3,1	2,2	1,5	1,2	0,6	0,0	0,0
2-Hexeno	0,0	26,4	33,2	9,7	7,0	4,8	1,9	1,2	0,0	0,0
2-Etil-pentanal	0,0	20,5	3,7	9,5	12,1	11,9	14,9	17,8	16,9	15,6
2-Metil-hexanal	0,0	13,7	22,9	33,5	35,2	35,8	38,6	40,6	40,6	36,3
Heptanal	0,0	26,1	38,2	44,2	43,5	45,9	43,3	39,8	42,4	48,1
n/r		0,76	1,44	1,03	0,92	0,96	0,81	0,68	0,74	0,93
Conversión	0,0	86,7	98,0	96,9	97,8	98,5	98,8	99,4	100,0	100,0
<i>100 °C, 850 psig</i>										
1-Hexeno	100,0	9,7	7,8	7,6	3,0	2,5	1,9	0,7	0,0	0,0
2-Hexeno	0,0	42,1	25,2	15,9	9,1	5,7	4,4	1,4	0,0	0,0
2-Etil-pentanal	0,0	5,9	9,9	13,0	15,0	16,9	18,3	18,3	18,8	17,1
2-Metil-hexanal	0,0	16,3	27,4	30,9	35,5	36,6	35,2	41,5	39,9	41,9
Heptanal	0,0	26,0	29,8	32,6	37,4	38,2	40,2	28,3	41,3	40,9
n/r		1,17	0,80	0,74	0,74	0,71	0,75	0,47	0,70	0,69
Conversión	0,00	90,4	92,2	92,4	96,9	97,5	98,1	99,3	100,0	100,0
<i>120 °C, 850 psig</i>										
1-Hexeno	100,0	16,0	11,4	9,9	8,5	10,5	5,8	7,3	0,0	2,90
2-Hexeno	0,0	39,7	33,9	29,6	26,4	29,0	21,4	20,7	0,0	10,13
2-Etil-pentanal	0,0	10,8	12,6	13,0	14,2	15,0	9,6	14,3	16,9	14,75
2-Metil-hexanal	0,0	14,7	21,8	25,0	26,9	26,6	34,9	30,8	40,6	40,31
Heptanal	0,0	18,7	20,4	22,4	23,9	18,9	28,2	26,9	42,4	31,91
n/r		0,73	0,59	0,59	0,58	0,45	0,63	0,60	0,74	0,58
Conversión	0,0	83,9	88,7	90,0	91,5	89,5	94,3	92,7	100,0	97,1

(373 K), así como un ligero incremento en la conversión a tiempos menores. Por tanto, tomando en consideración estas observaciones, se estableció que la temperatura más favorable para llevar a cabo el proceso es 80 °C (353 K).

Los resultados del ensayo a 120 °C (393 K) son reproducibles de acuerdo a los reportados por González, A.[8], donde la proporción del 1-hexeno al cabo de 60 min de reacción alcanzó 11 %. De allí que, se decidió evaluar los perfiles de T y P para este sistema, con el fin de aumentar la conversión a una menor temperatura. De los resultados del presente trabajo de investigación, se permitió establecer no sólo un ahorro energético al seleccionar como temperatura de operación 80 °C (353 K), sino también, una conversión total (100 %) en apenas 4 h de reacción.

Influencia de la variable presión en la reacción de hidroformilación

Una vez establecida la temperatura más adecuada, se prosigue con el efecto que tiene la presión sobre esta reacción; para ello, se realizaron ensayos entre 550 psi (3.8 MPa) y 950 psi (6.8 MPa) de gas de síntesis. En la Tabla 2, se observa la influencia de esta variable en la conversión catalítica del proceso, encontrándose una gran incidencia sobre la conversión y la actividad catalítica del sistema Rh/Pz/DFFETS. Se presume que

esta influencia es provocada por el mayor acercamiento del catalizador a la interfase donde ocurre la reacción, producto del ligando tetrasulfonado ubicado en la esfera coordinativa. El comportamiento de las conversiones para las reacciones a 550 psi, (3.8 MPa) resultaron muy bajas en comparación con el rango de 850 psi (5.9 MPa) a 950 psi (6.8 MPa), estos dos últimos ensayos permiten visualizar un comportamiento similar; pero, nuevamente, la distribución de los productos muestra las diferencias entre ellas, (véase Tabla 2).

Como se observa en la Tabla 2, a medida que aumenta la presión disminuye la cantidad de isómero en el transcurso de la reacción, esto se debe a que a medida que se incrementa la presión, aumenta la solubilidad del gas de síntesis en la fase acuosa, favoreciéndose, de esta manera, la formación de los aldehídos. Por otro lado, la selectividad hacia el heptanal se incrementa a 650 psi (4.5 MPa), y para 850 psi (5.9 MPa) y 950 psi (6.8 MPa), en menor intensidad, encontrándose una pequeña variación entre ellas, así para 650 psi (4.5 MPa) exhibe una mayor relación n/r, mientras que existe una mayor tendencia hacia la isomerización, en comparación con una presión de reacción de 950 psi (6.8 MPa). No se identificaron productos de hidrogenación. De acuerdo a lo expuesto, para favorecer una menor relación n/r, por lo favorable de las características antidetonantes de los aldehídos ramificados en la formulación de combustibles, se tiene



Tabla 2: Evolución de la conversión, sustratos y productos a través del tiempo, en la hidroformilación del 1-hexeno a 80 °C y varias presiones, utilizando el sistema Rh/Pz/DFFETS in situ.

Compuestos	Porcentaje molar, %.									
	Tiempo de reacción, min.									
	0	30	60	90	105	120	150	180	210	240
<i>80 °C, 650 psig</i>										
1-Hexeno	100,0	73,1	53,2	47,9	18,4	17,9	9,5	6,54	7,52	5,44
2-Hexeno	0,0	21,1	36,1	16,8	14,1	7,2	5,2	4,56	0,75	1,05
2-Etil-pentanal	0,0	0,5	0,2	1,9	1,6	0,1	9,6	5,19	6,15	5,16
2-Metil-hexanal	0,0	2,3	1,4	3,7	3,5	1,6	28,2	17,46	29,78	27,89
Heptanal	0,0	3,1	9,1	29,9	62,4	73,3	47,6	66,27	55,8	60,46
n/r		1,11	5,69	5,34	12,24	43,12	1,26	2,93	1,55	1,83
Conversión	0,0	26,9	46,8	52,2	81,6	82,2	90,5	93,46	92,48	94,56
<i>80 °C, 950 psig</i>										
1-Hexeno	100,0	21,2	2,4	2,7	2,1	1,2	3,3	2,1	0,0	0,0
2-Hexeno	0,0	25,3	30,5	10,2	5,2	2,8	1,1	0,9	0,3	0,0
2-Etil-pentanal	0,0	10,5	5,5	12,9	16,2	16,9	14,3	16,5	18,9	14,4
2-Metil-hexanal	0,0	25,8	21,5	39,0	44,0	44,6	43,1	42,4	44,4	41,2
Heptanal	0,0	17,3	40,2	35,2	32,6	34,6	38,4	38,0	36,5	44,5
n/r		0,48	1,49	0,68	0,54	0,56	0,67	0,65	0,58	0,80
Conversión	0,0	78,8	97,6	97,3	97,9	98,8	96,8	97,9	100,0	100,0

un rango atractivo, de 850 - 950 psi (4.5 - 6.8 MPa), para seleccionar la presión de operación más apropiada para este sistema (Rh/Pz/DFFETS), siendo esta 850 psi (4.5 MPa), ya que favorece la formación de los productos deseados y se disminuye la severidad de las condiciones. (Ver Tabla 2).

Conclusiones

Se logró sintetizar el complejo intermediario de Rh, con un rendimiento del 85,6% y el ligando DFFETS, con una pureza de 95,7%, utilizando las técnicas de espectroscópicas de infrarrojo por transformada de Fourier, resonancia magnética nuclear de ³¹P y ¹H. Se evidenció que, el sistema Rh/Pz/DFFETS es activo para las reacciones de hidroformilación del 1-hexeno. La conversión de equilibrio para el 1-hexeno, fue de 100 % (210 min). Las mejores condiciones de reacción del sistema fueron 80 °C (353 K) y 850 psi (5.9 MPa) de gas de síntesis y una relación molar de sustrato/catalizador de 200/1, empleando al 1-hexeno en tolueno como sustrato. Se evidenció que al aumentar la temperatura (>120 °C), el sistema comienza a disminuir su actividad provocando un descenso de la conversión. Se demostró que al aumentar la presión disminuye la cantidad de isómero (2-hexeno) en el transcurso de la reacción.

Agradecimientos

Se agradece al Laboratorio Organometálico-Centro Química-IVIC. por su colaboración prestada. Gracias al FONACYT-CONIPET 93-3777 Proyecto F-97003766, por el financiamiento otorgado para la ejecución de este trabajo.

Referencias

- [1] Páez, D., Catálisis Homogénea en Agua. (1997). Estado del Arte, Visión Tecnológica, Vol. 4, N° 2, p.58-67.
- [2] Sri Consulting. (2000). Proceso de los Alcoholes Oxo. Pequiven, pp.1289-1295.
- [3] Piet Wn M, Carmen Claver. (2000). Rhodium Catalyzed Hydroformylation, Kluwer Academic Publishers, Volume 22, London, pp.45-76.
- [4] Oro, L. A.; Sola, E. (2000). Fundamentos y aplicaciones de la catálisis homogénea. Cooperación Iberoamericana CYTED. Capítulos 6, pp. 65–92.
- [5] Ding, H., Bunn, B. B., Hanson, B., Eckl, R. W., Kohlpaintner, C. W., Herrmann, W A. (1998). "Sulfonated Phosphines", Inorg. Synth., 32, 1, pp. 29-36
- [6] Guanipa, V., L. Melean, M. Modroño, A. Gonzalez, M. Rosales, F. Lopez-Linares & P. Baricelli. (2009). Evaluation of the catalytic activity of the water-soluble organometallic complex [Rh(μ-Pz)(CO)(TPPTS)]₂ in the hydroformylation of short-chain olefins in a refinery's naphtha cut. Applied Catalysis A: General, 358.
- [7] Bruss, A. (2002). Hidroformilación de olefinas livianas mediante un precursor binuclear de rodio en sistema bifásico, Trabajo Especial de Grado, Universidad de Carabobo, Valencia, pp. 41-149.



- [8] González, Á. (2007). Carbonilación homogénea y bifásica de olefinas constituyentes de corrientes de refinería. Tesis doctoral. Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela, pp. 134-143.
- [9] Santos, R., P. J. Baricelli, E. Lujano, A. J. Pardey. (2004). *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* 207, pp. 83-89 1999.
- [10] Dessent T. A., Palmer R. A., Horner. S. M. (1974). ACS Symposium Series; 5. Robert . Gould, Series. Editor. p.131.
- [11] Bonati, F., Wilkinson. G.J. (1964). *Chem Soc A*. 3156, pp. 34-38.
- [12] Kalck Philippe, Escaffre Pascale, Serein-Spirau Françoise, Thorez Alain. (1988). *New Journal of Chemistry*, vol 12, N° 6-7, pp. 68-72.
- [13] Pino, P; Piacenti, F., Bianchi, M. (2000). Reactions of Carbon Monoxide and hydrogen with cobalt Carbonyls in Homogeneous catalysis II. *Advances in Chemistry*, pp. 123-145.
- [14] Baricelli P. J. López J., Lujano E., López-Linares F. (2002). *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* 3575, pp. 1-7 2000.
- [15] Cornils, B., Wiebus, E. Y. (1996). Water-soluble catalysts improbe hydroformylation of olefins, *Hydrocarbon Process*, pp. 678-690.
- [16] Cornils Boy, Herrmann W. (1998). *Aqueous Phase Organometallic Catalysis*, Wiley VCH, Germany, pp. 423-456.
- [17] Varshavskii Y. S., Cherkaova T. G., Russ. (1997). *J. Inorg. Chem.* 12, pp. 899 (Engl. Transl.).



Modelos Anatómicos 2D y 3D para Cirugía Asistida por Computadora usando Máquinas de Vector de Soporte

Antonio Bosnjak¹, Guillermo Montilla¹, Ricardo Villegas¹, Iván Jara²

¹Centro de Procesamiento de Imágenes, Universidad de Carabobo, Venezuela

²Hospital Metropolitano del Norte, Valencia, Venezuela

antonibosnjak@yahoo.fr / gmontilla@netuno.net.ve

Resumen

En esta investigación se propuso un novedoso método para obtener un modelo anatómico, que será utilizado en Cirugía Asistida por Computadora, cuando las estructuras sean complejas de segmentar aún cuando se utilicen métodos avanzados de procesamiento de Imágenes. Nuestro método combina el conocimiento médico del órgano para definir los contornos, más una Máquina de Vector de Soporte (SVM), cuando las imágenes son difusas o están sujetas a mucho ruido speckle. Estas dos componentes mejoran el proceso de modelado tri-dimensional, extraído por los contornos. Se presentan resultados clínicos para diferentes aplicaciones, tales como: 1) La segmentación del ventrículo izquierdo, en imágenes ecocardiográficas, 2) La cirugía asistida por computadora de tumores cerebrales y 3) El modelaje de órganos involucrados en Braquiterapia de la próstata. En conclusión, queda demostrado que el modelaje de órganos, utilizando máquinas SVM, puede ser utilizado con diferentes tipos de imágenes.

Palabras Clave: Cirugía Asistida por Computadora, Modelos Anatómicos.

2D and 3D Anatomical Models for Computer Assisted Surgery Using Support Vector Machines

Abstract

This research proposes an innovative method for obtaining a computer assisted anatomical model when for structures complex to segment using either the traditional or advanced methods of image processing. Our method combines medical knowledge of the organ to define the contours, and adds a Support Vector Machine (SVM) when the images are diffuse or subjected to excessive speckle noise. These two components improve the process of three-dimensional modeling extracted by the contours. The clinical results can be presented for different applications, such as: 1) the segmentation of the Left Ventricle in echocardiographic images, 2) computer assisted surgery of cerebral tumors and 3) The modeling of the organs involved in the braquiteraphy of prostate. In conclusion, we have demonstrated a new implementation for organs modeling using SVM machines, and it could be use with different types of images.

Key Word: Computer Assisted surgery, Anatomical Models.

Introducción

El diseño de un nuevo software de Cirugía Asistida por Computadora (CAC), involucra la búsqueda de nuevos métodos para el modelaje de estructuras anatómicas, con la finalidad de determinar la forma y la posición en donde se encuentran cada uno de los órganos, los tumores, las secciones dañadas y su relación con el resto del organismo. Estas estructuras pueden tener contornos que no están bien definidos. Por ejemplo, los tumores tienen paredes difusas, justo en los bordes entre el tejido sano y el tejido enfermo. En algunos casos, tenemos muy pocos cortes en el estudio de tomografía ó resonancia magnética RMI. Por lo tanto, uno de los objetivos fundamentales de un sistema de planificación de Cirugía Asistida por Computadora, es modelar las estructuras para convertirlas en objetos gráficos, fáciles de manejar en una escena 3D, cuando ellos cohabitan junto con el modelo del paciente y el modelo del instrumental quirúrgico. La solución propuesta involucra dos pasos: (1) el órgano es delineado manualmente con pocos puntos, utilizando un spline cúbico; (2) la superficie estimada de este órgano, es obtenida a partir de los contornos. Para el segundo paso, nosotros transformamos el problema de

modelaje de contornos en un problema de clasificación binaria, el cual es resuelto utilizando Máquinas de Vector de Soporte (SVM). El objetivo de este trabajo es explicar este método de modelaje para estructuras anatómicas.

Las técnicas explicadas aquí, han sido utilizadas para modelar diferentes tipos de órganos con diferentes modalidades de imágenes y han sido probadas en tres casos particulares: 1) El primer caso corresponde al modelaje del Ventrículo Izquierdo; en este caso, utilizando esta técnica como una ayuda para la segmentación y visualización de imágenes de ultrasonido. 2) El segundo caso corresponde al modelaje de un tumor en imágenes tomográficas, el cual servirá de ayuda para la planificación quirúrgica de una cirugía. 3) El tercero y último caso corresponde a pacientes que han sido sometidos a radiación, tal como es el caso de la braquiterapia de próstata. Esta técnica consiste en la colocación de varias semillas radioactivas en lugares precisos, los cuales son determinados a partir de un procedimiento de optimización basado en máquinas SVM.

Esta investigación conforma una parte del Software para la planificación de Cirugía Asistida por Computadora. La cual incluye varios módulos, entre los cuales se pueden

mencionar: lectura de imágenes de Resonancia Magnética ó Tomografía TAC, utilizando el formato DICOM [1]; visualización de datos volumétricos, utilizando el mapeo de textura 3D y la visualización del modelo anatómico, utilizando renderizado de superficies; además, el sistema provee de un renderizado simultáneo de imágenes 2D y 3D. La interfaz humano-computador combina estas dos modalidades de visualización para imágenes, que provienen de cualquier modalidad radiológica. La próxima sección explica las bases matemáticas para el clasificador binario SVM, se explica el método de modelaje propuesto y algunas de sus propiedades. De esta manera, el método es extendido a objetos tridimensionales. Este sistema fue probado y utilizado en el modelaje de tumores, utilizando Tomografía Axial Computarizada (TAC), en la segmentación del Ventrículo Izquierdo y en la segmentación de la Próstata, utilizando imágenes de ultrasonido, tal como se puede apreciar en las figuras 4, 5 y 6 de este trabajo.

Clasificador binario simple (SVC)

Las máquinas SVM fueron diseñadas por Vapnik [1] como máquinas de aprendizaje, las cuales minimizan el error de clasificación, encontrando el hiperplano de máximo margen que separa dos clases en el espacio de rasgos. A continuación, se presenta el clasificador binario.

Dado un conjunto de puntos en el espacio de entrada $\{x_i\} \subset \mathbb{R}^n \quad i=1, \dots, l$ y una función $\Psi : x_i \rightarrow y_i \quad y_i \in \{-1, 1\}$ que asigna a los puntos uno de los dos posibles valores, Vapnik [2] propone proyectar el problema a otro espacio (espacio de rasgos), usando una transformación $\Phi : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^m$. En el espacio de rasgos, las clases son linealmente separables por un hiperplano de máximo margen. Esta propuesta se presenta en la figura 1, y el problema de optimización está definido por las siguientes ecuaciones:

$$\min_{w, b, \xi} \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^l \xi_i \tag{1}$$

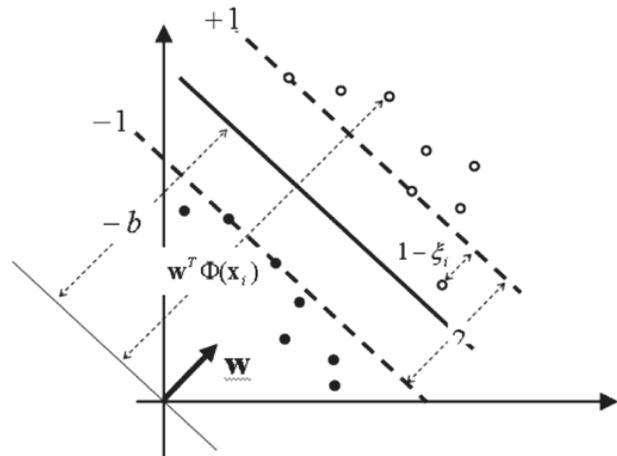
$$y_i (w^T \Phi(x_i) + b) \geq 1 - \xi_i \tag{2}$$

$$\xi_i \geq 0 \quad i=1, \dots, l \tag{3}$$

La figura 1 considera una función planar (función distancia) en el espacio de rasgos. Esta función se extiende sobre todo el espacio de rasgos y es nula sobre el hiperplano de separación óptima. Se puede asignar un valor de +1 a la función distancia sobre los puntos más cercanos al hiperplano óptimo, que llamaremos vectores de borde. Se pueden permitir también vectores con una función distancia $1 - \xi_i$, los cuales llamaremos ‘outliers’.

El resto de los otros vectores, fuera de los dos planos de distancia 1, son llamados puntos interiores. La variable w (gradiente de la función distancia) ajusta la suavidad de la función. Un mínimo valor de w da un máximo de suavidad y un máximo de separación entre las dos clases, ya que la distancia real entre los dos planos de la función distancia 1 y -1 es $2/\|w\|$. La ecuación (2) expresa que, todos los puntos son proyectados detrás de los planos de distancia 1, excepto los vectores de borde y los outliers. La ecuación (1) presenta un problema de minimización multi-objetivo que involucra la magnitud de w (coeficiente de suavidad del gradiente) y la suma de los errores.

Figura 1: Puntos e hiperplano en el hiperespacio de rasgos.



Las ecuaciones (4) – (6) proveen el problema dual, obtenido a partir del Lagrangiano. La ecuación (4) muestra el término $K(\bar{x}_i, \bar{x}_j)$ que representa el producto escalar en el espacio de rasgos. La ecuación (7) representa la función distancia en el espacio de rasgos, pero ésta también puede ser graficada en el espacio de entrada. Esta es la función de decisión del clasificador. La superficie de nivel cero de esta función, será utilizada para resolver el problema de modelado 3D.

$$\min_{\alpha} \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^l \alpha_i \alpha_j \gamma_i \gamma_j K(x_i, x_j) - \sum_{i=1}^l \alpha_i \tag{4}$$

$$0 \leq \alpha_i \leq C \quad i = 1, \dots, l \tag{5}$$

$$\sum_{i=1}^l \alpha_i \gamma_i = 0 \tag{6}$$

$$D(x) = \sum_{i=1}^l \alpha_i \gamma_i K(x_i, x) + b \tag{7}$$



Clasificador ν -SVC

El clasificador ν -SVC difiere del clasificador binario simple en que los planos, en lugar de estar localizados a una distancia 1 (ver figura 1), están localizados a una distancia ρ , donde ρ es considerada otra variable a maximizar. El problema de optimización es definido por las ecuaciones (8) – (10).

$$\min_{w,b,\xi} \frac{1}{2} \|\mathbf{w}\|^2 - \nu\rho + \frac{1}{l} \sum_{i=1}^l \xi_i \quad (8)$$

$$y_i (\mathbf{w}^T \Phi(\mathbf{x}_i) + b) \geq \rho - \xi_i \quad (9)$$

$$\xi_i \geq 0 \quad i=1, \dots, l \quad \rho \geq 0 \quad (10)$$

La solución de este problema se obtiene utilizando el método Lagrangiano. Utilizamos las variables duales α_i , β_i , γ asociadas a las restricciones definidas por las ecuaciones (9) y (10). Un análisis exhaustivo de esta teoría se puede encontrar en [2] [4].

Modelando con un clasificador binario

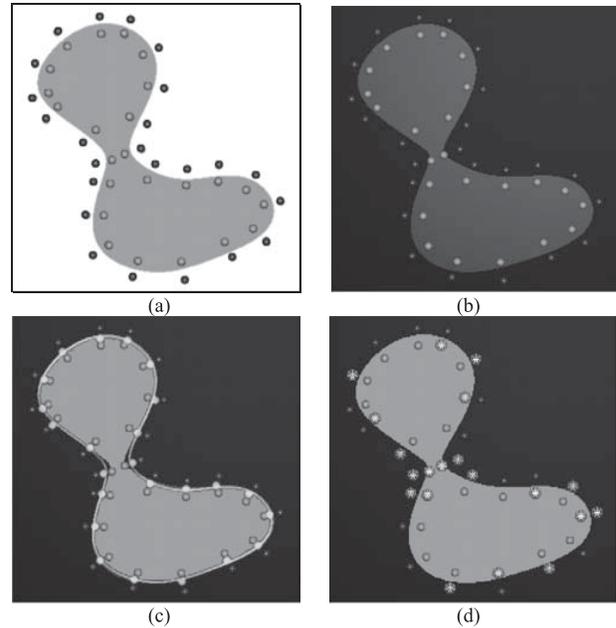
Usamos una superficie de decisión del clasificador binario, para modelar objetos. Un clasificador binario requiere de dos clases y éstas, solamente pueden ser reproducidas de una manera artificial a partir de los puntos de la superficie del objeto. Por esta razón, duplicamos cada punto de la superficie (figura 2(a)) y nos movemos en pequeñas cantidades $+\epsilon$ y $-\epsilon$ a partir de su posición inicial, en dirección de la normal a la superficie del objeto. De esta manera, obtenemos un dipolo con las etiquetas +1 y -1, para cada punto del objeto. El resultado serán dos capas de puntos con etiquetas, las cuales representan dos versiones del objeto original. Nuestro método pregona que si $\epsilon \rightarrow 0$ y si el clasificador binario es capaz de separar dos clases con un error de clasificación cero, independientemente de la topología del objeto, entonces esta superficie modela al objeto con un error menor que ϵ .

Este método se aplica a al objeto de la figura 2(a), de tamaño 0.25, usando un valor de $\epsilon=0.01$ (4% del tamaño del objeto). Se escogió un valor alto para percibir, visualmente, el comportamiento de este método. La superficie de decisión modela al objeto con una precisión menor que el 4%.

Los dipolos de funciones Gaussianas participan en este método cuando se utilizan kernel's Gaussianos. En principio, para un dipolo simétrico, la superficie de nivel cero pasa por su centro y una asimetría entre los dos dipolos produce un desplazamiento de la superficie. Sin embargo, muchos dipolos desaparecen, tal como se observa en la figura 2(d) y, solamente permanecen los indispensables en las regiones de alta curvatura. Las curvas de nivel +1 y -1 (ver figura 2(b)), definen los

limites para la posición del modelo. Una característica importante de este método es que los puntos de la superficie del objeto no están incluidos en el conjunto de entrenamiento y por lo tanto, no forman parte de los vectores de soporte. De esta manera, el modelo no visita las curvas de nivel +1 y -1 y, en consecuencia, obtenemos la mejor aproximación del objeto.

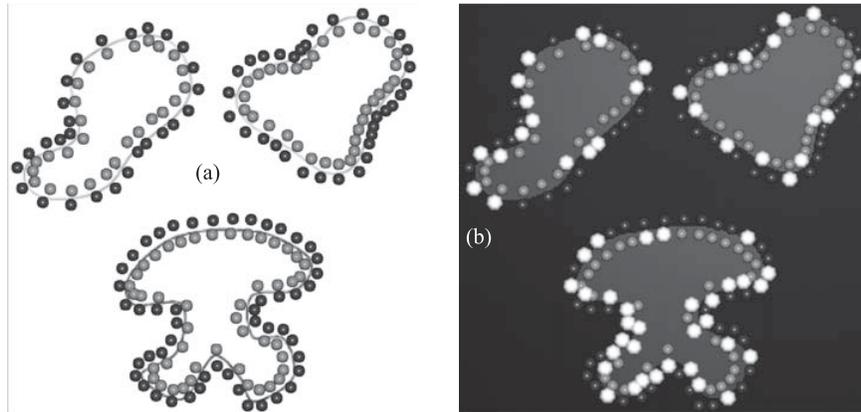
Figura 2: (a) Clases creadas artificialmente y regiones producidas por el clasificador binario ($C = 90$, $\gamma = 100$). La altura del objeto es de 0.25 y $\epsilon = 0.01$ (4%). (b) Curva de nivel +1 y -1. (d) Modelo y 20 Vectores de Soporte.



Los parámetros de entrada de la SVM pueden ser ajustados en función de dos criterios: compresión y precisión. En la figura 2, el máximo error (separación objeto-modelo) es 0.004 (media 0.0019), para un error prefijado de $\epsilon = 0.01$. El número de puntos del objeto es 24, el conjunto de entrenamiento es de 48, los vectores de soporte son 20, y cuatro dipolos permanecen. Por lo tanto, tenemos una baja compresión 24/20. Cuando ajustamos los parámetros C y γ para optimizar las máquinas SVM en función de la precisión, el error máximo decrece a 0.00089 (media 0.00045) y la precisión supera a la prefijada en un factor superior a 10.

El método propuesto también modela objetos no-conectados, como se muestra en la figura 3(a). En este caso, el clasificador fue ajustado para obtener máxima compresión. El objeto múltiple contiene 108 puntos, el conjunto de entrenamiento está compuesto por 216, y los vectores de soporte son 64, (ver figura 3(b)). La compresión alcanzada es de 1.69, relativa al objeto y 3.37, relativa al conjunto de entrenamiento. Este método puede ser muy útil para modelar objetos cuya topología incluya huecos. A continuación, se implementó un software para obtener los modelos 3D de algunas estructuras anatómicas.

Figura 3: Modelado de objetos no conectados, con $\mathcal{E} = 0.01$. El clasificador fue ajustado para obtener un máximo de compresión. Kernel Gaussiano y valores de $C = 400$ y $\gamma = 80$. (a) Superposición de modelo y dipolos. (b) Modelo con 64 vectores de soporte.



Modelado 3D

En el experimento de la figura 4, hemos ajustado la dimensión y la posición del objeto para que entre en una esfera de radio uno, donde el centro de masa es el centro de la esfera. En este experimento se utilizó un kernel Gaussiano.

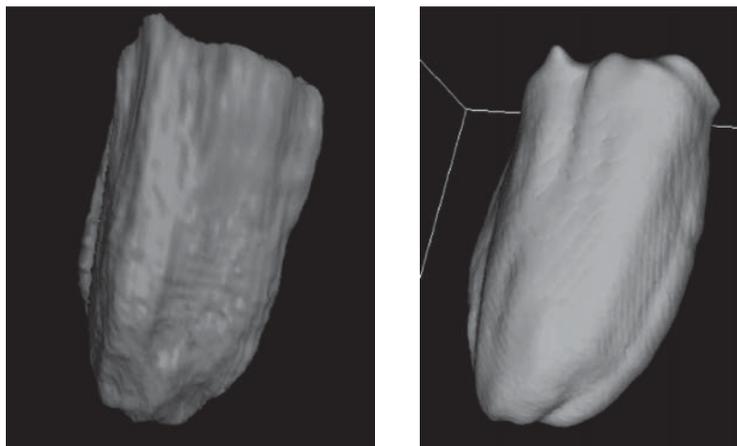
La figura 4 muestra una aplicación de la Máquina de Vector de Soporte (SVM), con el objetivo de obtener un modelo del ventrículo izquierdo. Los datos de este experimento fueron obtenidos a partir de la segmentación realizada, utilizando el método de Level Set propuesto por Sethian [5] e implementado por Bosnjak [6]. La figura 4(a) muestra el volumen segmentado del ventrículo izquierdo, con el propósito de utilizarlo como conjunto de entrenamiento. Nosotros usamos dos clases separadas por 0.01 en dirección de la normal a la superficie del objeto. En lugar de utilizar el criterio de optimización, ya estudiado (precisión y compresión), hemos usado el error de clasificación como criterio de optimización. Finalmente, observamos en la figura 4(b) el modelo obtenido usando la máquina SVM.

Resultados

Este sistema fue desarrollado usando las librerías “Virtual Vision Machine” VVM. El VVM es un conjunto de librerías API para la visualización científica, desarrolladas en el Centro de Procesamiento de Imágenes, con la finalidad de construir aplicaciones médicas tridimensionales [3]. El VVM está, fundamentalmente, desarrollado para diseñadores de sistemas de Planificación Quirúrgica guiadas por imágenes. En esta investigación se utilizó la librería LIBSVM, la cual pertenece a la National Taiwan University [4]. Estas librerías contienen cinco modelos de Máquinas de Vector de Soporte, incluidos los dos modelos descritos en este documento. VVM provee una interfaz para LIBSVM, con el objeto de adaptarla al estilo de programación del VVM.

La figura 5 muestra los contornos de un tumor cancerígeno en el cerebro. Esta tarea fue realizada sobre cuatro cortes, en un intervalo de tiempo muy corto. A la izquierda de esta figura se muestran los contornos y la superficie del tumor en tres dimensiones, el proceso de modelado toma sólo dos segundos. La figura 6 muestra el método aplicado a imágenes de ultrasonido, obtenidas

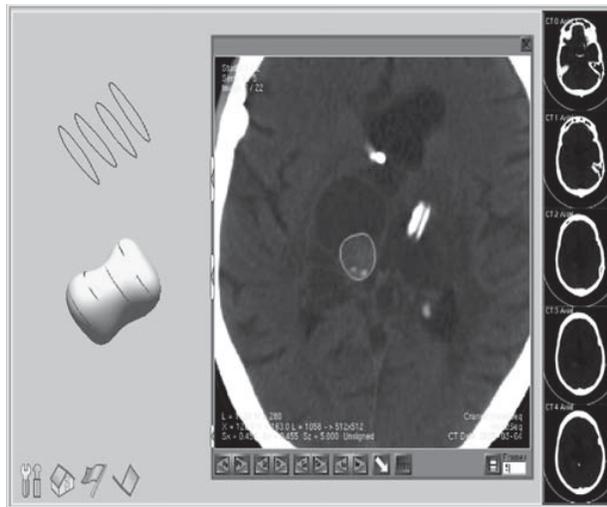
Figura 4: (a) Modelo 3D del Ventrículo Izquierdo obtenido usando el método de Level Set. (b) Modelo 3D clasificado utilizando una máquina SVM.





en braquiterapia de la próstata. La derecha de esta figura se muestran cinco de ocho cortes obtenidos con un transductor trans-rectal, usando una separación de 10 milímetros. En el centro, se muestra uno de los cortes con los contornos delineados. En la parte izquierda de esta figura, se muestra la reconstrucción del modelo tridimensional de dos órganos (próstata y uretra) más el transductor de ultrasonido.

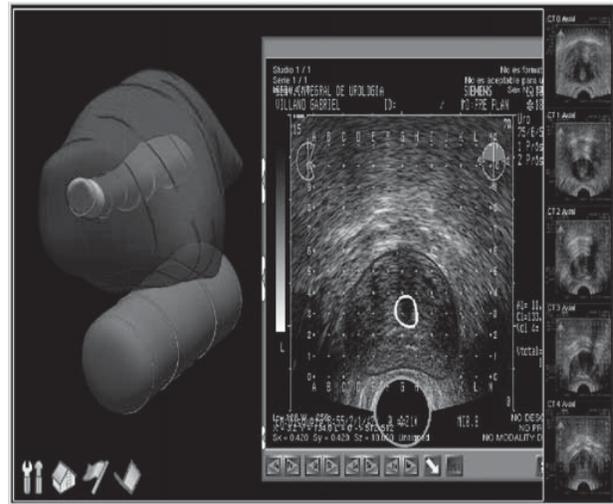
Figura 5: Modelado de un tumor cerebral a partir de cuatro cortes usando Tomografía Axial Computarizada (TAC).



Conclusiones

Hemos desarrollado un novedoso método de modelaje para ser utilizado en la segmentación de estructuras anatómicas difíciles de segmentar. También, puede ser utilizado para modelar objetos biomédicos, como se muestra en las figuras 4, 5 y 6. Este método combina el conocimiento médico con la inteligencia de una máquina de aprendizaje, como se demuestra en diferentes aplicaciones clínicas. Este método fue integrado al software de Planificación Asistida por Computadora y ha sido usado para crear modelos para procesar la optimización de dosis en braquiterapia.

Figura 6: Modelo de la próstata (rojo), uretra (verde) y transductor de ultrasonido (azul) extraídos a partir de la imagen de ultrasonido.



Reconocimientos

Esta investigación fue financiada parcialmente por FONACIT bajo el proyecto N° G-97000651 “Nuevas Tecnologías en Computación”.

Referencias

- [1] Villegas R., Montilla G., Villegas H. (2007) “A Software Tool for Reading DICOM Directory Files”. International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics. Vol. 2, Nro. 1, pp. 54-70. January-March 2007.
- [2] Vapnik V. Statistical Learning Theory. Wiley. 1998.
- [3] Montilla G., Bosnjak A., Villegas H. (2002) “Visualización de Mundos Virtuales en la Medicina”. Bioingeniería en Iberoamérica: Avances y Desarrollos. Cap. XX. Editores: Carmen Muller-Karger, Miguel Cerrolaza.
- [4] Chang Ch., Lin Ch. (2008) LIBSVM: A Library for Support Vector Machines. Department of Computer Science and Information Engineering, National Taiwan University. <http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin>
- [5] Sethian, J. “Level Set Methods and Fast Marching Methods. Evolving Interfaces in Computational Geometry, Fluid Mechanics, Computer Vision, and Materials Science”. Cambridge University Press. 1999.
- [6] Bosnjak, Antonio., (2003) “Segmentation et Modélisation Dynamiques, Application à la Reconstruction 3D d’Images Échocardiographiques”. PhD Thesis. Université de Rennes I.



Los Estilos de Aprendizaje de los Estudiantes de Ingeniería y las Estrategias de Enseñanza del Docente

Morella Acosta

Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo
morellaacosta@hotmail.com

Resumen

En el ámbito educativo existe un especial interés por los temas de aprendizaje, siendo los estilos de aprendizaje una de las variables que pueden afectarlo. El objetivo de la investigación fue estudiar la relación entre los estilos de aprendizaje de los estudiantes y las estrategias metodológicas del docente universitario. La metodología cualitativa, se adapta a la realidad estudiada, usándose la entrevista en profundidad y el análisis de contenido, para descubrir el contexto que rodea a los alumnos. Se trata de un estudio de casos únicos, en los que predomina un carácter descriptivo, para construir una interpretación del accionar del protagonista. Las estrategias de enseñanza son los recursos y métodos utilizados por los docentes, con la finalidad de propiciar el aprendizaje significativo de los alumnos. Las estrategias usadas por el docente, tienen que ver con la disposición hacia el aprendizaje, las motivaciones, las expectativas, que influyen, decididamente, en el proceso de mediación del aprendizaje y en los resultados académicos. El aprendizaje implica la construcción consciente del individuo, para lo cual, el informante indicó como un aspecto fundamental, la necesidad de realizar síntesis a través de la elaboración de resúmenes y de profundizar en lo que se aprende a través de una búsqueda exhaustiva de los aspectos relacionados con lo aprendido. Estos resultados se relacionan con el estilo reflexivo y el teórico, en el que el individuo recoge datos, los integra y analiza antes de concluir. Los estilos no son excluyentes y es difícil encontrar a alumnos puros de un estilo.

Palabras clave: educación, aprendizaje, estilos de aprendizaje, estrategias de enseñanza.

Learning Styles of Engineering Students and teacher's pedagogical Strategies

Abstract

In education there is a particular interest in issues of learning, learning styles being one of the variables that can affect it. The purpose of this research was to study the relationship between learning styles of students and teaching strategies of university teachers. Qualitative methodology was adapted to the reality that is studied, being used on in-depth interviews and content analysis to discover the context surrounding the students. This is a unique case study, in which a predominantly descriptive character builds an interpretation of the actions of the protagonist. Teaching strategies are the resources and methods used by teachers in order to foster meaningful learning on students. The strategies used by the teacher have to do with the disposition towards learning, motivation, expectations strongly influence the mediation process of learning and academic outcomes. Learning involves the individual's conscious construction, which the informant indicated as a fundamental aspect, the need for synthesis through the preparation of summaries and deepens what is learned through an exhaustive search of aspects learning. These results relate to the reflective and theoretical style, in which the individual gathers data and integrates and analyzes them before reaching a conclusion. The styles are not exclusive and it is difficult to find pure style students.

Key words: education, learning, learning styles, teaching strategies.

Introducción

La educación se presenta como la vía para alcanzar la esperanza y la potencialidad de los individuos, considerando la singularidad, la conciencia y la reciprocidad social del sujeto. Cada individuo se presenta como único, con sus sentimientos, emociones, maneras de actuar y de aprender, en un mundo cambiante. Dentro del contexto educativo, se considera como uno de los aspectos relevantes el aprendizaje, que es un proceso de naturaleza extremadamente compleja, cuya esencia es la adquisición de un nuevo conocimiento, habilidad o capacidad. Se ha estudiado, juntos y por separado, a todas las variables que se cree pueden afectar al aprendizaje; una de ellas y que cobra mayor relevancia con el paso del tiempo, es el estudio de los llamados "estilos de aprendizaje". Generalmente, se acepta que no todos aprenden de la misma manera ni a la misma velocidad,

ya que cada uno utiliza su propio método o conjunto de estrategias.

El concepto de los estilos de aprendizaje resulta especialmente atrayente, porque ofrece una teoría rica en sugerencias y aplicaciones prácticas, con grandes posibilidades de alcanzar un aprendizaje más efectivo e incrementar así, la productividad académica y es que, cuanto mayor sea la información que el docente recabe del alumno mayores serán las posibilidades de acercamiento entre los tres vértices del triángulo del proceso de aprendizaje: alumno, profesor y materia de estudio. El objetivo de la investigación fue estudiar la relación entre los estilos de aprendizaje de los estudiantes y las estrategias de enseñanza del docente de la Facultad de Ingeniería.



Contexto teórico

El aprendizaje y los estilos de aprendizaje

El aprendizaje es un proceso de naturaleza extremadamente compleja, cuya esencia es la adquisición de un nuevo conocimiento, habilidad o capacidad. Para que dicho proceso pueda considerarse realmente como aprendizaje, en lugar de una simple huella o retención pasajera, debe poder manifestarse en un tiempo futuro y contribuir, además, a la solución de problemas concretos, incluso, diferentes en su esencia a los que motivaron inicialmente el desarrollo del conocimiento, habilidad o capacidad. De acuerdo con Michel (2002), “el aprendizaje es el proceso mediante el cual se obtienen nuevos conocimientos, habilidades o actitudes, a través de experiencias vividas que producen algún cambio en nuestro modo de ser o actuar” (p. 20). El aprendizaje, por lo tanto, se manifiesta con la obtención de nuevos conocimientos y es por eso que, no se puede separar el aprendizaje del conocimiento, ya que cuando se aprende se conoce.

Con relación al aprendizaje y en particular, a la forma en que cada individuo aprende, los psicólogos de la educación coinciden en apuntar que las personas poseen diferentes estilos de aprendizaje y éstos son, en definitiva, los responsables de las diversas formas de comportarse los estudiantes ante el aprendizaje. Para Alonso, Gallego y Honey (1997), los estilos de aprendizaje son los rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos que sirven como indicadores, relativamente estables, de la percepción que los alumnos tienen de las interacciones y las formas con que responden a sus ambientes de aprendizaje. Los rasgos cognitivos tienen que ver con la forma en que los estudiantes estructuran los contenidos, forman y utilizan conceptos, interpretan la información, resuelven los problemas y seleccionan medios de representación, etc. Los rasgos afectivos se vinculan con las motivaciones y expectativas que influyen en el aprendizaje, mientras que los rasgos fisiológicos están relacionados con el biotipo y el biorritmo del estudiante.

De acuerdo con Alonso, Gallego y Honey (1997), se puede hablar de cuatro estilos de aprendizajes: activo, reflexivo, teórico y pragmático. Las personas del estilo activo son de mente abierta, nada escépticos y acometen con entusiasmo nuevas tareas. Se crecen con los desafíos y se aburren con los largos plazos. Las personas del estilo reflexivo son prudentes y consideran todas las alternativas antes de dar un movimiento. Recogen datos y los analizan antes de llegar a una conclusión. Las personas del estilo teórico son personas que se adaptan e integran las observaciones (hechos) dentro de teorías coherentes. Enfocan los problemas de forma vertical, escalonada por etapas lógicas. Por último, las personas del estilo pragmático descubren el aspecto positivo de las nuevas ideas y aprovechan la primera oportunidad para

experimentarlas. Les gusta actuar rápidamente y con seguridad, con aquellas ideas y proyectos que les atraen.

Los estilos de aprendizaje y su relación con las estrategias de enseñanza

La concepción teórica, conformada para la comprensión y estudio de los estilos de aprendizaje, proporciona información para organizar la teoría y la práctica de un proceso de enseñanza-aprendizaje que pretenda tributar las diferencias individuales de los sujetos inmersos en el acto educativo. Se hace necesario delimitar la enseñanza en el contexto de los estilos de aprendizaje y se puede decir que enseñar, es pues, guiar, estimular a los estudiantes a que reflexionen sobre cómo aprenden en sentido general, es atender a la diversidad en términos de estilos de aprendizaje, es reconocer el carácter irreplicable de la persona y es reconocer que cada uno de nuestros alumnos tiene una forma propia de aprender, un potencial singular de desarrollo.

Con relación al proceso de formación de la actualidad, De la Torre (2000) opina que no se debe tanto instruir en contenidos sino preparar al individuo para el cambio en las cuatro dimensiones básicas del ser humano: conocimientos, sentimientos, actitudes o habilidades y voluntad; es decir, el empeño en la realización de las tareas. Se persigue una formación integral de la persona que aprende, un querer aprender en todo momento, con lo cual se propiciará la resolución de los problemas sociales. En este sentido, es importante, entonces, señalar que el cambio del individuo que aprende debe ser el norte de todo proceso educativo que pretenda resolver los problemas sociales del momento.

Un aspecto importante, dentro del proceso de enseñanza, consistiría, de esta forma, en valorar las formas preferidas de los estudiantes por aprender, para poder asegurar así la variedad de métodos, procedimientos de enseñanza y aprendizaje, medios, formas de organizar el espacio y de evaluar, que propicien el interés, la participación e implicación personal de los estudiantes en las tareas de aprendizaje y el desarrollo de sus potencialidades. Parece probado que los alumnos aprenden mejor cuando se les enseña con sus estilos de aprendizaje predominantes. Si esto es así, lo lógico es pensar que las estrategias de enseñanza de los profesores deberían estar influidas por los estilos de aprendizaje de sus alumnos. Por supuesto, no es lógico pensar que el docente debe acomodarse a los estilos de todos los alumnos en todas las ocasiones, esto sería imposible. Se trata que el profesor trate de comprender las diferencias de estilo de sus alumnos e intente ajustar su estilo de enseñanza en aquellas áreas y en aquellas ocasiones, que sea conveniente para los objetivos que se pretenden. La visión general de los estilos de aprendizaje puede favorecer aspectos, tales como ayudar a tomar decisiones acerca de aspectos tan concretos



como la selección de materiales educativos, la forma de presentar la información (metodología o actividades que llevar a cabo), la creación de grupos de trabajo y los procedimientos adecuados de evaluación, entre otros.

Contexto metodológico

En los tiempos actuales se hace necesario un nuevo modo de pensar y de investigar, una nueva manera de ver las cosas desde una nueva racionalidad científica, desde un nuevo paradigma. En la última década se ha ido desarrollando una revolución silenciosa en la metodología de las ciencias sociales, apareciendo un renovado interés por la metodología cualitativa, la cual se adapta a la realidad que se estudia. Dentro de las metodologías cualitativas, se utilizó el enfoque etnográfico, que es el de mayor preferencia para conocer un grupo de personas que forman un todo con características especiales, (Martínez, 1998). En la investigación que se realizó, la unidad de análisis fueron los estudiantes de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de Carabobo, donde se desarrolla la actividad docente de la investigadora y donde se han detectado los cambios significativos en la forma en que el alumno aprende, la influencia del contexto y la realidad actual en ese proceso de aprendizaje.

Se trata de un estudio de casos único, en los que predomina un carácter descriptivo para construir una interpretación del accionar del protagonista, por lo tanto, se plantea un esquema reconstructivo de las vivencias. Según Rodríguez, Gil y García (1996), el estudio de caso es una estrategia de diseño de la investigación cualitativa que, tomando como base el marco teórico, desde el que se analiza la realidad y las cuestiones a las que se desea dar respuesta, permite seleccionar los escenarios reales que se constituyen en fuentes de información. La técnica de recolección de información se centró alrededor de la entrevista a profundidad, en la que se permitió descubrir el contexto que rodea al estudiante de la Facultad de Ingeniería. Las categorías y subcategorías para el análisis de la entrevista, se muestran en la Tabla 1 y la entrevista se muestra en la Tabla 2.

Tabla 1: Categorías y Subcategorías.

Categorías/Subcategorías	Significado
1. ESTRATEGIAS	Estrategia que el docente utiliza en una clase.
1.1. Estrategias Dinámicas	Estrategia utilizada por el docente y que el informante percibe como dinámica
1.2. Estrategias Motivadora	Estrategia utilizada por el docente y que el informante percibe como motivadora
2. APRENDIZAJE	Se refiere al proceso de aprendizaje del sujeto
2.1. Aprendizaje para Entender	Se refiere al proceso de aprendizaje del sujeto que busca entender el significado respectivo
2.2. Aprendizaje para Reforzar	Se refiere al proceso de aprendizaje del sujeto que busca reforzar los significados respectivos
2.3. Aprendizaje para Sintetizar	Se refiere al proceso de aprendizaje del sujeto que busca sintetizar el significado respectivo (elaboración de resúmenes)
3. REFLEXIÓN	Se refiere al proceso de reflexión del sujeto

La decisión de considerar un caso único, se fundamentó en el potencial de la información recabada, tomando en cuenta que el número de los casos estudiados carece relativamente de importancia, ya que cada uno puede ayudar al desarrollo de comprensiones teóricas sobre el área estudiada. Se realizó la selección del informante clave de la investigación en la Facultad de Ingeniería, luego de la observación de las condiciones que rodean a los estudiantes y se tomó en consideración, el deseo de participar en la investigación y el tiempo disponible para la realización de la entrevista.

Se usó el análisis de contenido, como la técnica de análisis textual para revivir la realidad, con la finalidad de reflexionar acerca de la situación vivida y comprender el contexto que rodea a los estudiantes. Desde esta perspectiva y tal como lo señala Pérez Serrano (1998), el análisis de contenido es un método que busca descubrir la significación de un mensaje, ya sea este un discurso, una historia de vida, un artículo de revista, un texto, entre otros. Más concretamente, se trata de un método que consiste en considerar los diversos elementos de un mensaje con el fin de hacer aparecer, de la mejor manera, el sentido, lo cual permitió visualizar y construir la interpretación sobre el aprendizaje de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería.

Análisis de la entrevista realizada al informante

El informante se refirió a los aspectos que le llaman la atención de la actividad docente, los cuales se relacionan con la organización y el uso de elementos visuales durante las clases. También, mencionó la necesidad de otras estrategias metodológicas, dinámicas y motivadoras, para que la actividad se desarrolle de manera agradable. Esto se muestra en los siguientes epígrafes:

“yo de la clase capto mucho por el pizarrón. Como me escriban las cosas. Si el profesor es organizado para colocar las cosas, si las separa por temas, si usa colores, si hace esquemas, yo así entiendo mucho más. Si hacen dinámicas las clases”



Tabla 2: Entrevista realizada a la informante clave.

Categorización	Texto
	Investigador Bueno vamos a comenzar a hablar como te había dicho acerca de la investigación sobre los estilos de aprendizaje. Cuando <i>tu estas en una clase</i> , ¿Qué es lo primero que a ti <i>te llama la atención en esa clase?</i>
1. ESTRATEGIAS	Informante Yo de la clase capto mucho por el pizarrón. Como me escriban las cosas. Si el profesor es organizado para colocar las cosas , si las separa por temas, si usa colores, si hace esquemas, yo así entiendo mucho más. Si hacen dinámicas las clases. Visualmente entiendo más que el profesor me lo diga.
1.2 Motivadoras	
1.1. Dinámicas	
1.2 Motivadoras	
	Investigador ¿Te gustaban las clases que fueran del tipo magistrales o que el profesor usara otras estrategias?
	Informante Bueno, eso depende, porque uno siempre necesita otra estrategia que te motive. Siempre es necesaria otra estrategia, pero la clase magistral es necesaria. Tú necesitas una clase en que te den la “teoría”. Tú necesitas la teoría, sin la teoría tú no entiendes nada. Pero se pueden usar otras estrategias para ilustrar la teoría, para hacer los ejemplos, para talleres, para que uno participe.
1.2. Motivadoras	
1.2. Motivadoras	
	Investigador Bueno <i>¿Cómo haces tu para aprender?, ¿Cuál es el procedimiento que haces?, ¿Cómo lo haces?</i>
	Informante Bueno yo hago una “fichita” y empiezo a anotar lo más importante en esa ficha. En la ficha va lo más importante y después empiezo a hacer los ejercicios de la clase. Si en una ficha, va lo más importante, todo, todo lo más importante.
2. APRENDIZAJE	
2.3 Para sintetizar	
2.2 Para reforzar	Pero volver a escribir la cuestión, es lo que te hace captarlo, te hace entender, volverlo a escribir.
2.1 Para entender	
	Investigador Mira y cuando tú te vas aprendiendo ese tema ¿tú vas entonces <i>reflexionando</i> acerca de lo que te van dando? ¿Cómo vas haciendo?
	Informante Bueno siempre “hay un ejercicio que destapa la olla”, siempre hay un ejercicio que lo tiene todo, todos los detalles, entonces cuando ese ejercicio está yo hago un poco de notas de ese ejercicio. Tiene que estar entre tanto y tanto, es decir, las varias opciones como tienen que dar, algo así pues.
2.1 Para sintetizar	
2.1 Para sintetizar	Siempre trato de hacer de hacer como un esquemita de los resultados que pueden dar, un resumen, para reforzar.
	Investigador Es decir, que si vas como <i>reflexionando</i> acerca de lo que haces
	Informante ¡Si, si, tienes que hacerlo! Por que si no, de que te valió hacer el ejercicio, si no tienes el resultado. Tienes que reflexionar. Si tú te sabes un concepto y te lo sabes bien, tú te lo vas a saber siempre.
3. REFLEXIÓN	
	Investigador <i>¿Tu vas integrando cada una de las cosas que aprendes ? ¿Cómo vas haciendo? ¿ Prefieres ir integrando ? ¿ Explicame cómo haces eso?</i>
	Informante Yo siempre divido el gran problema en pequeños problemas.
2. APRENDIZAJE	
2.1 Para entender	Yo resuelvo primero un problema, después que lo entendí voy para el otro y así voy. Yo siempre, entonces, comienzo por el primero, lo capto bien, lo entiendo y voy para el segundo.
	Investigador Muchas gracias por la información suministrada.



“visualmente entiendo más que el profesor me lo diga”

“Bueno, eso depende, porque uno siempre necesita otra estrategia que te motive. Siempre es necesaria otra estrategia, pero la clase magistral es necesaria”

“Pero se pueden usar otras estrategias para ilustrar la teoría, para hacer los ejemplos, para talleres, para que uno participe”

Los estilos de aprendizaje se relacionan con los rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos de las formas con que los alumnos perciben interacciones y responden a sus ambientes de aprendizaje. Los aspectos que le llaman la atención al informante, que son usados por los docentes, se vinculan a los rasgos afectivos y tienen que ver con la disposición hacia el aprendizaje, las motivaciones, las expectativas que influyen decididamente en el proceso de mediación del aprendizaje y en los resultados académicos.

El aprendizaje implica la construcción consciente del individuo y para que se desarrolle la construcción respectiva, la informante indicó la necesidad de entender lo que aprende, como se presentan en los siguientes epígrafes:

“Pero volver a escribir la cuestión, es lo que te hace captarlo, te hace entender, volverlo a escribir”

La informante mencionó la importancia de realizar un reforzamiento cada vez que aprende, como se muestra en el siguiente hallazgo:

“Siempre trato de hacer como un esquemita de los resultados que pueden dar, un resumen, para reforzar”

Otro aspecto considerado por la informante se relaciona con la importancia para el aprendizaje de realizar síntesis a través de la realización de resúmenes, como se muestra en los siguientes epígrafes:

“si en una ficha, va lo más importante, todo, todo lo más importante”

La informante indicó como condición influyente para el aprendizaje la revisión de los aspectos teóricos. En el siguiente epígrafe, ella se refiere a que sin la teoría no se puede entender, lo cual da cuenta de la importancia de este aspecto durante su proceso de aprendizaje, que no puede desvincularse de los conocimientos teóricos que se tengan:

“tú necesitas la teoría, sin la teoría tú no entiendes nada”

Según Flórez Ochoa (1998), el aprendizaje se refiere a aquellos procesos conscientes que desembocan en modificaciones mentales duraderas en el individuo. Aprender no es, solamente, lograr cambios en los conocimientos, hábitos y habilidades, implica la elaboración por parte del sujeto, la cual dependerá de su necesidad de entender, de reforzar, de sintetizar y de realizar una revisión teórica para que se dé el aprendizaje. A través del aprendizaje el individuo logra modificar su estructura mental y de esa manera, alcanza un mayor nivel de diversidad. Es decir, el verdadero aprendizaje es aquel que contribuye al desarrollo de la persona y que no puede aislarse de todas las situaciones que rodean al individuo y a la misma condición humana.

La informante manifestó su necesidad de integrar los conocimientos durante su proceso de aprendizaje, como puede verse en los siguientes epígrafes:

“yo resuelvo primero un problema, después que lo entendí voy para el otro y así voy”

“yo siempre, entonces, comienzo por el primero, lo capto bien, lo entiendo y voy para el segundo”

Como se desprende de la información suministrada, la informante va resolviendo los problemas en forma secuencial, es estructurada en su forma de proceder, lo que se corresponde con el estilo teórico, que son personas que enfocan los problemas por etapas.

La informante también mostró que es una persona que reflexiona a medida que aprende, como se muestra a continuación:

“pero si tú te sabes un concepto y te lo sabes “bien”, tú te lo vas a saber siempre”

La informante es de las personas que está consciente de lo que aprende y, además, lo puede explicar, lo que indica que analiza los conceptos a medida que los va estudiando, lo que corresponde con el estilo reflexivo.

Conclusiones

Las estrategias utilizadas por los docentes se vinculan a los rasgos afectivos y tienen que ver con la disposición hacia el aprendizaje, las motivaciones, las expectativas que influyen, decididamente, en el proceso de mediación del aprendizaje y en los resultados académicos.

El informante indicó la necesidad de entender, de sintetizar, de reforzar y de profundizar en los aspectos teóricos para que se dé el aprendizaje. Estos resultados se relacionan con los estilos de aprendizaje reflexivo y teórico. Estos estilos se vinculan con alumnos que son prudentes, que consideran todas las alternativas antes de



actuar, que recogen datos, que los analizan antes de llegar a una conclusión, así como con personas que integran y sintetizan. La reflexión puede propiciar el desarrollo del proceso de aprendizaje, como fue indicado por el informante y puede estar asociada a la necesidad de analizar los conceptos a medida que los va estudiando, de manera que el contenido sea significativo y pueda ser incorporado al conjunto de conocimientos del sujeto, relacionándolo con sus conocimientos previos.

El verdadero aprendizaje es aquel que contribuye al desarrollo de la persona y que no puede aislarse de la complejidad que rodea a los procesos sociales y a la misma condición humana. De acuerdo con Morin (2003), el ser humano desarrolló la aptitud para adquirir. Esa aptitud le permite la búsqueda continua, un sentimiento que acompaña la superación, el desarrollo y que se relaciona con la cultura y con la sociedad. Esto se vincula con lo que se aprende y forma parte de esa maravillosa capacidad de crear nuevas formas de vida y es que en todo lo humano se mezclan y se entrecruzan relaciones, factores, sentimientos, aptitudes.

La educación debe ir construyendo los ciudadanos que son requeridos para afrontar los tiempos actuales y, los estilos de aprendizaje se presentan como una importante teoría rica en sugerencias y en aplicaciones prácticas, con grandes posibilidades de alcanzar un aprendizaje más efectivo e incrementar así el rendimiento académico y es que, cuanto mayor sea la información que el docente recabe del alumno mayores serán las posibilidades de acercamiento entre los tres vértices del triángulo del proceso educativo: alumno, profesor y materia de estudio. El conocimiento del estilo de aprendizaje, puede permitir al docente diseñar actividades pertinentes que incluyan este aspecto y los alumnos pueden planificar el aprendizaje según sus estilos, evitando así bloqueos, dispersiones y optimizando así sus resultados.

Referencias

- Alonso C., Gallego, D. y Honey, P. (1997). Los estilos de Aprendizaje. Procedimientos de diagnóstico y mejora. Madrid, España: Mensajero.
- De la Torre S. (2000). "Tres ideas en acción. Innovación-Formación-Investigación", en De la Torre, S y Barrios, O, (Coords.). Estrategias didácticas Innovadoras. Recursos para la formación y el cambio. Madrid, España: Octaedro.
- Flórez Ochoa, R. (1998). Hacia una pedagogía del conocimiento. Bogotá, Colombia: Mc. Graw Hill.
- Martínez Miguelez, M. (1998). La investigación cualitativa etnográfica en educación. Manual teórico- práctico. D.F, México: Trillas.
- Michel, G. (2002). Aprender a Aprender. Guía de autoeducación. Décimo tercera edición. D,F: México: Trillas.
- Morin, E. (2003). El Método. La Humanidad de la Humanidad. La identidad humana. Madrid, España: Cátedra.
- Pérez Serrano, G (1998). Investigación Cualitativa. Retos e interrogantes. II. Técnicas y Análisis de datos. Madrid. España: La Muralla.
- Rodríguez, G., Gil, J y García, E. (1996). Metodología de la investigación cualitativa. Málaga, España: Aljibe.



Análisis Comparativo de Técnicas de Modelado de Operación del Embalse Pao-Cachinche

Milagros Padrón, Adriana Márquez y Edilberto Guevara
 Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales
 Universidad de Carabobo, Facultad de Ingeniería, Venezuela
 mpadron10@uc.edu.ve; ammarquez@uc.edu.ve; eguevara@uc.edu.ve

Resumen

En este trabajo se modela la operación del Embalse Pao-Cachinche, Estado Carabobo, empleando registros que incluyen volúmenes de aporte, evaporación, precipitación, caudales de bombeo, caudales de alivio y caudales ecológicos, recolectados durante el período 1983-2009. Tres modelos son probados: estocástico (ARIMA), Red Neuronal Artificial (RNA) y determinístico. En el primero, se emplea la serie 2005-2008. En el segundo, las series 1983-2009, 2005-2009 y 2008-2009. En el tercero, se emplean tormentas sintéticas de 3 y 6 h de duración, para periodos de retorno de 5, 10 y 50 años en los tres principales afluentes al embalse: Chirgua, Paito y Pirapira. Se encuentra que los modelos RNA muestran un ajuste satisfactorio, con R igual a 0.98, seguido del modelo ARIMA. Mediante el modelo determinístico, se verificó que los gastos máximos de crecientes con periodos de retorno de 50 años y 2% de excedencia, no superan la capacidad del aliviadero del embalse.

Palabras clave: operación de embalse, red neuronal artificial, modelo estocástico

Comparative Analysis of Modeling Techniques for Operations of Pao-Cachinche Reservoir

Abstract

This paperwork models the operation of Pao-Cachinche Reservoir, State of Carabobo, Venezuela, employing records that include volumes of inflow, evaporation, precipitation, pumping, relief and ecological discharge, collected during the period 1983-2009. Three models are tested: stochastic (ARIMA), Artificial Neural Network (ANN) and deterministic. The first model used the series from 2005-2008. In the second, the series: 1983-2009, 2005-2009 and 2008-2009. The third model uses synthetic storms ranging from 3 and 6 hours for return periods of 5, 10 and 50 years for the main tributaries to the reservoir: Chirgua, Paito and Pirapira. The ANN models show a satisfactory fit (R=0.98) followed by the ARIMA model. Using the deterministic model was verified that maximum flow increasing with return periods of 50 years and 2% of leave does not exceed the capacity of the reservoir spillway.

Key words: Reservoir operation, artificial neural network, stochastic model.

Introducción

En su artículo de revisión sobre los modelos clásicos de operación de embalses, Yeh (1985) observó que, a pesar de los considerables avances, la investigación sobre operación de embalses ha sido muy lenta para encontrar su ruta en la práctica. Simonovic (1992) ha discutido las limitaciones de los modelos de operación de embalse y las medidas correctivas para que sean más aceptables para los operadores. Panigrahi (2000) enfatiza que, debido al “alto grado de abstracción” necesarios para la aplicación eficaz de técnicas de optimización, la aplicabilidad de la mayoría de los modelos de operación de embalse es limitada. En este artículo, se aplican técnicas de modelado determinístico, estocástico y de inteligencia artificial empleando variables de operación del embalse Pao-Cachinche, ubicado en el Estado Carabobo, Venezuela, basado en registros de operación en el período comprendido entre 1983 a 2009.

Objetivo

El propósito de esta investigación es modelar la operación de un embalse, empleando modelos de sistemas, modelos de pronósticos y RNA.

Fundamento Teórico

Modelo Estocástico

Los modelos ARIMA, (AutoRegressive, Integrated, Moving Average), expresan la observación en el tiempo t como una función lineal de las observaciones previas, un término del error actual y una combinación lineal de los términos del error previo. La forma general del modelo, se expresa en términos del operador de rezago B , el cual opera en el índice del tiempo de un dato tal como $B_j Y_t = Y_{t-j}$. Usando este operador, el modelo toma la forma:

$$\frac{(1 - B - B^2 - \dots - B^p)(1 - B^2 - B^{2s} - B^{2s^2}) \dots (1 - B)^d (1 - B^s)^D}{(1 - B - B^2 - \dots - B^q)(1 - B^s - B^{2s} - \dots - B^{2s^2})} Z_t = a_t \quad [1]$$

Donde:

$$Z_t = Y_t - \mu \quad [2]$$

a_t es un error aleatorio o choque del sistema en el tiempo t , usualmente asumido normal con media 0 y desviación estándar σ_a . Para una serie estacionaria, μ representa la media del proceso. La Ecuación 1, frecuentemente, se representa como ARIMA (p,d,q) x(P,D,Q)s, la cual involucra los siguientes términos: 1) Un término auto-regresivo no estacional, de orden p , 2)



Diferenciación no estacional, de orden d, 3) Un término de media móvil no estacional, de orden q, 4) Un término auto-regresivo estacional, de orden P, 5) Diferenciación estacional, de orden D y 6) Un término de media móvil estacional, de orden Q.

Modelo RNA

Una RNA es una red altamente interconectada de muchas unidades de procesamiento simple llamadas "neuronas". Las neuronas que tienen características similares se agrupan en una sola capa. La RNA almacena la información capturada por el vector de entrada, mediante "los pesos" de las conexiones entre las neuronas. La RNA, comúnmente usada en aplicaciones de ingeniería, se basa en el algoritmo de propagación hacia atrás, en la cual, las entradas a las neuronas de una capa de entrada se propagan en dirección hacia adelante y el vector de salida se calcula a través de la utilización de una función de activación no lineal (Eberhart y Dobbins, 1990). Al conocer la salida, se calcula el error en la capa de salida, mediante la propagación hacia y mediante la red se actualizan los pesos de las conexiones. El proceso de cálculos, por alimentación progresiva y propagación hacia atrás del error, se repite hasta que un nivel aceptable de convergencia se ha alcanzado. Todo este proceso se conoce como la formación de la RNA.

Modelo Determinístico

Se emplea un modelo de caja negra para tránsito de crecientes y el rendimiento para una capacidad determinada del vaso, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$I - O = dS/dt \quad [3]$$

donde I es el caudal de entrada, O es el caudal de salida, dS es el cambio de almacenamiento en el intervalo de tiempo dt.

Descomposición Estacional

Este procedimiento divide una serie de tiempo en tres componentes: tendencia-ciclo, estacionalidad e irregularidad. La descomposición puede ser usada para crear una versión ajustada estacionalmente, de la serie de tiempo original. Existen dos modelos básicos sobre los que se basa la descomposición de una serie de tiempo: modelo multiplicativo y modelo aditivo. El modelo multiplicativo asume que, los datos en el tiempo t pueden ser representados como el producto de los cuatro componentes de acuerdo con:

$$Y_t = T_t C_t S_t R_t \quad [4]$$

El modelo aditivo asume que los componentes se suman:

$$Y_t = T_t + C_t + S_t + R_t \quad [5]$$

donde T es la tendencia o patrón general de largo plazo, C es la ciclicidad, S es la estacionalidad y R es la aleatoriedad o irregularidad. El propósito de la descomposición estacional es dividir una serie de tiempo observada en sus partes componentes, en particular, el procedimiento deriva en Índices estacionales, los cuales representan el efecto de cada estación.

Índices estacionales

Una vez que la tendencia-ciclo ha sido estimada, ésta puede ser removida de los datos. Para un modelo multiplicativo, se dividen los datos originales entre el componente estimado:

$$\hat{S}_t \hat{R}_t = \frac{Y_t}{\hat{T} * \hat{C}_t} \quad [6]$$

Para un modelo aditivo, la tendencia-ciclo es sustraída de los datos originales y queda:

$$\hat{S}_t \hat{R}_t = Y_t - \hat{T} \hat{C}_t \quad [7]$$

Donde: $\hat{S}_t \hat{R}_t$ es el índice estacional en función de la estacionalidad y la aleatoriedad, \hat{Y}_t es el conjunto de datos obtenidos por el modelo multiplicativo y $\hat{T} * \hat{C}_t$ es la tendencia-ciclo estimada. Las estimaciones, resultantes del componente estacionalidad-irregularidad, son promediadas usando todas las observaciones dentro de cada estación o temporada, para remover el componente irregular, lo que resulta en un estimador del componente estacional. Los componentes estacionales son, entonces, ajustados para que un promedio estacional tenga un valor de 1.0, si se usa el método multiplicativo y 0, si se usa el método aditivo.

Metodología

La investigación es de tipo correlacional, ya que se comparan los coeficientes de correlación obtenidos con la aplicación de los modelos estocástico, determinístico y de red neuronal. El diseño es No experimental. Se utiliza la serie de tiempo durante el período 1983-2009, para el Embalse Pao-Cachinche. Los registros históricos corresponden a la base de datos del balance hídrico del embalse, recolectados por HIDROCENTRO, de la cual se seleccionaron las variables: aporte neto diario, lluvia, evaporación, caudal de alivio y gasto ecológico. Los datos de lluvia provienen de la estación hidrométrica Pao-Cachinche, ubicada en la posición geográfica



W-68°08'30" y N-09°54'00". Los softwares utilizados son: StatGraphics, para el modelo de pronósticos, HEC, para el modelo determinístico y MATLAB, para las RNA. El modelo HEC hace uso de un Modelo Digital del Terreno (MDT), el cual se crea a partir de las cartas topográficas y ortofotomapas suministrados por el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB), a escala 1:25.000. Las cartas utilizadas para la delimitación de la cuenca media del río Pao, son: 6545-I-NO, 6545-I-NE, 6545-I-SO y 6545-I-SE. Para el análisis estadístico de los datos se emplea la herramienta Análisis de Series de Tiempo del StatGraphics, el cual abarca la evaluación de la estacionalidad de los datos originales mediante la determinación de los parámetros estadísticos y la función de autocorrelación y la estandarización o pre-procesamiento de la serie de tiempo, para eliminar dicha estacionalidad. Las series estandarizadas se analizan con el StatGraphics, variando en cada corrida, los parámetros del modelo.

Se utilizaron las siguientes series diarias durante el periodo 1983-2009: aportes netos, caudal de bombeo, gasto ecológico y evaporación (Figura 1. Series diarias de tiempo: (a) aporte neto, (b) gasto de bombeo, (c) gasto ecológico y (d) evaporación). El patrón general de largo plazo del aporte neto, el gasto de bombeo y el gasto ecológico muestran una tendencia hacia valores positivos (Figuras 1: (a) aporte neto, (b) gasto de bombeo y (c) gasto ecológico) debido al transvase del Lago de Valencia en 2004. Se observan variaciones cíclicas con una frecuencia anual para el aporte neto, debido a la ocurrencia de las estaciones seca y lluviosa. En la serie diaria de la evaporación [Figura 1(d)], se observa una tendencia lineal para el mismo periodo. Se estimaron índices

estacionales para analizar las variaciones estacionales (Figura 2. Índices estacionales para las series diarias: (a) gasto de bombeo, (b) gasto ecológico y (c) evaporación); se emplea el periodo 2004-2009 para estimar los índices estacionales de la serie de bombeo, por la variabilidad de los datos en ese intervalo. La serie muestra una tendencia cíclica e irregular [Figura 1(b)], los datos cubren 2070 observaciones con una estacionalidad de 7 días. Se observa que los índices van desde un mínimo de 99.5, el día 3, hasta un máximo de 100.8, el día 7 [Figura 2(a)], obtenidos por el método multiplicativo. La serie diaria de gasto ecológico, durante el periodo 1983-2009, muestra una tendencia lineal creciente [Figura 2(c)], los datos incluyen 9740 observaciones con una estacionalidad de 7 días; se observa que los índices, obtenidos por el método aditivo, van desde un mínimo de -20.1, el día 7, hasta un máximo de 16.9, el día 1 [Figura 2(b)]. Se observa que la tendencia de largo plazo, para la serie de tiempo de la evaporación [Figura 1(d)], es cíclica, con una estacionalidad diferenciada entre los periodos lluvioso y seco y, al igual que en la serie de gasto ecológico, los datos cubren 9740 observaciones, con una estacionalidad de 7 días. Los índices van desde un mínimo de -578.4, el día 6, hasta un máximo de 759.7, el día 5.

Modelo Estocástico

El modelo de pronóstico se desarrolla en dos fases: en la primera, se calibra y valida el modelo empleando la serie diaria en el periodo 2005-2008; cuyo criterio de selección del periodo se debe a la condición actual de alivio permanente en el embalse. La serie de datos diaria consta de 1461 observaciones; la estacionalidad es de 3 días y muestra una tendencia cíclica anual. La segunda

Figura 1: Series diarias de tiempo: (a) aporte neto, (b) gasto de bombeo, (c) gasto ecológico y (d) evaporación.

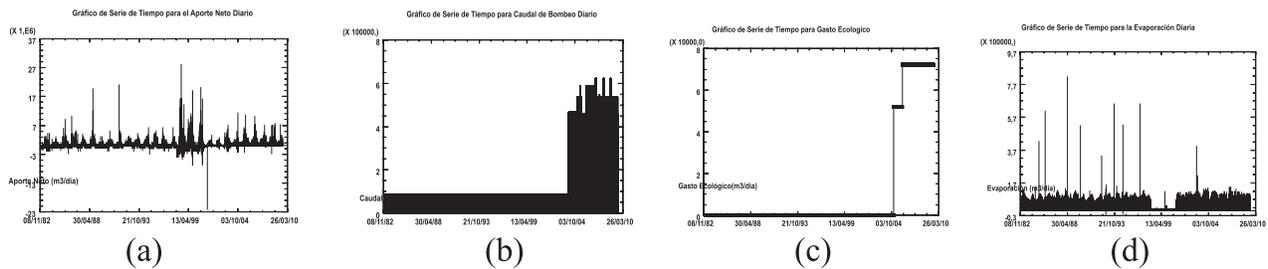
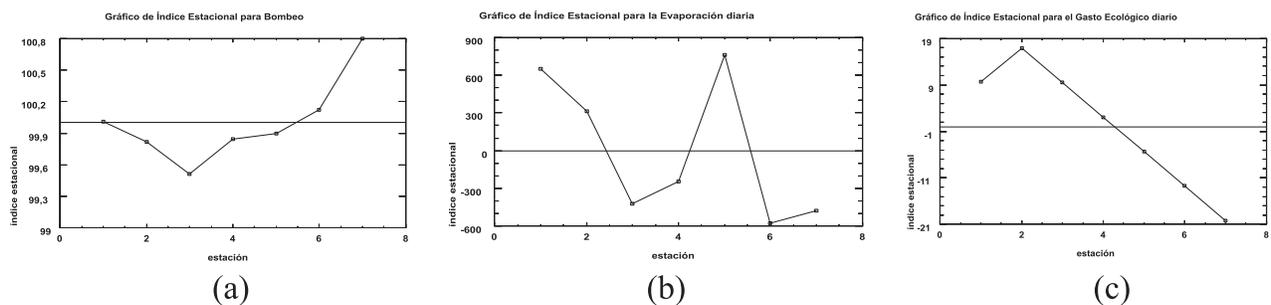


Figura 2: Índices estacionales para las series diarias: (a) gasto de bombeo, (b) gasto ecológico y (c) evaporación.





fase consiste en calibrar y validar un modelo con los aportes netos mensuales al embalse, durante el periodo antes mencionado. La serie de datos mensual consta de 48 observaciones, con una estacionalidad de 12 meses y una tendencia cíclica e irregular. Para probar los modelos se estimaron los valores del mes de enero de 2009. Los modelos de pronóstico de las series diaria y mensual emplean los años: 2005-2006 para el entrenamiento, 2007-2008 para la validación y enero de 2009 para la prueba.

Modelo RNA

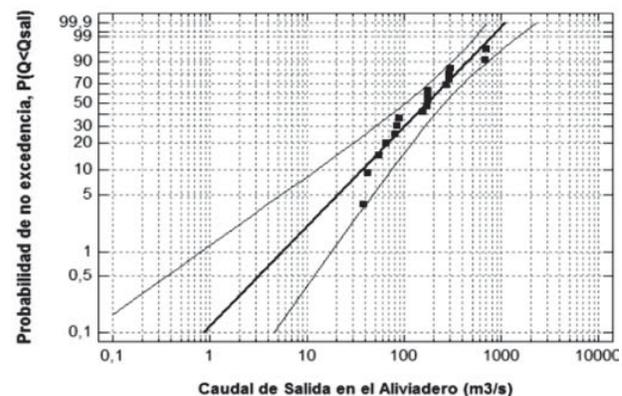
El modelo de RNA desarrollado, consiste de tres capas: una de entrada, una oculta y una de salida. Los datos de entrada al modelo están constituidos por cuatro variables: volúmenes diarios de evaporación, gasto ecológico, gasto de alivio y caudal de bombeo; los datos de salida, por el volumen de aporte neto al embalse. Se emplean dos series de tiempo: una diaria y una mensual. En la primera se usan, con fines exploratorios, los siguientes periodos para llevar a cabo la modelación: RNA (1): 1983-2009, RNA (2): 2005-2009 y RNA (3): 2008-2009; en la segunda fase, con base en los resultados de la modelación de la serie diaria, se emplea el período 2005-2009. El conjunto de datos entrada/salida fue normalizado para obtener media cero y varianza 1 (0, 1). Se empleó una arquitectura RNA de 4-N-1, donde el número de neuronas ocultas N de 20, es el que proporciona el mínimo error de entrenamiento; es decir, el modelo es (4-20-1). Se usa como algoritmo de entrenamiento de propagación hacia atrás, el de Levensberg Marquardt. Aplicando el paquete informático MATLAB, se dividen aleatoriamente los vectores de entrada y salida en tres conjuntos: 60% para entrenamiento, 20% para validar que la red sea una generalización y detener el entrenamiento; el 20% restante se usa como una prueba completamente independiente de la generalización de la red.

Modelo Determinístico

Se emplean los siguientes modelos programados en el software HEC-HMS, para modelar el proceso lluvia-escorrentía: pérdidas del SCS-US, Muskingum-Cunge para efectuar tránsito por el cauce y se aplica tránsito por el embalse para obtener los hidrogramas de salida en el aliviadero de descarga libre. Los modelos son alimentados con las características morfológicas de la cuenca y de la red de drenaje hacia el embalse, obtenidos mediante la aplicación en HEC-GeoHMS. Se emplean tormentas sintéticas de 3 y 6 h de duración, generadas con el modelo estocástico propuesto por Guevara (2002). La intensidad y duración de las tormentas han sido validadas con un pluviógrafo automatizado, instalado en el año 2008 en la cuenca del río Chirgua; una de las que desemboca al embalse. Se generaron crecientes para

periodos de retorno de 5, 10 y 50 años, correspondientes a las duraciones indicadas y a las cuencas de los tres principales ríos afluentes al embalse: Chirgua, Paito y Pirapira. Basado en la tendencia observada en la Figura 1(a), se emplea la condición de embalse inicial a capacidad plena para el cálculo de los gastos de salida en el aliviadero, siguiendo el método de tránsito en el embalse propuesto por Guevara (2002) y utilizando las tormentas sintéticas antes mencionadas, como caudales de entrada provenientes de los ríos afluentes al embalse. Los gastos máximos de salida, obtenidos por este método (Tabla 3. Caudal de Salida vs Caudal de Diseño del Aliviadero), son ajustados a la distribución de Weibull (Figura 3. Gráfica de Weibull para caudales máximos de salida en el aliviadero del embalse Pao-Cachinche), con el propósito de realizar estimaciones para eventos de otros periodos de retorno y se comparan los gastos máximos de salida con la máxima capacidad de descarga del aliviadero.

Figura 3: Gráfica de Weibull para caudales máximos de salida en el aliviadero del embalse Pao-Cachinche.



Discusión de Resultados

En la Tabla 1, sobre la calidad del ajuste de modelos para datos diarios, se muestran los resultados de los ajustes obtenidos con el modelo estocástico y el RNA para la estimación del aporte neto diario, donde se observa que en la fase de entrenamiento se obtienen los siguientes R2: ARIMA: 0.57, RNA (1): 0.15, RNA (2): 0.55 y RNA (3): 0.72; el error medio absoluto del modelo ARIMA es de 3.8×10^5 , mientras que para los modelos RNA(1), RNA(2) y RNA(3) son, en las fases de entrenamiento, validación y prueba, iguales a 0.0024, 0.0066 y 0.0065, respectivamente. La fase de validación arroja los siguientes R2: ARIMA: 0.56, RNA (1): 0.16, RNA (2): 0.40 y RNA (3): 0.67; con un error medio absoluto de 3.3×10^5 para el ARIMA. En la etapa de prueba, se obtienen los siguientes ajustes para R2: ARIMA: 0.18, RNA (1): 0.12, RNA (2): 0.52 para el y 0.68 para el RNA (3), siendo el error medio absoluto del modelo ARIMA de 1.34×10^5 . Con base en los resultados



arrojados por los modelos, se puede afirmar que el ajuste alcanzado por el modelo RNA (3) resulta el más satisfactorio ya que R^2 es ligeramente menor a 0.70, (Gutiérrez y De la Vara, 2004), en el entrenamiento, validación y prueba, con errores medios absolutos del orden de 10-3; mientras que para el modelo ARIMA, R^2 es de alrededor de 0.50, con errores medios absolutos del orden de 10⁵. Los resultados del ajuste del modelo RNA (1) se deben al cambio del régimen de caudales del río Paito en el año 2004. El modelo RNA incrementa el ajuste debido a la baja variación de los valores en la serie de tiempo para ese periodo.

Modelo	R	R ²	Error Medio Absoluto
Entrenamiento/Calibración			
ARIMA(2,0,2)x(2,0,0)3	0.7541	0.5687	3.8E5
RNA(1): 4-20-1	0.3929	0.1544	0.00236
RNA(2): 4-20-1	0.7420	0.5505	0.00655
RNA(3): 4-20-1	0.8471	0.7175	0.00648
Validación			
ARIMA(2,0,2)x(2,0,0)3	0.7493	0.5615	3.3E5
RNA(1): 4-20-1	0.4017	0.1614	0.00236
RNA(2): 4-20-1	0.6293	0.3960	0.00655
RNA(3): 4-20-1	0.8107	0.6735	0.00648
Pronóstico/Prueba			
ARIMA(2,0,2)x(2,0,0)3	0.1359	0.1848	1.34E5
RNA(1): 4-20-1	0.3519	0.1238	0.00236
RNA(2): 4-20-1	0.7230	0.5228	0.00655
RNA(3): 4-20-1	0.8217	0.6753	0.00648

En la Tabla 2, sobre la calidad del ajuste de modelos de serie mensual, se muestran los resultados de la calidad del ajuste de los modelos ARIMA y RNA, empleando como datos de entrada los aportes netos mensuales al embalse, durante el periodo 2005-2009; se observa que el ajuste del modelo RNA es satisfactorio ya que, aunque se obtiene un R^2 de 0.68 (cerca a 0.70) en el entrenamiento, validación y prueba, no supera al modelo ARIMA, con el cual se obtiene un R^2 de 0.55; los errores medios absolutos son del orden de 10⁶-10⁷ para el modelo ARIMA y de 10⁻³ para el RNA (2).

En general, el ajuste logrado con los modelos de serie mensual es mayor que con los modelos de serie diaria, por la poca variación de los datos de entrada. La escogencia se debe a: 1) en 2001 se redujeron 22 millones de metros cúbicos en el embalse por la realización de una batimetría y 2) en 2004 se desvía el río Cabriales hacia el río Paito, aumentando el aporte al embalse. En la Tabla 3: Caudal de Salida vs Caudal de Diseño del Aliviadero, se indican los gastos máximos de salida obtenidos con el modelo determinístico para periodos de retorno (T_r) y duraciones (D) en horas, donde se observa que los mayores gastos de salida encontrados corresponden a la cuenca del río Paito para $T_r=50$ años y no superan la

capacidad máxima de descarga para la cual fue diseñado el aliviadero del embalse, 697 m³/s < 760 m³/s.

Tabla 2: Calidad de ajuste modelos serie mensual.

Modelo	R	R ²	Error Medio Absoluto
Entrenamiento/Calibración			
ARIMA(0,0,1)x(2,0,1)6	0,7960	0,6336	9,72E6
RNA(2): 4-20-1	0,9890	0,9781	0,00270
Validación			
ARIMA(0,0,1)x(2,0,1)6	0,7343	0,5393	1,38E7
RNA(2): 4-20-1	0,8040	0,6464	0,00270
Pronóstico/Prueba			
ARIMA(0,0,1)x(2,0,1)6	0,6960	0,4845	3,83E7
RNA(2): 4-20-1	0,6724	0,4522	0,00270

Tabla 3: Caudal de salida vs Caudal de diseño del aliviadero.

Río	T _r año	D h	Q _{sal max} m ³ /s	Q _{diseño max} m ³ /s
Chirgua	5	3	81,01	760
Chirgua	10	3	175,79	760
Chirgua	50	3	291,40	760
Chirgua	5	6	170,49	760
Chirgua	10	6	291,40	760
Chirgua	50	6	294,11	760
Paito	5	3	63,83	760
Paito	10	3	153,04	760
Paito	50	3	697,78	760
Paito	5	6	172,41	760
Paito	10	6	267,45	760
Paito	50	6	675,06	760
Pira Pira	5	3	37,78	760
Pira Pira	10	3	83,93	760
Pira Pira	50	3	87,93	760
Pira Pira	5	6	41,98	760
Pira Pira	10	6	53,96	760
Pira Pira	50	6	172,41	760

Conclusiones y recomendaciones

Se encontró que los modelos de RNA se ajustan satisfactoriamente a los aportes netos al embalse Pao Cachinche y superan al modelo de pronóstico ARIMA. Se encontró que los gastos máximos de crecientes, con periodos de retorno de 50 años y probabilidades de excedencia de 2%, no superan la capacidad de alivio del embalse. Se recomienda modelar escenarios de aporte simultáneo de las cuencas.

Agradecimientos

La investigación se desarrolló en el Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales (CIHAM-UC), con apoyo financiero del Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad de Carabobo y el Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e



Investigación (FONACIT). La información hidrológica fue suministrada por HIDROCENTRO, C.A.

Referencias

- Eberhart, R.C. y Dobbins, R.W. (1990). Neural Network PC Tool: A Practical Guide, Academic Press, Inc.
- Guevara, E. Cartaya H. (2004). Hidrología Ambiental. Universidad de Carabobo. Venezuela.
- Gutiérrez, H., De la Vara, R., (2004). Análisis y Diseño de Experimentos. Mc Graw Hill. México.
- Simonovic, S. P. (1992), Reservoir system analysis: Closing the gap between theory and practice, J. Water Resour. Plann. Manag. 118(3), 262–280.
- Yeh, W., W.-G. (1985), Reservoir management and operation models: A state of the art review, Water Resour. Res. 21(12), 1797–1818.



Controlador adaptativo tipo programador de ganancia con sistema supervisorio para la regulación del nivel en un tanque esférico

Aída R. Pérez R., Antonieta A. De Conno C. y Álvaro D. Enríquez P.¹

¹Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Departamento de Sistemas y Automática.

aperezr@uc.edu.ve, a_deconno@yahoo.com, alvaropanzera@yahoo.es

Resumen

En este trabajo se realiza el control de nivel en un tanque esférico utilizando un algoritmo proporcional-integral (PI) adaptativo tipo programador de ganancia, implementado con un autómata programable. Para ello, se obtuvo la curva de ganancia del proceso, se determinó la ley de control y se aplicó el método de oscilaciones continuas de Ziegler-Nichols en lazo cerrado. Se determinaron las curvas polinómicas para representar la forma en cómo deben variar los parámetros de control. Se obtuvo una ley de control proporcional-integral (PI) adaptativa con acción inversa, para cualquier punto de ajuste entre 1 cm y 28 cm. La variable manipulada fue el caudal de entrada al tanque, suministrado por una bomba centrífuga con falla cerrada. El controlador permitió seguir los cambios del nivel del tanque, reflejado en un error máximo de 3,4% para los extremos del tanque (1 cm y 28 cm), y en un error de máximo de 1,78% para los demás puntos de ajustes. Se diseñó una interfaz de visualización con un sistema supervisorio, que permitió verificar la regulación del nivel y la respuesta del controlador.

Palabras clave: control adaptativo, tanque esférico, nivel, ganancia no lineal.

Adaptative controller type programmer of gain with supervisory system for regulation of level in spherical tank

Abstract

In this work control of level in a spherical tank is performed using adaptative proportional-integral (PI), algorithm type programmer of gain, and it is applied with a programmable automaton. For this work, process gain curve was done, control law was determined and continuous oscillations method of Ziegler and Nichols was applied. Polynomials curves were calculated in order to represent the way of variation of control parameters. An adaptative proportional-integral (PI) control law with reverse action was get, for any set point between 1cm and 28 cm. Manipulated variable was input flow for tank, supplied for a centrifugal pump with close fault. Controller followed changes of level in the tank, getting one maximum error of 3,4% in extreme of tank (1 cm and 28 cm), and one maximum error of 1,78% for others set points. One display interface was designed with a supervisory system; this interface allowed verifying regulation of level and the behavior of controller.

Key words: adaptative control, spherical tank, level, not-linear gain.

Introducción

Una de las variables más comunes a controlar en un proceso industrial lo constituye el nivel en tanques, siendo los más utilizados los rectangulares y los esféricos. En los tanques esféricos, su sección transversal cambia con la altura del líquido dentro del tanque, ocasionando cambios en la ganancia total del proceso respecto a diferenciales de nivel en cualquier punto del rango (Buoio y Piña, 1996). En la mayoría de los casos se trata de compensar la variación de esa ganancia, mediante colocación de válvulas adecuadas. Cuando esta compensación no es suficiente, se necesitan efectuar cambios constantemente a los parámetros del controlador a fines de lograr la regulación requerida (Astróm & Wittenmark, 1995). Se plantea entonces la aplicación de un sistema de control adaptativo utilizando un controlador lógico programable (PLC: Programmable Logic Controller), donde se puedan variar la ganancia proporcional y el tiempo integral del controlador, a lo largo del recorrido de la variable logrando ejercer un control adecuado para cualquier valor de punto de ajuste dentro del rango de la variable así como también

para cambios en la carga mejorando sustancialmente el sistema en lazo cerrado.

Metodología

Método de ganancia última para ajuste de controladores

El método de campo de ganancia última o de período final para ajustar controladores utiliza pruebas de circuito cerrado, también es llamado Método de Ziegler y Nichols para ajuste de línea. El primer paso de este método consiste en obtener datos del proceso y los de la respuesta dinámica del sistema de control en circuito cerrado (Creus, 1997). El método de ganancia última se basa en aumentar gradualmente la ganancia proporcional con la velocidad de reajuste y tiempo diferencial en su valor más bajo, a medida que se crean pequeños cambios en el punto de ajuste, hasta que el proceso empieza a oscilar en modo continuo, esta ganancia se denomina ganancia límite o ganancia última (K_u). En función de dicha ganancia límite y del periodo de las oscilaciones, pueden ser determinados los parámetros de ajuste de control: ganancia (K), velocidad de reajuste (T_i') y tiempo derivativo (T_d).



Características del tanque esférico

El tanque esférico a utilizar en este trabajo está realizado en fibra de vidrio, es abierto al ambiente, con una base de hierro. Los diámetros de las tuberías que se conectan con el tanque, son de 15 mm (De Conno y Álvarez, 2007). Tiene una capacidad de 11.4354 litros y un diámetro de 28 cm.

El volumen total del tanque y su perímetro se calcula en función de su radio con las siguientes ecuaciones:

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 \quad (1)$$

$$P = 2\pi r \quad (2)$$

A partir del radio de 14 cm se tiene:

$$V = \frac{4}{3}\pi (14)^3 = 11.435,1 \text{ cm}^3, P = 2\pi (14) = 87,96 \text{ cm}$$

Como 1 litro = 1000 cm³, queda: $V = 11,43 \text{ l}$

Se emplearon también tres sensores capacitivos: dos sensores (nivel mínimo y nivel máximo) para el tanque de reserva n° 1 y uno (nivel máximo) para el tanque de reserva n°2.

Calibración del transmisor de nivel

Para la calibración del transmisor de nivel se hicieron los cálculos de la presión de la columna de líquido detectada por el transmisor para diferentes intervalos de nivel. Se verificó que para un nivel de agua de 0 cm en el tanque el transmisor arrojará un valor de 4 mA; para lograrlo se realizó la supresión del cero, debido a que la base del transmisor se encuentra a 38 cm por debajo del nivel 0 cm del tanque que es conocido como LRV (Lower Range Value) o valor de rango inferior del transmisor. Con respecto a la calibración del Span o alcance, (diferencia algebraica entre el valor superior e inferior del campo de medida de un instrumento, para este caso el transmisor) se determina el valor máximo en pulgadas de agua detectado por el transmisor cuando el tanque esté lleno, tomando como referencia cero la base del transmisor. Cuando el tanque está lleno su nivel de agua es de 28 cm, lo que corresponde a una altura de 66 cm respecto a la base del transmisor, dicho valor es el URV (Upper Range Value) o valor de rango superior del transmisor. Con esta información se determina la presión de la columna de líquido detectada por el transmisor con las siguientes ecuaciones:

$$\Delta P = P_H - P_L = (P_{atm} + G_S \gamma_{H_2O} h) - P_{atm} \quad (3)$$

$$\Delta P = G_S \gamma_{H_2O} h \quad (4)$$

Donde:

G_S : es la gravedad específica del agua igual a 1.

$\gamma_{H_2O} = 1 \frac{\text{grf}}{\text{cm}^3}$: Densidad del agua, $h = 66 \text{ cm}$

A partir de la ecuación 4, la presión de la columna de líquido detectada por el transmisor para el máximo nivel del tanque es:

$$\Delta P = 1 \left(\frac{1 \text{grf}}{\text{cm}^3} \right) 66 \text{ cm} = 66 \frac{\text{grf}}{\text{cm}^2} \frac{1 \text{Kgf}}{1000 \text{grf}} \frac{393,701 \text{''} H_2O}{1 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}} = 25,98 \text{ ''} H_2O$$

Con esta presión diferencial de 25.98''H₂O se obtuvo que para el 100% del nivel, el instrumento alcanzará un valor de 16,88 mA, quedando la calibración del Span en un valor menor a 20 mA. Para la obtención de la curva de calibración del transmisor de nivel, se realizó el llenado y vaciado del tanque. Debido a que las curvas de llenado y vaciado obtenidas fueron idénticas, se muestra solamente la información de llenado (figuras 1-a y 1-b). En las figuras 1-a y 1-b se muestra la curva de calibración: la primera figura es la salida del transmisor en función del nivel del líquido, y la segunda corresponde a la palabra digitalizada en función de la corriente del transmisor. La palabra digitalizada corresponde al valor numérico generado por el conversor analógico-digital en el módulo de entrada del PLC TSX Micro 3722. Dicho módulo recibe el valor de corriente desde el transmisor de presión diferencial y lo convierte en un número digitalizado, expresado en 16 bits.

De las figuras 1-a y 1-b se obtiene la relación matemática que representa el comportamiento de la palabra digitalizada recibida por el PLC en función del nivel (ver Ecuación 5).

$$y = 287.5 x \quad (5)$$

Donde:

y : es una palabra %IW, de 16 bits, correspondiente a una entrada analógica del PLC, convertida a valor digital.

x : es la altura h en centímetros.

Definiendo a y como una palabra digital %IW y x como h se tiene entonces:

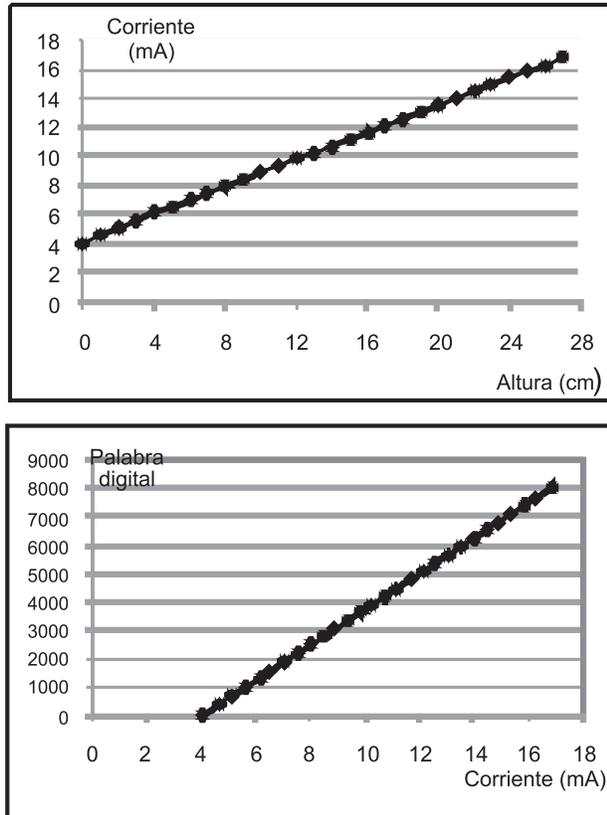
$$\%IW = 287.5 h \quad (6)$$

Determinación de las Entradas y Salidas del Tanque.

La entrada del proceso de llenado del tanque esférico es el caudal volumétrico que permite llenar el tanque (cm³/min). Las salidas del proceso son: el nivel y la descarga del tanque, como caudal volumétrico de salida. La variable controlada será el nivel y la variable manipulada será el caudal volumétrico de entrada

suministrado por una bomba centrífuga. Por limitaciones de equipos, el caudal de salida es contante y se fija por medio de una válvula manual.

Figura 1: a. Curva de calibración del transmisor de nivel. b. Valores de entrada digitalizados en el PLC para la curva de calibración del transmisor.



Curva de Ganancia del Proceso

Para obtener la curva de ganancia del proceso, se siguió el procedimiento descrito por Buio y Piña (1996). Para determinar la ganancia del tanque se utiliza la siguiente expresión descrita por Creus (1997), González (2000) y Wade (1994):

$$K = \frac{\Delta Variable_Controlada}{\Delta Variable_Manipulada} = \frac{\Delta \% Nivel}{\Delta \% Volumen} \tag{7}$$

Donde:

$\Delta Variable_Controlada$: cambio en % del valor final - valor inicial del nivel.

$\Delta Variable_Manipulada$: cambio en % del valor final - valor inicial del volumen.

La ecuación 7 indica que la ganancia del proceso viene dada por el cambio en la variable de salida (nivel), entre el cambio en la variable de entrada, que en este caso es la variable manipulada (volumen) de forma indirecta a través del caudal de entrada. Para cada valor de $h(t)$, en

separaciones de un centímetro, se calculó el volumen y radio interno según las ecuaciones 7, 8 y 9:

$$R(t) = \sqrt{r_o^2 - (h(t) - r_o)^2} \tag{8}$$

$$V(t) = \frac{\pi h(t)(3a^2 + 3b^2 + h(t)^2)}{6} \tag{9}$$

Donde:

a : radio interno inferior (cm), b : radio interno superior (cm)

$h(t)$: altura (cm), r_o : radio de diseño (cm)

$V(t)$: volumen (cm³), $R(t)$: radio interno (cm)

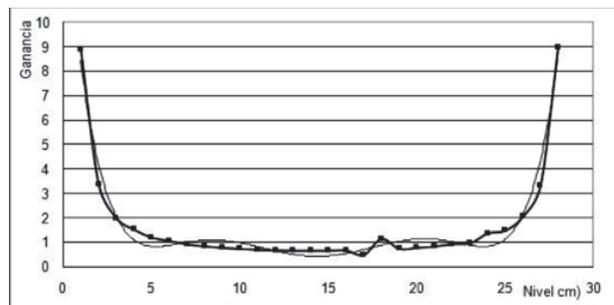
Una vez obtenidos los valores de ganancia para diferentes alturas, se procedió a levantar la curva de ganancia del proceso, la cual se muestra en la figura 2. La ecuación de tendencia del comportamiento de la ganancia del proceso con respecto a la figura 2 es:

$$Y = 0,000005X^6 - 0,000417X^5 + 0,014212X^4 - 0,240549X^3 + 2,107803X^2 - 9,005703X + 15,579491 \tag{10}$$

Donde

Y : ganancia adimensional (K), X : altura en centímetros (h)

Figura 2: Ganancia real del tanque esférico.



Denominando a K como ganancia y h como la altura, queda entonces:

$$K = 0,000005h^6 - 0,000417h^5 + 0,014212h^4 - 0,240549h^3 + 2,107803h^2 - 9,005703h + 15,579491 \tag{11}$$

En las ecuaciones 10 y 11 se aprecia que la tendencia polinómica que mejor representa a la ganancia del proceso es un polinomio de sexto orden, esto refleja la necesidad de un controlador cuya ganancia sea no lineal y cambiante a medida que varíe el punto de control.

Acción del Controlador

La acción del controlador es inversa, de manera que cuando el nivel disminuye, para aumentarlo el flujo



de entrada al tanque debe aumentar, y se usa un elemento final de control de falla cerrada. El elemento final de control (bomba centrífuga) es de falla cerrada, para evitar que el tanque se desborde cuando no exista regulación.

Determinación de la Ley de Control

La ley de control se basó en un algoritmo con acciones proporcional e integral (PI), no se agregó acción derivativa debido a que ésta acción introduce ruido al sistema definido como proceso de ganancia rápida (Wade, 1994). Para determinar los parámetros del controlador, se aplicó el método de ganancia última de Ziegler-Nichols en lazo cerrado, explicado en la sección 2.1. El ajuste de los coeficientes se efectuó de acuerdo a las formulas presentadas en la Tabla 1, indicadas por Wade (1994).

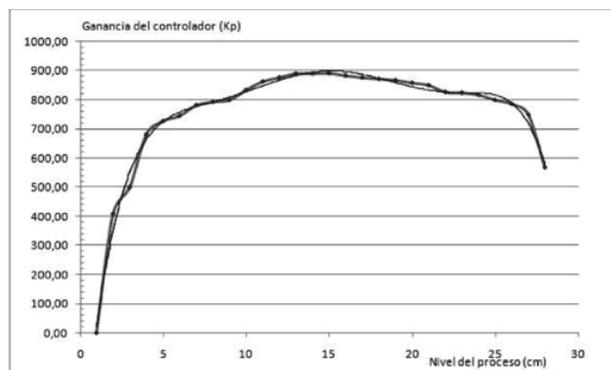
Tabla 1: Ajustes de los parámetros PID en función de la ganancia última (Ku) y periodo último (Tu)

	Kp	Ti	Td
PI	Ku/2,22	0,83*Tu	No aplica

Luego de aplicar el método de Ziegler Nichols con las fórmulas adecuadas, se obtuvieron los valores para los parámetros de un controlador proporcional-integral, Kp y 1/Ti, los cuales se fueron ajustando empíricamente, para finalmente graficarlos.

La figura 3 muestra el comportamiento de la ganancia (Kp) en función del nivel.

Figura 3: Ganancia del controlador (Kp) en función del nivel.



La ecuación que representa la línea de tendencia de figura 3 es la siguiente:

$$Y = -0,00245X^6 + 0,020701X^5 - 0,682787X^4 + 11,106982X^3 - 94,149198X^2 + 413,836514X + 20,808513 \quad (12)$$

Donde:

Y : ganancia del controlador y X : altura.

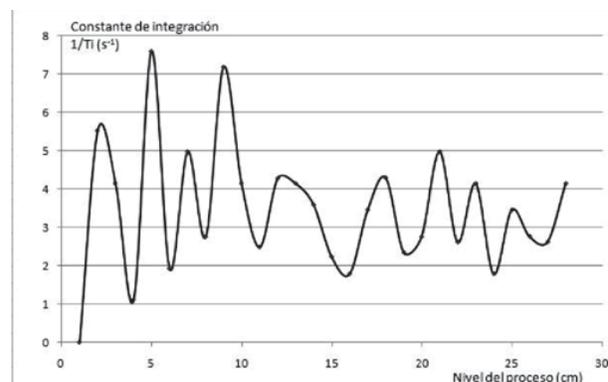
Denominando a Kp (adimensional) como ganancia del controlador y h (centímetros) como la altura, queda entonces:

$$Kp = -0,00245 h^6 + 0,020701 h^5 - 0,682787 h^4 + 11,106982 h^3 - 94,149198 h^2 + 413,836514 h + 20,808513 \quad (13)$$

En la ecuación 13 se aprecia que la tendencia que mejor representa a la ganancia del controlador es un polinomio de sexto orden.

Para el caso la constante de integración se graficaron los valores de 1/Ti, en función del nivel, la curva se muestra en la figura 4. A partir de la figura 4, se observa una tendencia altamente no lineal, lo que dificulta encontrar una sola tendencia matemática que represente la variación del parámetro 1/Ti en función del nivel. Por lo tanto, se dividió la curva en varios segmentos donde se pudiera determinar una expresión matemática para cada intervalo.

Figura 4: Valores de la constante de integración (1/Ti) en función del nivel.



En la Tabla 2 se especifican todas las tendencias matemáticas de la constante de integración (1/Ti) expresada en s⁻¹, para cada intervalo de punto de ajuste, expresado en centímetros.

Tabla 2: Expresiones matemáticas de la constante de integración (1/Ti).

Rango de Nivel (cm)	Ecuación de constante de integración 1/Ti (s ⁻¹)
0 < h = 3	1/Ti = -0,83h ² + 1,11h + 5,25
3 < h = 7	1/Ti = -2,331h ³ + 39,33h ² - 217,4h + 397,2
7 < h = 11	1/Ti = 0,345h ³ - 8,625h ² + 68,720h - 167,210
11 < h = 14	1/Ti = -0,395h ² + 9,315h - 50,750
14 < h = 17	1/Ti = -0,415h ² + 14,53h - 122,8
17 < h = 21	1/Ti = -1,065h ³ + 61,610h ² - 1,185,405h + 7,589,080
21 < h = 23	1/Ti = -1,945h ² + 85,165h - 928,100
23 < h = 28	1/Ti = -0,109h ⁴ + 11,29h ³ - 438,2h ² + 7541h - 48553

Interfaz de visualización con un sistema supervisorio

Se realizó el diseño de cuatro pantallas por medio de un sistema supervisorio comercial con licencia denominado PCIM. Estas pantallas permiten visualizar

el proceso de llenado del tanque, obtener curvas de la variable controlada y del controlador, realizar cambios del punto de ajuste y del controlador, realizar cambios del punto de ajuste del nivel en tiempo real, así como monitorear las alarmas y tomar decisiones en cuanto al estado de las variables involucradas en el proceso. En la figura 5 se presenta la pantalla principal de la interfaz de visualización diseñada.

Resultados

Luego de aplicar el algoritmo con el PLC, se hicieron las pruebas del punto de ajuste y cálculo del error. Para los diferentes puntos de ajuste, se obtuvieron respuestas donde el controlador pudo seguir el punto de ajuste con un error máximo menor al 4%. Debido al hecho de tener una descarga manual, cuando el nivel final sobrepasa el punto de ajuste, queda siempre un error positivo que sólo puede eliminarse abriendo más la descarga del tanque, ya que la acción de la bomba es sólo para el llenado del tanque. Para el cálculo del error se utilizó la ecuación 14, ya que es un proceso de acción inversa:

$$e_{\%} = \frac{SP - VP}{Span} 100 \tag{13}$$

Donde:

VP: variable de proceso (nivel), SP: punto de ajuste.

Span : rango de operación. El Span = 28 cm.

En la determinación del error se varió el punto de ajuste de manera que se pudiera observar para diferentes niveles la respuesta del sistema de control. En la Tabla 3 se muestra el error porcentual del punto de ajuste donde el máximo es 3.57%. En los extremos (1cm y 28 cm) el error es mayor, ya que por ser el sistema de ganancia rápida, la respuesta del controlador es limitada para lograr un caudal de entrada que mantenga el punto de regulación cuando el tanque tiene muy poco líquido (h=1cm) o cuando está casi lleno (h cercano a 28 cm).

Conclusiones

Se logró identificar el proceso de llenado del tanque esférico estudiado como un sistema de ganancia rápida. La ecuación de tendencia del comportamiento de la ganancia resultó un polinomio de sexto orden; indicando con ello la característica altamente no lineal del nivel, requiriendo entonces un controlador adaptativo. Al aplicar el método de Ziegler-Nichols se obtuvo la ganancia del controlador, dando como resultado un polinomio de

Figura 5: Pantalla principal de la interfaz de visualización.

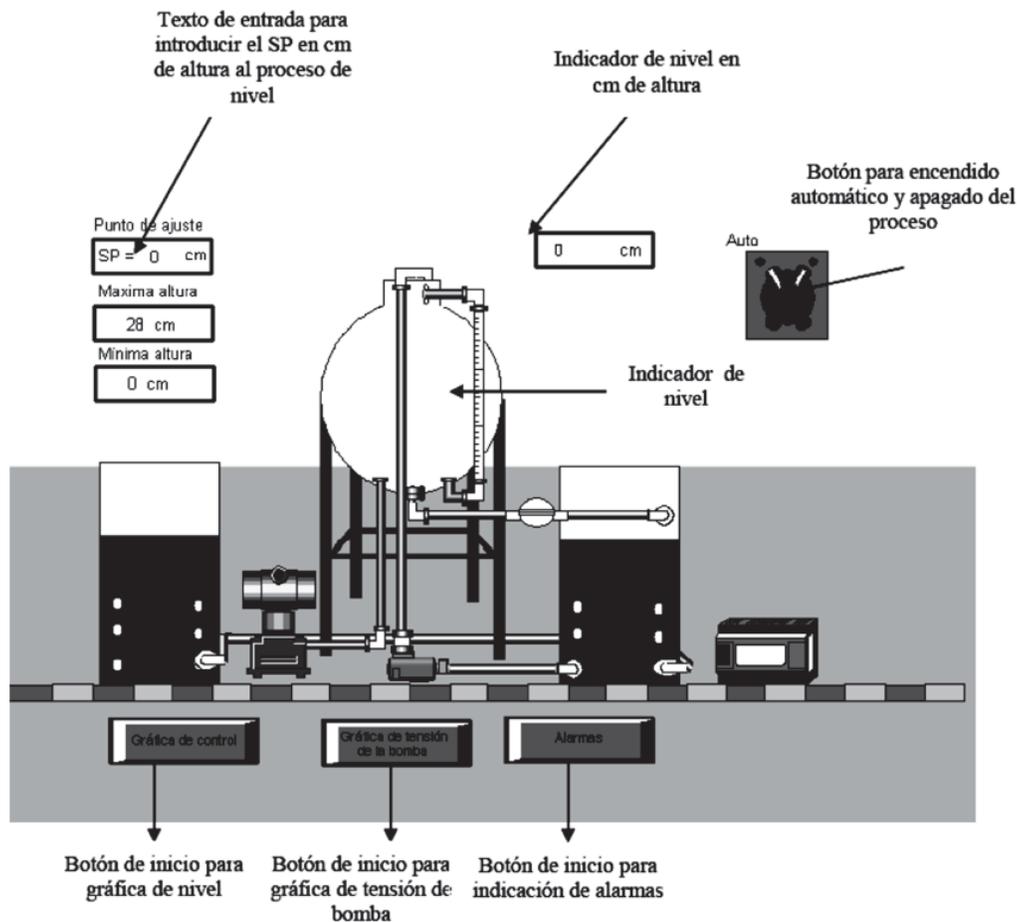




Tabla 3: Error porcentual del punto de ajuste.

Punto de Ajuste (cm)	Salida (cm)	Error (%)	Punto de Ajuste (cm)	Salida (cm)	Error (%)	Punto de Ajuste (cm)	Salida (cm)	Error (%)
1	2,0	-3,57	11	11,0	0,00	21	21,0	0,00
2	2,2	-0,71	12	11,6	1,42	22	21,9	0,35
3	3,3	-1,07	13	12,7	1,07	23	22,8	0,71
4	4,0	0,00	14	14,0	0,00	24	24,0	0,00
5	5,0	0,00	15	14,5	1,78	25	25,0	0,00
6	6,0	0,00	16	16,0	0,00	26	25,9	0,35
7	7,0	0,00	17	16,9	0,35	27	27,0	0,00
8	8,0	0,00	18	17,5	-1,78	28	28,9	-3,21
9	8,6	1,42	19	18,4	1,42	--	--	--
10	9,8	-0,71	20	19,5	1,78	--	--	--

sexto orden, con esto se logró compensación entre la curva de ganancia del proceso y la curva de ganancia del controlador. La variación de la constante de integración ($1/T_i$) en función del nivel se realizó dividiendo la curva en segmentos, obteniéndose polinomios de orden 2, 3 y 4. A partir de las ecuaciones obtenidas para la variación de la ganancia proporcional y el tiempo integral, se realizó el control del nivel mediante un algoritmo PI adaptativo de tipo programador de ganancia. Los puntos críticos para el cálculo del error se encuentran en los extremos inmediatos del tanque con un error porcentual aproximado de 3.4%, para el resto del proceso el error porcentual estuvo en el rango de 0.00% a 1.78%, con un error promedio de 0.78%.

5. González, N. (2000). Manual de Instrumentación Industrial. Valencia-Venezuela: Escuela de Ingeniería Eléctrica. Universidad de Carabobo..
6. Wade, H. (1994). Regulatory and Advanced Regulatory Control System Development. United States of America: Instrument Society of America.

Referencias

1. Astróm, K. & Wittenmark, B. (1995): Adaptative Control. 2nd ed. United States of America: Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
2. Buoio, D. y Piña, N. (1996). Rediseño de la planta de nivel SLC-100 del Laboratorio de Control de la Universidad de Carabobo. Trabajo Especial de Grado. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Universidad de Carabobo. Valencia- Venezuela.
3. Creus, A. (1997). Instrumentación Industrial. 6ª Ed. México, D.F.: Global Ediciones, S.A. Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.
4. De Conno, A. y Enríquez, A. (2007). Diseño e implementación de un control adaptativo para un tanque esférico utilizando un autómata programable. Trabajo Especial de Grado. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Universidad de Carabobo. Valencia- Venezuela.



Evaluación de la vida útil en una herramienta de corte en el mecanizado de piezas en bronce fosforoso

Luís F. Sidorovas, Rayner Godoy, Argenis Maza

Departamento de Materiales y Procesos de Fabricación, Cátedra Procesos de Fabricación II
lsidoro@uc.edu.ve

Resumen

En el presente trabajo de investigación se evaluó la vida útil de una herramienta de corte de Acero Extra Rápido (HSS), mediante una operación de cilindrado externo, este proceso consistió en el mecanizado de un material específico (Bronce Fosforoso), seguido por la respectiva medición del desgaste de flanco, considerando un criterio de desgaste para filo de herramienta de 0,3 mm, al alcanzar el criterio establecido, se determinó la vida útil de la herramienta, lo que conllevó a realizar una operación de reafilado. Sin embargo se tomó la consideración de disminuir el criterio de desgaste a 0,17 mm, debido a que el costo del material no era sustentable porque la vida útil de la herramienta de corte para un Desgaste de Flanco (VB) igual a 0,3 mm era muy prolongada, el objetivo de la investigación es evaluar la vida útil de una herramienta de corte al mecanizar piezas en bronce fosforoso, esto se logra mediante la aplicación de la ecuación de Taylor, tomando los datos experimentales obtenidos de los ensayos. Al culminar y analizar los resultados, se obtuvo que para valores mayores de velocidades, avances y profundidades la vida útil de la herramienta de corte disminuyó proporcionalmente, mientras que para valores menores de estas variables, la vida útil de la herramienta de corte conservó los mayores tiempos de operación.

Palabras Clave: Desgaste, Vida Útil, Mecanizado, Herramientas de Corte.

Evaluation of the lifetime of a cutting tool in machining of parts of phosphor bronze

Abstract

In the present investigation evaluated the life of a cutting tool Extra Speed Steel (HSS), through an external turning operation, this process consisted of machining a specific material (phosphor bronze), followed by respective flank wear measurement, considering a sharp criterion for tool wear of 0,3 mm, to achieve the set criteria, it was determined the lifetime of the tool, which led perform a dressing. However, it took the consideration of reducing the wear criterion to 0.17 mm, because the cost of the material was not sustainable because the life of the cutting tool for a flank wear (VB) equal to 0.3 mm was very long, the research objective is to assess the life of a cutting tool when machining phosphor bronze pieces, this is achieved by applying Taylor's equation, taking the experimental data obtained from the tests. To complete and analyze the results, it was found that for higher values of speed, progress and life deep cutting tool decreased proportionally, while for lower values of these variables, the life of the cutting tool remained the largest operating times.

Key words: Wear, Lifetime, Machining, Cutting Tools.

Introducción

La utilización racional de los recursos es una condición indispensable de cualquier proceso productivo en la economía contemporánea global, actualmente en los procesos de fabricación por arranque de virutas el estudio científico del maquinado se ha centrado en lograr procesos que sean cada vez más eficientes, con menores tiempos de fabricación y bajo costo. Se evidencia la siguiente situación problemática, la selección de los parámetros de corte se basa en el uso de tablas o manuales especializados, los cuales ofrecen valores de tanteo, que no se adecuan siempre a las variadas condiciones de trabajo.

El presente trabajo se desarrolló con la finalidad de evaluar la influencia de la vida útil en una herramienta de corte cuando se mecanizan piezas de bronce fosforoso; el proceso experimental se realizó estudiando el desgaste de la herramienta de corte en el proceso de mecanizado, el cual depende de muchas variables como: máquina-herramienta, pieza de trabajo, herramienta de corte,

geometría de la herramienta, condiciones de corte, operario y otras.

Los fabricantes de herramientas de corte plantean que el gasto de herramientas es sólo una pequeña fracción del costo total de fabricación, lo cual es cierto si la máquina herramienta ocupa toda la jornada laboral, pero si los salarios y electricidad son altos, comparados con el precio de las herramientas de corte, entonces el costo de las herramientas es tan importante (Sandvik, 1994).

La evaluación analítica se realizó con el modelo de Ecuación Simple de Taylor, esto con la idea de comparar la evaluación experimental realizada con el modelo teórico y establecer la relación existente.

Metodología

Tipo de investigación

Es de tipo descriptiva y experimental. Según Grajales la investigación descriptiva, es aquella que trabaja sobre realidades de hecho y su característica fundamental es la de presentar una interpretación correcta.

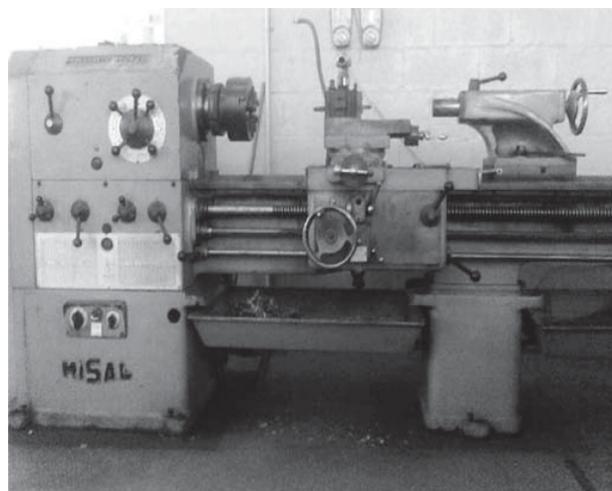


Mientras que la experimental consiste en la manipulación de una o más variables experimentales no comprobadas, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular. El diseño de investigación experimental es netamente explicativo, por cuanto su propósito es demostrar que los cambios en la variable dependiente fueron causados por la variable independiente. Es decir, se pretende establecer con precisión una relación causa-efecto. (Grajales, 2000).

La parte de recolección de datos experimentales se desarrolló en el laboratorio de procesos de fabricación y manufactura en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo utilizando un torno paralelo, al mecanizar barras de bronce fosforoso, en la cual intervendrán las siguientes variables:

- Avance (f).
- Profundidad de Corte (d).
- Velocidad de Corte (V_c).

Figura 1: Torno MISAL HERON KNI8.



Equipos, Materiales y Herramientas

Equipos

Torno

Los mecanizados se realizaron en un torno paralelo marca “Misal Heron KNI8” como se aprecia en la Figura 1. Posee una longitud de bancada de 3 metros, radio de volteo de 400 mm, velocidades de giro del husillo en

un rango de 50–1200 Revoluciones por minuto (RPM), precisión de posicionamiento de 0,05 mm, un rango de avance que oscilan entre 0,017 mm/Rev hasta 1,4 mm/Rev, Un diámetro mínimo por garra de 3 mm, diámetro con garras abiertas de 250 mm, diámetro sin bancada de hasta 560 mm, diámetro interno del mandril de 50,8 mm y una potencia del motor de 3 Caballos de Fuerza (HP).

Perfilómetro

Se observó y midió el desgaste de la herramienta, el perfilómetro disponible es marca Mitotuyo, modelo PJ 2500. Con un aumento de 10- 50 veces (10X y 50X), máxima longitud de pieza 123,5 mm, rango de θ de $\pm 360^\circ$, rango en XY 50 x 50 mm. (Ver Figura 2).

Figura 2: Perfilómetro Mitotuyo PJ-2500.



El Material (Bronce Fosforoso)

Se utilizaron 12 barras de bronce fosforoso de 3 pulgadas diámetro por 16 pulgadas de largo (3x16”). En la siguiente tabla 1 ver propiedades y composición química del material utilizado

Herramienta de Corte

La herramienta de corte a utilizar en el desarrollo de los ensayos será de acero rápido (HSS) marca L&W Tools, 1/2x6 Pulgadas; poseerá una geometría fija; se usaran los ángulos recomendados, como son: Angulo de

Tabla 1: Composición Química y Propiedades Mecánicas del Material Utilizado.

Material	Composición Química (%)				Resistencia a la Tracción (Kg/mm ²)	Alargamiento (%)	Dureza Brinell
	Cu	Sn	Pb	Zn			
Rangos	84-86	4-6	4-6	4-6			
Bronce Fosforoso	85,5	5,0	4,5	5,0	21	18	60

Fuente: Certificado de Calidad Bronce Fosforoso SAE 40. [Empresa Inversiones FASBBRO]



incidencia, Alpha ($\alpha=5^\circ$), Angulo de Talla o de Filo Beta ($\beta=73^\circ$) y Angulo de Ataque Gamma ($\gamma = 12^\circ$) (Casillas 1998)

Operación de cilindrado del material

En función de las referencias bibliográficas, se seleccionaron los valores iniciales de los parámetros de corte para la evaluación de la vida útil de la herramienta de corte, para el mecanizado de bronce fosforoso, con estos valores ($V = 40$ m/min, $d = 2,5$ mm y $f = 0,03$ mm/rev). (Pollack, 1987)

Se realizó el cilindrado con el fin de evaluar el desgaste de flanco de la herramienta de corte, el proceso consistió en torneando durante intervalos de 10 minutos y desmontar la herramienta para la medición del desgaste de flanco (VB) en el perfilometro. Esto se hizo tantas veces como fue necesario hasta alcanzar el criterio de desgaste seleccionado. Para obtener la totalidad de los ensayos se procedió a dividir las nueve (9) barras para cada nivel de prueba, como ejemplo para el nivel comprendido por el conjunto de velocidades (V_1, V_2, V_3) combinados con los parámetros de avance y profundidades (f_1, d_1) establecidos en este nivel.

Selección de parámetros en el proceso de torneado

Los parámetros se establecieron tomando en cuenta las limitaciones del torno y valores recomendados en la bibliografía.

Las variables seleccionadas son las siguientes: Velocidad d de Corte (V_c), Avance (f) y profundidad de corte (d). Se tomaron tres valores distintos para cada variable, esto genera una combinación entre estos valores de 27 ensayos.

Avance (f)

Seleccionados por las condiciones referentes al material, limitaciones del torno, características de la herramienta de corte, de las propiedades mecánicas y la disponibilidad de estos parámetros en torno, se escogieron los siguientes valores: $f_1 = 0,08$ mm/rev; $f_2 = 0,12$ mm/rev; y $f_3 = 0,16$ mm/rev. (Casillas 1998)

Velocidad de Corte (V_d)

Estas velocidades se seleccionaron de acuerdo a la dureza a del material, el bronce fosforoso es un material blando, se tomó en cuenta esta característica para asignarle valores por encima de la velocidad recomendada (Pollack, 1.987)

A medida que se cilindró, el diámetro de la pieza iba disminuyendo, por lo cual para mantener la velocidad de corte en un rango promedio de diferencia aceptable se aumentaron los valores de las RPM en el torno para cada pasada, esto para que la velocidad de corte no variara mucho para cada pasada en cada ensayo. Esta operación

se repitió para todas las combinaciones de los ensayos empleados.

Las velocidades elegidas son: $V_1 = 82,75$; $V_2 = 109,76$ y $V_3 = 116,12$ (m/min.)

En la tabla 2 se presentan los Valores de las Variables Utilizadas.

Tabla 2: Valores de las variables utilizadas en los ensayos.

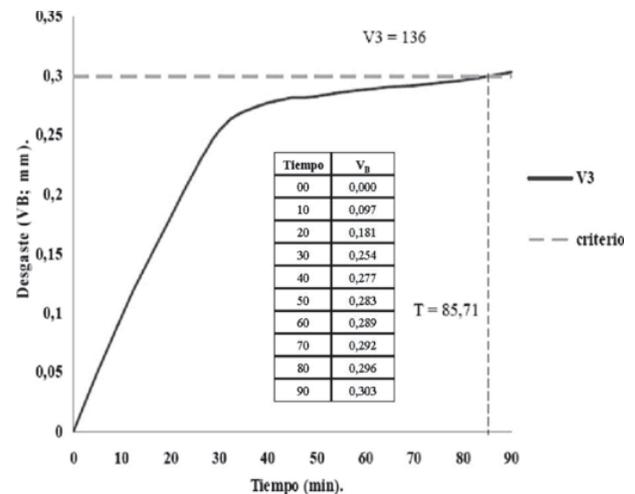
Variables	V_c (m/min.)	f (mm/Rev.)	d (mm)	
Niveles	1	82,75	0,08	1,50
	2	109,76	0,12	2,00
	3	116,12	0,16	2,50

Descripción de los ensayos experimentales para la obtención de los datos

Se realizó un ensayo piloto donde se observó que la vida útil tiene una larga duración de 87,71 minutos (figura 3) utilizando los parámetros más críticos, tomándose esta referencia para disminuir el criterio de desgaste, considerando aspectos económicos y de duración de las pruebas para un desgaste de flanco $V_B = 0.30$ mm. Se estableció un criterio de desgaste menor ($V_B = 0,17$ mm) para realizar las pruebas con el material disponible. (Norma ISO 3685-1993)

Se mecanizaron las barras de bronce fosforoso en el torno por periodos constantes de tiempo de 10 minutos y con los parámetros de corte seleccionados para cada ensayo, los mecanizados se interrumpían para sacar la herramienta de corte y llevarla al perfilometro para observar y medir el respectivo desbaste de flanco. En total se hicieron 27 ensayos de desgaste de flanco obteniendo datos para la tabulación, graficación y realización de los distintos cálculos.

Figura 3: Vida Útil para la herramienta de corte utilizando los parámetros más críticos (incluye Tabla de Valores), con los siguientes parámetros de corte: $f=0,16$ mm/rev, $d= 2,5$ mm y un criterio de desgaste de $V_B = 0,3$ mm.





Medición de desgaste de la herramienta de corte ($V_B = 0,30$ mm).

Se realizaron mecanizados con intervalos de tiempo de 10 minutos para medir el desgaste de flanco hasta superar el criterio de desgaste $V_B=0,17$ mm, después se reafiló la herramienta de corte para continuar con otro ensayo.

Técnica de Procesamiento y Análisis de Datos

Se refiere a las distintas operaciones a las que serán sometidos los datos que se obtengan a fin de alcanzar una representación de los mismos, en este caso se habla de gráficos y tablas.

El procesamiento de datos se realizó mediante gráficos para medir la influencia de cada uno de los valores estudiados en los diferente ensayos; mientras que el análisis se realizó de manera individual y general a través de la interpretación de los gráficos (Ver Figuras 4, 5, 6).

Interpretación de los resultados

Al construir las curvas de flanco en función de la vida útil de la herramienta de corte (V_B vs T) para el criterio de $V_B=0,17$ mm se apreció un comportamiento donde las curvas comienzan con una pendiente inclinada porque el proceso de desgaste es acelerado, después de transcurrir el tiempo de vida útil se suavizan para luego alcanzar el criterio de desgaste, lo cual corresponde al modelo teórico de vida útil de la herramienta de corte.

Se determino experimentalmente la relación inversa de los parámetros de corte con la vida útil (Ver Figuras 4; 5; 6). en la cual a medida que los parámetros de corte fueron incrementándose la vida útil de la herramienta decrece, observándose en las graficas de desgaste-tiempo a diferentes: avances (f), Velocidad de corte (VC) y profundidades (d). Esto se puede relacionar con la obtención de un promedio que garantice un proceso de mecanizado adecuado en cuanto a producción y economía, optimización de procesos y piezas fabricadas con un alto rendimiento en cuanto a la herramienta..

La vida útil de una herramienta de corte de acero rápido (HSS) en el mecanizado de un material bronce fosforoso se representó mediante las graficas de los respectivos ensayos experimentales realizados y existe una proporcionalidad aceptable con respecto al modelo teórico de vida útil (Ecuación Simple de Taylor), para un criterio de desgaste de $V_B=0,17$.

Cuando se incrementa la velocidad de corte y se mantienen los otros parámetros, a medida que transcurre el ensayo experimental el desgaste aumenta y esto trae como consecuencia que se alcance el criterio de falla de manera acelerada, disminuyendo el tiempo de duración del filo de la herramienta de corte.

Figura 4: Vida Útil para la herramienta de corte (incluye Tabla de Valores), utilizando los siguientes parámetros de corte: $f=0,08$ mm/rev, $d=2,5$ mm y un criterio de desgaste de $V_B = 0,17$ mm.

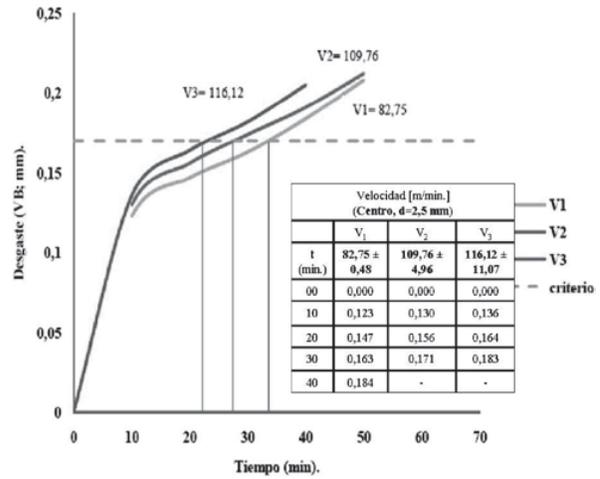


Figura 5: Vida Útil para la herramienta de corte (incluye Tabla de Valores), utilizando los siguientes parámetros de corte: $f=0,12$ mm/rev, $d=2,5$ mm y un criterio de desgaste de $V_B = 0,17$ mm.

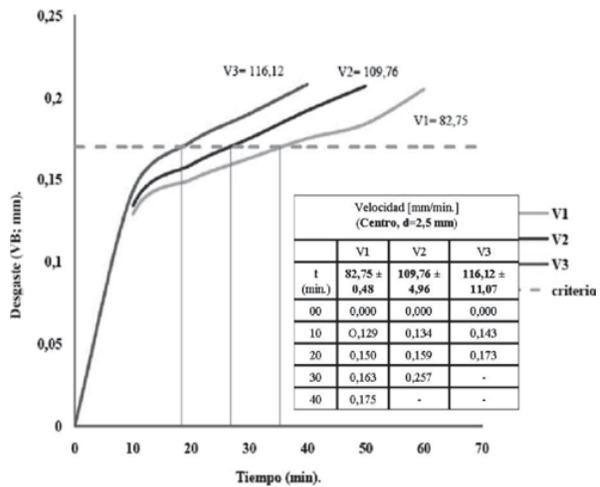
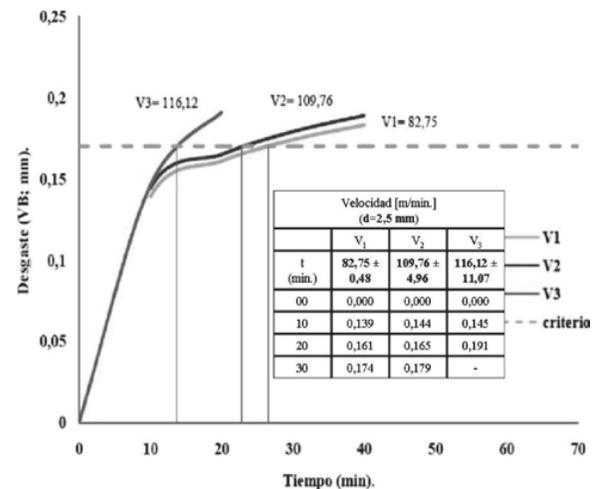


Figura 6: Vida Útil para la herramienta de corte (incluye Tabla de Valores), utilizando los siguientes parámetros de corte: $f=0,16$ mm/rev, $d=2,5$ mm y un criterio de desgaste de $V_B = 0,17$ mm.





Cuando se utilizaron velocidades de corte muy altas se observó el fenómeno de acumulación de borde, con una adherencia de materia en el filo de la herramienta de corte modificando la geometría de la herramienta de corte lo cual acelera aun mas el deterioro del filo y a su vez esta acumulación se rompe parcial o totalmente produciendo discontinuidad en el mecanizado, además se producen formas de viruta que afectan el acabados superficiales.

Tabla 3: Resumen de los Resultados Experimentales de la Investigación.

	f=0,08			f=0,12			f=0,16		
	d=1,5	d=2,0	d=2,5	d=1,5	d=2,0	d=2,5	d=1,5	d=2,0	d=2,5
V ₁	42	40	35	38	38	34	18	38	28
V ₂	35	30	28	34	32	27	34	34	23
V ₃	25	23	21	30	19	18	40	20	14
V ₁ =82,75 mm/rev; V ₂ =109,76 mm/rev; V ₃ =116,12 mm/rev;									
Donde: Avance, f (mm/rev); Velocidad, V _i (m/min.); Profundidad de Corte d (mm) y los Datos Tabulados representan la Vida Útil T (minutos).									

Conclusiones

Entre las conclusiones más importantes que se observaron en la presente investigación se pueden citar las siguientes:

Los parámetros de corte menos sensibles de la herramienta de corte son aquellos de menor exigencia, como son: V₁=95m/min., f₁=0,08mm/Rev. y d₁=1,5mm con los cuales se alcanzo un criterio de desgaste de vida útil de la herramienta T₁=41,7min, este resultado se alcanzó en las pruebas piloto que se realizaron inicialmente con respecto a los demás ensayos.

La velocidad de corte fue el parámetro más influyente en el desarrollo de la evaluación de la vida útil de una herramienta de corte. Se observo que al incrementar la velocidad de corte disminuía el tiempo de vida de la herramienta de corte.

En todas las referencias consultadas se establece una relación directa entre el incremento del avance en el mecanizado trae una disminución de la vida útil de la herramienta de corte y en los resultados se evidencio la relación directa entre el incremento del avance en el mecanizado y la disminución de la constante C de la ecuación de la vida útil

El valor del avance incide directamente en la vida útil de la herramienta de corte, porque a medida que este se incrementaba, se observaba un incremento progresivo de los valores de desgaste en el filo de la herramienta de corte, disminuyendo la vida útil de la misma.

Agradecimientos

Al Laboratorio de Procesos de Fabricación UC y muy especialmente a los Profesores Juan Pereira y Argel Porrello quienes participaron con sus correcciones o lineamientos en la realización de este trabajo de investigación y ha Rayner Godoy y Argenis Maza

con quienes realizamos esta investigación y a Ustedes en el marco de este Congreso de Investigación [2010] por permitarnos difundir esta investigación. Y a DIOS Todopoderoso.

Y también a la paciencia y ayuda de la Comisión de Arbitraje del Congreso de Investigación UC- 2010.

Referencias

- Bawa, H. S. (2007). Procesos de Manufactura. México. McGraw Hill.
- De Garmo, E. Paúl. (1 1988). Materiales y Procesos de fabricación... 2da. ED, Barcelona: Reverte.
- Grajales T. (2000). Tipos de Investigación. Recuperado Septiembre 14, del 2008, de <http://tgrajales.net/investigaciones.pdf>.
- Groover, Mikell P. (1997). Fundamentos de Manufactura Moderna: Materiales, Procesos y Sistemas. México. Prentice Hall Hispanoamericana.
- Hamrock. B.J et al. (2000). Elementos de Máquinas, México McGraw Hill.
- Kalpakjian, s. y Schmid, S.R. (2008). Manufactura. Ingeniería y Tecnología. 5ª Edición, Pearson Educación, México DF.
- Keyser, C. et al. (1. 988) Materiales y Procesos de Manufactura para Ingenieros. México.
- Krar, S. F /, Check k, A. (2002). Tecnología de las Máquinas Herramienta, Ed. Alfaomega 5ta Edición, México.
- Krar, S. F, Oswald S Stamand, (1.985) Operación de Máquinas H Herramientas. Libros Mcgraw-Hill de México. Naucalpan de Juárez, Edo. de México.
- Manual Práctico para el Laboratorio de Tecnología y Procesos de Mecanizado Manufactura II. Universidad de Carabobo.
- Millán, S. (2.006) Procedimientos de Mecanizado, Editorial Paraninfo. Madrid.
- Pollack, H. (1.9887) Manual de Máquinas-Herramientas. Prentice-Hall Hispanoamérica.
- Rossi, M, (1971). Máquinas-Herramientas Modernas volumen I". Editorial Científico -Médica. 7ma Edición.
- Schey J A. (2002). Procesos de Manufactura McGraw Hill/Interamericana Editores, S.A. México. D.F.
- Westenmann, G, 1.9978. Alrededor de las Máquinas de Herramientas. Editorial Revente. 2da edición. . España.



Diseño de un sistema de recuperación de solventes para la reutilización en la limpieza de tanques de pinturas

Carlos Enrique Hernández; Karla García; Ylliana Reyes.
Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.
carherna@uc.edu.ve

Resumen

La empresa donde se desarrolla la investigación se ocupa del desarrollo, producción y comercialización de pinturas tanto base agua como solvente. Posterior al proceso de producción, los tanques de mezclado se trasladan al área de limpieza donde se emplean solventes que luego pasan a ser solventes sucios sin utilidad alguna. La empresa no cuenta con un sistema de recuperación por lo que actualmente dispone de 110 tambores de solventes sucios almacenados, lo que representa un problema ambiental debido a la acumulación progresiva de desechos peligrosos además de riesgo para los trabajadores de la empresa. Es así como se plantea el diseño de un sistema de recuperación de solventes para que los mismos sean reutilizados en la limpieza de los tanques de fabricación de pinturas. El diseño de la investigación consiste en evaluar el consumo de solventes de limpieza, seguidamente se caracterizó el solvente antes y después de la limpieza determinando densidad, viscosidad, índice de refracción y cromatografía de gases, y finalmente luego de un proceso de selección, se dimensionaron los equipos involucrados en las diferentes etapas del sistema. De acuerdo a los análisis cromatográficos realizados, se evidenció que el compuesto de mayor composición en la mezcla, antes y luego de la limpieza es el xileno, con composición de 0,3539 y 0,5199 respectivamente. El sistema dimensionado consta de un proceso de evaporación-condensación en la etapa de separación, una bomba centrífuga de 1 hp y tuberías de 2" de diámetro nominal.

Palabras clave: diseño de un sistema, recuperación de solventes, limpieza de tanques.

Design of a recovery system of reliable for the reusability in the cleaning of painting tanks

Abstract

The company which develops research focuses on the development, production and marketing of both water-based paints and solvents. Postproduction process, the mixing tanks are moved to the area where cleaning solvents are used then become dirty solvents without any use. The company does not have a recovery system which currently has 110 drums stored dirty solvents, which represents an environmental problem due to the buildup of hazardous wastes as well as risk to workers of the company. Thus arises the design of a solvent recovery system for them to be reused in cleaning tanks of paint. The research design is to evaluate the use of cleaning solvents, then solvent was characterized before and after cleaning determining density, viscosity, refractive index and gas chromatography, and finally after a selection process, is dimensioned the teams involved in different stages of the system. According to chromatographic analysis conducted, it showed that the compound of greatest composition in the mixture before and after cleaning is xylene, with a composition of 0.3539 and 0.5199 respectively. The sizing system consists of a process of evaporation-condensation on the stage of separation, a 1 hp centrifugal pump and piping from 2 "nominal diameter.

Key words: design of a system, recovery of reliable, cleaning of tanks.

Introducción

Los solventes son líquidos capaces de disolver otros materiales (sólidos, líquidos o gases) para formar una solución. La función principal de los solventes en el campo de la pintura, es disolver la resina u otro medio formador de película. El conjunto de compuestos orgánicos líquidos que tienen la capacidad de disolver, suspender o extraer otras sustancias sin reaccionar químicamente con las mismas, se conoce como solventes orgánicos, los cuales constituyen un amplio grupo de sustancias de diversas polaridades (Daintith, 2002). Los solventes son utilizados con varios fines: como agentes de limpieza, materia prima, disolventes, vehículos de otras sustancias, dispersantes, diluyentes, plastificantes, tensoactivos y preservantes (Wade, 2003).

Los procesos que utilizan solventes por lo general incluyen como parte de su instalación inicial un sistema de recuperación. Además, también es común que se

recuperen los solventes de bajo costo para apegarse a las normas gubernamentales o industriales. Las unidades de recuperación de solventes pueden clasificarse de acuerdo al método utilizado para hacer la separación inicial de las corrientes de solventes y productos (Othmer, K. 1998).

El crecimiento del mercado industrial, automotriz y urbano a nivel nacional ha generado un incremento en la producción de los diferentes tipos de pinturas, por ende, la emisión de desechos sólidos y líquidos que se generan en la producción de las mismas, también se ha incrementado. La presente investigación se desarrolló en una empresa de pinturas donde se genera diariamente una cantidad de desechos provenientes del lavado de los tanques de preparación cada vez que se procesa un lote en planta. Como parte de los desechos líquidos generados, por ser tóxicos, no pueden drenarse a las tuberías de aguas negras sin un tratamiento previo puesto que existen normativas que regulan este tipo de acciones con



el objetivo de preservar el medio ambiente, entre ellas se encuentra el decreto 3219 (Normas para la clasificación y el control de la calidad de las aguas de la cuenca del Lago de Valencia), decreto regional que establece las concentraciones máximas permisibles de los efluentes industriales destinados a la cuenca del lago de Valencia. Por tal motivo, la empresa en estudio decidió acumular dichos desechos disponiendo en la actualidad de 110 tambores de solventes sucios almacenados, cada uno de ellos con una capacidad de 50 galones, lo que representa 5500 galones de solventes que deben disponerse para su recuperación, además de los que se usarán en la limpieza futura. Es así como la importancia de este proyecto radica principalmente en la recuperación de dichos solventes, que al desecharlos generarían una problemática de tipo ambiental y que actualmente acarrea un alto riesgo para todos los trabajadores de la empresa.

Metodología

El tipo de investigación es de tipo proyectiva, debido a que se presentan diferentes propuestas y se selecciona y diseña la más adecuada. El diseño de la investigación consiste inicialmente en evaluar el consumo de solventes de limpieza mediante visitas al área de lavado y tomando en cuenta órdenes de preparación de mezcla solventes de limpieza con la finalidad de determinar la capacidad del sistema.

Seguidamente se realizó una caracterización de dicho solvente antes y después de emplearlo en la limpieza de tanques, a fin de comparar las propiedades físicas del solvente virgen, sucio y recuperado. Para ello se realiza un muestreo mediante la norma COVENIN 1190:1996 en la cual se tomaron 8 muestras al azar de 0,5L cada una para luego formar una muestra única homogénea, luego se determina densidad y viscosidad mediante las norma COVENIN 737-1999 y ASTM D-1200, respectivamente, empleando un picnómetro de metal de 100mL para la determinación de densidad y un viscosímetro Gardo Ford 4. También se determinan índice de refracción y cromatografía de gases, ésta última bajo el método de la COVENIN 2281-85 empleando un cromatógrafo de columna capilar fused sílica que emplea helio (He) como gas de arrastre e hidrógeno (H) como gas acarreador.

Luego, mediante ensayos experimentales a nivel de laboratorio, se realizaron pruebas de filtración simple empleando papel filtro cualitativo de 110 mm de diámetro marca Whatman, también se llevó a cabo un ensayo en una centrífuga IEC que emplea refrigerante R-22 y a una velocidad de 3400 rpm con muestras de 350mL de solvente sucio, de manera de proponer una posible etapa de pretratamiento que pudiera eliminar los sólidos suspendidos, antes del proceso de separación y recuperación de solvente propiamente dicho. La selección de las alternativas se realizó empleando el método Brown Gibson. Para su aplicación se tomaron

en cuenta los siguientes factores cuantitativos: costo del equipo, costo por mantenimiento y consumo de energía; y los cualitativos: tamaño del equipo, disponibilidad del equipo, flexibilidad de operación y eficiencia.

Una vez recuperado el solvente, se efectuaron pruebas de funcionalidad, es decir, se llevó una muestra al proceso y se verificó el poder de limpieza o arrastre, además de otras características como olor y apariencia. Finalmente se diseña el proceso y se dimensionan cada uno de los equipos que componen al sistema de recuperación de solvente, mediante las correlaciones de diseño, balances de masa, relaciones termodinámicas, entre otras.

Resultados y Discusión

Del diagnóstico inicial del problema se conoció que la cantidad de solvente sucio (utilizado en la limpieza de tanques de pinturas) acumulado y almacenados, es 39 barriles de solvente, representando un aproximado de 6 barriles por mes. Igualmente, se determinó que la preparación del solvente virgen a emplear en los tanques comprendía generalmente acetona, acetato de etilo, xilenos y butil oxitol, solventes comerciales con poder de arrastre de la pintura al momento de la limpieza.

Luego del análisis de cromatografía del solvente virgen, como se muestra en la tabla 1, se verificó que de los cuatro solventes inicialmente manejados, resultan relevantes únicamente el xileno y el acetato de etilo, cuyas composiciones son 0,3539 y 0,0876 respectivamente. Por ello, nace la necesidad de inferir qué compuestos puedan presentarse en la mezcla virgen de limpieza.

De tal forma, se hizo necesario identificar estos compuestos desconocidos debido al alto porcentaje que representan en la muestra. El acetato de etilo es un solvente con bajo punto de ebullición (76°C) y alto poder de solvencia, que en ocasiones se emplea en lugar de la acetona debido al menor costo. Evaluando la lista de solventes comerciales más empleados en la empresa en la preparación de pinturas, se encuentra el metil-etil-cetona, conocido como MEK, el cual posee punto de ebullición muy similar al del acetato de etilo y poder de solvencia considerable, por lo que se presume que el acetato de etilo empleado en la limpieza de tanques se encuentra contaminado con MEK. Manejando la misma idea, se podría inferir que el xileno empleado como solvente patrón presenta un elevado porcentaje de impurezas de n-butyl acetato, cuyo punto de ebullición es de 125 °C, y también es empleado a nivel de preparación de pinturas base solvente. Estas inferencias no pudieron ser verificadas ya que estos compuestos desconocidos no pudieron reconocerse con la cromatografía de gases, debido a que se no se disponía de las soluciones patrones respectivas.



Tabla 1: Composiciones del solvente virgen y sucio.

Compuesto	Composición Solv. Virgen (Adim)	Composición Solv. Sucio (Adim)
Acetona	0,0003	0,0030
Acetato de etilo	0,0876	0,0385
Xileno	0,3539	0,5199
MEK	0,4149	0,2400
n-butil acetato	0,1409	0,1681
Butil oxitol	0,0009	0,0002

De acuerdo a los resultados obtenidos en la cromatografía de la muestra de solvente sucio, se presentó la misma situación del solvente virgen en cuanto a los compuestos de la mezcla de solventes. El etil acetato es uno de los compuestos que disminuye su composición al pasar del solvente virgen al sucio, esto puede deberse a que dicho compuesto es muy volátil lo que ocasiona pérdidas de dicho compuesto por evaporación al momento de la limpieza, generando una disminución de su composición en la mezcla.

El xileno aumentó su composición en el solvente sucio en comparación con el virgen, esto puede deberse al arrastre del mismo solvente proveniente de las pinturas y por ser un compuesto con elevado punto de ebullición se disminuyen las posibilidades de pérdidas de éste. En cuanto a los picos de solventes desconocidos con proporciones relevantes se presentan, en el solvente virgen, uno con tiempo de retención entre 10,33-10,52 y otro de 11,4 mientras que en el solvente sucio se presentan picos significativos con tiempos de retención de 10,47 y 12,52. Es notable que el pico correspondiente al tiempo de retención alrededor de 10 disminuye su composición en el solvente sucio, por lo que sería lógico inferir que es un compuesto de bajo punto de ebullición, tal como el MEK. Por otro lado, ocurre lo inverso con el pico con tiempo de retención de 11-12, el cual aumenta su composición en el solvente sucio, es decir, se infiere que posiblemente se trate de un compuesto con elevado punto de ebullición, tal como ocurre con el n-butil acetato. El xileno aumenta su composición en el solvente sucio en comparación con el virgen, esto puede deberse al arrastre del mismo solvente proveniente de las pinturas, ya que es muy empleado en la formulación de las mismas como diluyente, y además por ser un compuesto con elevado punto de ebullición se disminuyen las posibilidades de pérdidas de este compuesto en comparación con los más volátiles.

Por otra parte, la densidad obtenida para la muestra universal de solvente sucio analizada resultó ser mayor que la del solvente virgen, al igual que la viscosidad, hecho

que se explica debido a que el solvente sucio presentó mayor cantidad de sólidos suspendidos arrastrados en el proceso de lavado lo que por ende aumenta su densidad y a su vez aumenta la oposición del fluido al movimiento, generando así el aumento de la viscosidad del mismo, tal como se evidencia en la tabla 2.

Para llevar a cabo la recuperación del solvente se plantean diferentes alternativas para el sistema a diseñar. Inicialmente se plantea la ingeniería conceptual del proceso, sabiendo que el sistema a diseñar está definido por cuatro etapas (almacenamiento de solvente sucio, pre-tratamiento, separación y almacenamiento de solvente recuperado). Para la segunda y tercera etapa del sistema se considera necesario realizar una selección minuciosa de una alternativa tecnológica que cumpla con la función específica de la etapa en cuestión y a su vez asegure la mayor eficiencia para con el sistema de recuperación.

Generación de alternativas para la etapa de pre-tratamiento en el sistema de recuperación de solventes.

- Alternativa 1: emplear un filtrado simple que asegure la retención de sólidos suspendidos e impurezas para la clarificación del solvente previo a su recuperación.
- Alternativa 2: incorporar una centrífuga, equipo que se fundamenta en la acción de la fuerza centrífuga que se ejerce en la mezcla sólido líquido logrando así la separación de las fases presentes.

Se procedió a realizar pruebas de filtración simple a nivel de laboratorio empleando papel filtro cualitativo de 110 mm de diámetro, marca Whatman, situación en la cual los resultados obtenidos no fueron satisfactorios debido a que la cantidad de desechos retenidos por el papel era muy escasa lo que conllevaba a que en el solvente sucio persistiera aún gran cantidad de sólidos suspendidos lo que no clarificaba el mismo de ninguna manera.

Seguidamente se llevó a cabo un ensayo en una centrífuga marca IEC, modelo GP8R a 3400 rpm con 4 muestras de 350mL de solvente sucio cada una por un lapso de 10 minutos. Al finalizar el ensayo se encontró gran cantidad de sólidos sedimentados, sin embargo, el solvente aún así contaba con sólidos suspendidos por lo tampoco resultaba una opción viable para el pre-tratamiento. Es por esta razón que se considera inadecuado la aplicación de esta etapa en el sistema a diseñar, ya que con ella de igual manera no se logra una

Tabla 2: Propiedades del solvente virgen y sucio.

Muestra	Densidad (g/mL)	Viscosidad (cSt)	Índice de refracción (Adim)
Solvente virgen	(0,880 ± 0,002)	(9,0 ± 0,5)	(1,4520 ± 0,0002)
Solvente sucio	(0,900 ± 0,004)	(15,0 ± 1,5)	-



separación eficaz del solvente usado y aquellos sólidos presentes en el mismo.

Generación de alternativas para la etapa de separación en el sistema de recuperación de solventes.

- Alternativa 1: instalar un evaporador-condensador en el cual se logre recuperar el solvente sucio bien sea como una mezcla o por grupos de solventes con puntos de ebullición cercanos entre sí.
- Alternativa 2: instalar una torre de destilación por platos, en la cual se lleva a cabo la separación de cada uno de los componentes de la mezcla de solventes a recuperar, asegurando un mayor porcentaje de pureza de los componentes en el tope y el fondo de la misma.

Se realizó una prueba a nivel de laboratorio para la primera alternativa. Al realizar esta evaporación se evidenció la formación de un residuo en forma de pasta como producto de pigmentos, resinas y carbonatos que aún permanecían en la muestra. Recuperado el solvente, se comparó las composiciones del mismo con las del solvente virgen, los compuestos presentes mantienen sus composiciones casi constantes, exceptuando el xileno que aumenta considerablemente debido a que es el compuesto que se arrastra mayormente en la limpieza, esto se muestra en la tabla 3.

Tabla 3: Composiciones del solvente recuperado.

Compuesto	Composición (Adim)
Acetona	0,0001
Acetato de etilo	0,0312
Xileno	0,5753
MEK	0,2814
n-butil acetato	0,0803
Butil oxitol	0,0002

El índice de refracción del solvente recuperado es casi idéntico al del solvente virgen, tal como se indica en la tabla 4. Por su parte, la densidad de dicho solvente recuperado es muy similar al del solvente virgen, hecho que se valida ya que el solvente ha sido separado de todas las cargas, resinas y pigmentos que en el solvente sucio generaban el aumento de esta propiedad. Luego de realizar entrevistas a los operarios del área de limpieza de los tanques, quienes expusieron sus observaciones al momento de emplear el solvente recuperado, afirmaron

Tabla 4: Propiedades del solvente recuperado.

Muestra	Densidad (g/mL)	Viscosidad (cSt)	Índice de refracción (Adim)
Solvente recuperado	(0,90 ± 0,01)	(8,0 ± 0,7)	(1,4530 ± 0,0002)

que el poder de solvencia de éste es muy similar al del virgen, al igual que el olor y apariencia física, lo anteriormente expuesto fundamenta los resultados obtenidos en la caracterización del solvente recuperado.

Posteriormente se realizó una prueba de funcionalidad del solvente recuperado, donde se observó que el solvente conserva el olor característico y similar al solvente virgen, además de arrastrar con facilidad los restos de pintura adheridos en las paredes de los tanques, lo que no requiere de un esfuerzo mayor que el empleado con el solvente virgen.

El sistema a dimensionar consta de tres etapas, la primera de almacenamiento de solvente sucio y sedimentación, la segunda de separación y la última de almacenamiento de solvente recuperado. Luego de realizar la metodología descrita por el método Brown Gibson para realizar la selección de la alternativa más adecuada para la etapa de separación, el sistema de recuperación de solventes dimensionado consta de un proceso de evaporación-condensación. De acuerdo al consumo mensual de solventes de limpieza se establece, de acuerdo a reuniones con el personal del área de proyectos, que la capacidad del sistema será de 1 barril/día por lo que se podría procesar un batch diario debido a que la planta opera 8 horas diarias y el tiempo de ciclo es de aproximadamente 4-5 horas.

Una vez establecida la carga y la distribución de cada una de las etapas con que contará el sistema es posible realizar el dimensionamiento de las tuberías del sistema. Es importante recalcar que todas las tuberías presentes en el sistema contarán con iguales dimensiones y materiales debido a que a lo largo del sistema no existen bifurcaciones ni sumas de corrientes externas que provoquen alguna perturbación en las dimensiones de las tuberías. Conociendo la densidad de la mezcla de solventes sucios se obtiene el diámetro interno el cual resultó ser de 1,8 plg y seguidamente empleando el catálogo 40 de tuberías, se determina que el diámetro nominal es de 2 plg, cuyo diámetro interno y externo son de 5,25 cm y 6,033 cm, respectivamente.

La etapa de almacenamiento de solvente sucio se realizará en un tanque cilíndrico de 200 L, cuya capacidad sea mayor a la de la capacidad instalada del sistema con la finalidad de depositar inicialmente una cantidad de solvente mucho mayor a lo que se recuperará en un lote y favorecer el proceso de deposición de los sólidos sedimentables, con los que cuenta el solvente sucio al entrar al sistema. Para el dimensionamiento del



tanque de almacenamiento, según Biegler y otros (1997) se establece una relación de que la altura de dicho tanque sea 0,6 veces mayor al diámetro del mismo; además se estableció un factor de sobrediseño del 20% adicional (Biegler y otros 1997), para asegurar que el volumen total del tanque es mayor a la carga neta que contendrá como medida de seguridad. El tanque dimensionado resultó ser de 0,6 m de altura y 1,0 m de diámetro. Tomando en cuenta que los solventes son compuestos volátiles no corrosivos, se puede seleccionar como material el hierro negro. El sistema seleccionado requiere de una bomba para alimentar el solvente desde el tanque de almacenamiento de solvente sucio hasta el equipo de destilación. Para ello se dimensionó una bomba centrífuga cuyo diámetro de succión es igual al de la descarga. Una vez realizados los cálculos pertinentes a las pérdidas generadas por longitud de tuberías y accesorios, y demás balances de energía necesarios, resultó que la bomba requerida debe poseer un cabezal de 2,18 m. La potencia hidráulica de la bomba es de 0,13 hp.

Evaluando los modelos disponibles en el mercado, se seleccionó el equipo IST DIGIT202N de marca italiana IST-Italia Sistemi Tecnologici S.R.L, este modelo de equipo cuenta con un tanque de acero inoxidable AISI 304 de 53 galones de capacidad, su máxima temperatura de operación es de 230°. El modo de calentamiento se realiza mediante 15 galones de aceite ditérmico que circula por la chaqueta del equipo y el enfriamiento ocurre por ventilación forzada con aire. Posee un condensador acoplado que opera con aire enfriado, los ciclos de operación son de 4 horas aproximadamente y además posee bolsas de recolección de residuos. La figura 1 muestra el esquema de recuperación seleccionado y dimensionado.

Conclusiones

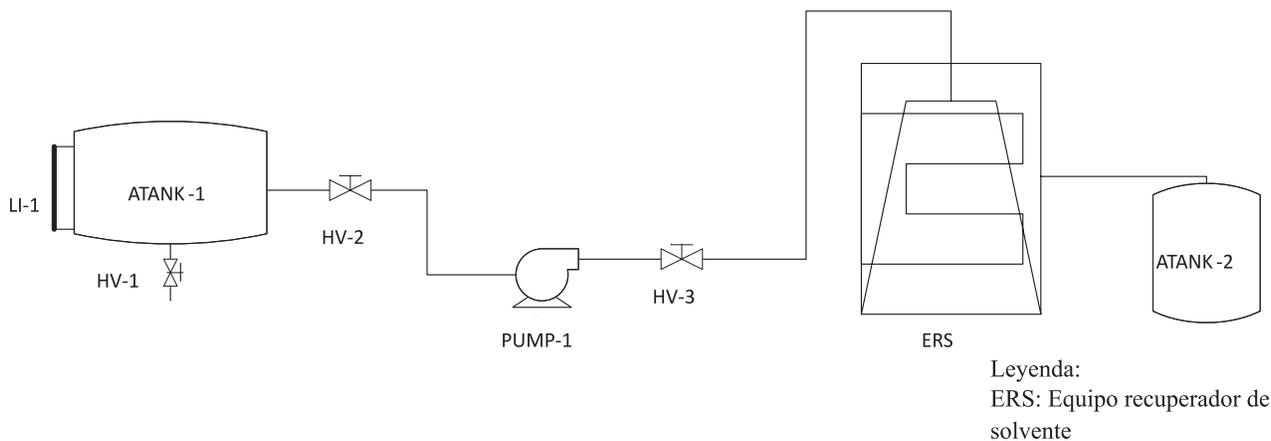
Mediante el ensayo cromatográfico se evidenció que tanto el solvente virgen como el sucio, el compuesto que se presenta en mayor proporción es el xileno,

siendo éste el solvente que se arrastra en la limpieza de tanques mientras que en la misma se generan pérdidas de etil acetato. Por medio del método Brown Gibson se determinó que la operación más favorable para la etapa de separación es mediante la evaporación-condensación, representado por un equipo recuperador RESOLV-R2, el cual cuenta con un tanque de acero inoxidable de 53 galones, el modo de calentamiento es mediante aceite ditérmico, los ciclos de operación son de 4 horas aproximadamente y además posee bolsas de recolección para el residuo.

Referencias

1. ASTM D-1200. Método de cálculo de viscosidad. USA.
2. Biegler, L. T. Grossmann, I. E. y Westerberg, A. W. (1997). Systematic methods of chemical process design. New York: Editorial Prentice Hall PTR.
3. Daintith, C. (2002). Diccionario de química. Colombia: Editorial Norma.
4. Normas para la clasificación y el control de la calidad de las aguas de la cuenca del lago de Valencia. (Decreto N° 3219). (1999, Enero 13). Gaceta oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 5305, Febrero, 1999.
5. Norma venezolana COVENIN 1190:1996. (1996, Agosto 14). Aceites y grasas vegetales, muestreo, (1era revisión). MPPIL, Caracas – Venezuela.
6. Norma venezolana COVENIN 2281-85. (1985, Marzo 10). Cromatografía de gases (1era revisión). MPPIL, Caracas – Venezuela.
7. Norma venezolana COVENIN 737:1999. (1999, Diciembre 14). Pinturas, barnices, lacs y productos relacionados. Determinación de la densidad, 2da revisión. MPPIL, Caracas – Venezuela.
8. Othmer, K. (1998). Enciclopedia temática de química. (Volumen 3). México: Limusa.
9. Wade, L. (2003). Química Orgánica. (5ta. ed.). España: Pearson Prentice Hall.

Figura 1: Diagrama de flujo del sistema de recuperación de solventes.





Análisis de las anomalías pluviométricas en Venezuela

Franklin J. Paredes¹, Edilberto Guevara Pérez²

¹Laboratorio para Investigaciones Ambientales e Hidrológicas. Universidad Nacional Experimental de Los Llanos Ezequiel Zamora, San Carlos, Venezuela.
franklinparedes75@gmail.com

²Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales. Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.
eguevara@uc.edu.ve; eguevara99@gmail.com

Resumen

El grado de desviación de la precipitación, con respecto a su valor normal, se mide con un índice denominado Anomalia Pluviométrica Estandarizada (AE). En Venezuela, se desconoce si este índice se ajusta a un patrón espacial o si existen zonas propensas a la ocurrencia de sequías o tempestades tropicales. En esta investigación de campo, se analizaron los registros pluviométricos mensuales de 224 estaciones administradas por el MPPA, Aviación Militar Nacional Bolivariana, INIA, EDELCA, INAMEH y Armada Nacional Bolivariana, para regionalizar las AEs en Venezuela. Los grupos homogéneos se identificaron aplicando un Análisis Factorial de Componentes Principales. Se delimitaron las Subregiones Geográficamente Homogéneas (SGH) empleando un Sistema de Información Geográfico; se identificó la estación referencial más representativa en cada SGH; y se caracterizó la evolución temporal de las AEs según su magnitud y signo. Los resultados indican que: 1) las AEs no tienen una tendencia temporal definida; sin embargo, las de mayor amplitud y frecuencia, son de signo positivo; 2) entre 1977 y 1994, se observó un incremento de las precipitaciones mensuales en Los Llanos y al norte del estado Bolívar; 3) las AEs de mayor amplitud fueron precedidas por la ocurrencia de una fuerte anomalía en el Índice de Oscilación del Sur (SOI), y la temperatura del Atlántico Norte. Se recomienda, analizar la relación de causalidad entre las AEs de las estaciones de referencia identificadas en este trabajo y las anomalías térmicas de las aguas superficiales del Atlántico Norte y Pacífico Central, y el SOI.

Palabras clave: Anomalia pluviométrica, Regionalización, Venezuela.

Analysis of rain gauge anomalies in Venezuela

Abstract

The degree of deviation of rainfall with respect to its normal value is measured by an Standardized Rainfall Anomaly (AEs) index. In Venezuela, it is unknown whether AEs follow a spatial pattern or if there are areas prone to the occurrence of droughts and tropical storms. In this research field, we analyzed the monthly rainfall records from 224 rain-gauges in the MPPA, Bolivarian National Military Aviation, INIA, EDELCA, Bolivarian National Armed, and INAMEH to identify homogeneous groups according to the AEs. Homogeneous groups were identified using a Principal Components Analysis. We characterize the temporal evolution of AEs according to their magnitude and sign. The results show that: 1) AEs do not have a definite time trend, however, with the largest amplitude and frequency, are positive; 2) between 1977 and 1994, there was an increase of monthly precipitation in Los Llanos and north of Bolivar state; 3) the broader AEs were preceded by a strong anomaly in the Southern Oscillation Index (SOI) and North Atlantic temperatures. We recommend to analyze the relationship between the AEs of the reference rain-gauges identified in this research and the thermal anomalies of the surface waters of the North Atlantic and Central Pacific, and the SOI.

Key words: Rainfall Anomaly, Regionalization, Venezuela.

Introducción

La precipitación es el elemento más variable del clima; se asocia a eventos de alta pluviosidad o de extrema sequía. Cuando la magnitud de un registro pluviométrico es notoriamente inferior al promedio histórico, se está en presencia de una sequía meteorológica; por el contrario, si el registro se ubica muy por encima de la media, entonces, se dice que predomina un mal tiempo meteorológico (ONU 1994). El grado de desviación de la precipitación con respecto a su valor normal se mide con un índice adimensional denominado Anomalia Estandarizada, AE, que se calcula como sigue:

$$AE_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}}{\sigma} \quad (1)$$

Donde AE_{ij} es la anomalía estandarizada del registro, \bar{x} representa el promedio mensual de la precipitación en mm, x_{ij} es la magnitud del registro pluviométrico en mm, σ es la desviación estándar mensual en mm. La anomalía AE posee signo positivo o negativo, dependiendo de si el registro está por encima o por debajo del promedio histórico mensual. En la medida en que el valor absoluto de la AE se aleje de cero, más se desvía el registro del valor normal (Kawamura et al. 1998)

Investigaciones recientes indican que las precipitaciones en la región del Caribe y el norte de Sudamérica son afectadas por el fenómeno El Niño/Oscilación del Sur (ENOS) y la Temperatura Superficial del Océano Atlántico Norte (SSTAN) (Martis et al. 2002; Marengo et al. 2003). En esta región, la circulación atmosférica es producto de una compleja interacción



entre la célula semipermanente de Alta Presión sobre el Atlántico Norte (APAN), la ubicación de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y el ENOS. La aparición de una fuerte anomalía positiva en la APAN ocasiona una disminución de la SSTAN y una intensificación de los vientos Alisios; en respuesta, se incrementa la frecuencia de sequías meteorológicas en el trópico sudamericano (Gianninni et al. 2000). Simulaciones realizadas con Modelos Generales de Circulación sugieren que el progresivo calentamiento de los océanos causará un incremento de las precipitaciones en el área de influencia de la ZCIT y su disminución en las zonas de subsidencia (Chou et al. 2009). Algunos eventos climáticos extremos validan estas predicciones; la severa sequía ocurrida el año 2005 en el suroeste de la Amazonia no estuvo vinculada al El Niño, sino a una fuerte anomalía positiva en la SSTAN, una reducción en la intensidad de los vientos Alisios del noreste y un debilitamiento de las corrientes de aire ascendente en la región (Marengo et al. 2008). En Venezuela, cabe mencionar, que, la sequía de 1975, una de las más severas, se extendió a más del 76% de la región de Los Llanos y coincidió con una atípica anomalía negativa en la SSTAN y un persistente evento La Niña (Paredes et al. 2008). En Colombia y Bolivia, El Niño de 1997/1998 produjo fuertes sequías, pero en Ecuador, ocasionó inundaciones extraordinarias como consecuencia de las abundantes precipitaciones (Marengo 2009). A escala global, las sequías más intensas y de mayor cobertura entre 1950 y 2000, ocurrieron tras la aparición de eventos ENSO muy intensos y/o anomalías de gran magnitud en la temperatura superficial de los océanos (Sheffield et al. 2009). Esta relación de causalidad entre eventos oceánico-atmosféricos, separados entre sí por grandes distancias, se denomina teleconexión (Sutton y Hodson 2007). Las teleconexiones ocurren en Sudamérica con diferentes grados de intensidad, extensión y temporalidad. Este mecanismo se ha relacionado con la ocurrencia de eventos climáticos extremos en Perú, Chile, Argentina, Colombia, Venezuela y Brasil (Giddings y Soto 2006).

La distribución y magnitud de las lluvias mensuales en Venezuela dependen parcialmente, de la dinámica de la APAN. Entre mediados de noviembre y finales de marzo, la APAN cubre gradualmente la mayor parte del país, afectando los niveles troposféricos medios y altos, e inhibiendo la formación de nubes de gran desarrollo vertical. Durante esta situación sinóptica, las lluvias disminuyen significativamente; sin embargo, en el extremo sur del país, en latitudes inferiores a los 5°, aún ocurren precipitaciones debido a la influencia de la Amazonia. A partir de abril, la APAN se aleja al subir de latitud, pero por el sudeste se acerca la Alta Presión del Atlántico Sur (APAS). La convergencia de los vientos Alisios provenientes de la APAN y la APAS origina la ZCIT o Vaguada Ecuatorial, dando inicio a la

temporada de lluvias en la mayor parte del país. En esta temporada, las lluvias son escasas en la región noroeste de Venezuela y el sistema de Coro, por estar este último en la zona de sotavento de Los Andes. En el norte de la Cordillera Central, el componente de la fuerza de fricción de los vientos Alisios provoca este efecto (Fernández y Fernández 1999).

El análisis de las mediciones de la SSTAN indica que las anomalías de gran magnitud afectan la posición meridional de la ZCIT, e incrementan la variabilidad interanual de las lluvias en Venezuela (Folland et al. 2001). El régimen pluviométrico, ante ciertas situaciones meteorológicas sinópticas, puede llegar a variar. Un Océano Pacífico Meridional muy caliente o un Océano Atlántico Tropical Norte muy frío, coinciden con la ocurrencia de temporadas secas a muy secas (Martelo 2004). Normalmente, las áreas con déficit de lluvias se incrementan proporcionalmente con la intensidad de los episodios ENOS; no obstante, la Oscilación Cuasi Bional (QBO) tiende a modular este fenómeno. En general, El Niño y La Niña se asocian con anomalías pluviométricas de signo opuesto; es decir, déficit de lluvias con la ocurrencia del fenómeno El Niño y exceso, durante la ocurrencia del fenómeno La Niña (Cárdenas et al. 2003). Durante los años en los que ha ocurrido una temporada seca muy severa se observa un acentuado desplazamiento de la APAN hacia el Ecuador y la llegada a la zona costera de vientos Alisios muy secos. Factores como la orografía, la orientación con respecto a los vientos Alisios y la cercanía de las grandes masas de agua tienden a intensificar el impacto de las sequías (Paredes et al. 2008).

En Venezuela, existen varios estudios sobre la asociación entre las variables climáticas oceano-atmósfera y las lluvias: Martelo (2004), Cárdenas et al. (2003), Guevara y Paredes (2007), y Ortega y García (2006); sin embargo, no se ha evaluado la distribución y magnitud de las anomalías pluviométricas, debido, en parte, a la poca disponibilidad de información.

En el país, la red de observación es poco densa, la dispersión espacial de las estaciones es muy elevada, y existe mucha discontinuidad en los registros (Ovalles et al. 2007). Esta limitación, obliga a llevar a cabo un análisis de regionalización, transfiriendo la información de estaciones con registros pluviométricos confiables de gran amplitud temporal, a una zona de mayor tamaño. En Los Llanos de Venezuela, el Análisis Factorial de Componentes Principales (AFCP) es la técnica estadística más eficiente para regionalizar eventos de sequías (Paredes y Guevara 2008). La regionalización requiere un índice para medir las anomalías pluviométricas; el IPCC utiliza la AE. En este trabajo se utiliza el AFCP y la AE.



En esta investigación se caracterizan las anomalías pluviométricas con la finalidad de establecer, si ha habido una variación en las precipitaciones en los últimos años.

Metodología

Diseño y tipo de investigación

La investigación es de campo. Se emplea un diseño no experimental.

Unidad de estudio

La investigación engloba la República Bolivariana de Venezuela.

Fases de la investigación

Fase I. Regionalización según las anomalías pluviométricas: Se utilizaron las series de precipitación mensual de 224 estaciones administradas por el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MPPA), la Aviación Militar Nacional Bolivariana, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Electrificación del Caroní C.A. (EDELCA), Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH) y la Armada Nacional Bolivariana. Se pre-seleccionaron las estaciones que cumplen con los siguientes criterios: 1) Más de 30 años de registros continuos; 2) No más de 2% de datos mensuales faltantes; 3) No más de 10% de registros anuales incompletos; 4) Series homogéneas de acuerdo con la prueba de Easterling y Peterson (1995). Para esta tarea se empleó el software para el análisis de datos climáticos, AnClim, desarrollado por Štěpánek (2006).

Los datos mensuales faltantes se completaron con el valor medio del mes donde ocurre la pérdida del registro, previa verificación que el coeficiente de variación fuese inferior al 30%. Así se pre-seleccionaron 199 estaciones. Luego, se escogió la mayor amplitud temporal común de registros, resultando 1977-1994. Se calcularon los valores de AE, utilizando la ecuación (1) en las 199 estaciones mencionadas. A las series de AE, se les aplicó un Análisis Factorial de Componentes Principales (AFCP) con Rotación Ortogonal Varimax Normalizada, generando 17 grupos homogéneos, con eigenvalue igual o mayor a uno y que explican el 59% de la varianza total. Esta agrupación tiene 96.30% de meses donde las agrupaciones definidas en el AFCP, tienen AE mensuales con diferencias estadísticamente significativas entre sí (Prueba de Tukey HSD, $\alpha=5\%$).

Para la identificación y delimitación espacial de las unidades geográficas homogéneas se usó un Sistema de Información Geográfico. Se plotearon las 199 estaciones, indicando el grupo al que pertenecen según el AFCP. Se trazaron 14 polígonos que agrupan las estaciones de un mismo grupo homogéneo y que están cercanas entre sí. Se descartaron las estaciones que no formaron una unidad

geográfica definida (29 estaciones). Así, la muestra quedó conformada por 3 estaciones en Distrito Federal, 5 en Zulia, 13 en Lara, 3 en Yaracuy, 1 en Carabobo, 5 en Miranda, 4 en Aragua, 21 en Anzoátegui, 9 en Trujillo, 20 en Portuguesa, 9 en Cojedes, 22 en Guárico, 12 en Mérida, 12 en Táchira, 10 en Barinas, 20 en Bolívar y 1 en Apure.

Fase II. Identificación de la estación referencial más representativa en cada subregión: se escogió la estación con la serie pluviométrica más larga en cada unidad geográfica; en lo sucesivo se denomina Estación de Referencia (ER).

Fase III. Categorización de las subregiones según la magnitud y el signo de las anomalías pluviométricas: se evaluó la evolución de la magnitud y el signo de las anomalías pluviométricas en las 199 estaciones preseleccionadas en la Fase I, durante el período de estudio. Se contrastaron los eventos más extremos con ciertas variables macro-climáticas de los subsistemas océano y atmósfera. Los registros mensuales de las variables macro-climáticas se obtuvieron de la página web del Centro Nacional de Predicción Ambiental de la National Oceanic and Atmospheric Administration [NOAA]; <http://www.cpc.noaa.gov/data/indices>.

Resultado y Discusión

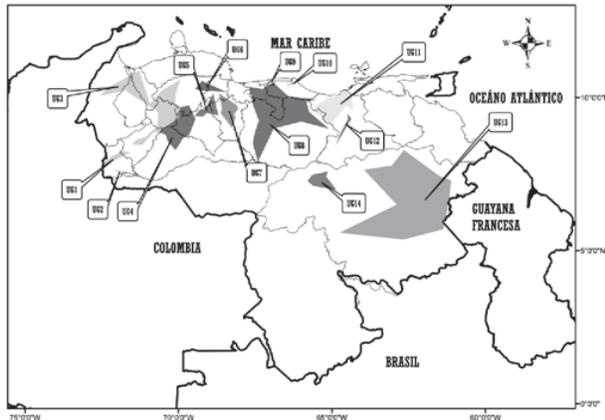
Regionalización según las anomalías pluviométricas en Venezuela

La Figura 1 muestra las 14 Unidades Geográficas (UG) homogéneas, identificadas según la ocurrencia de anomalías pluviométricas en el período 1977 - 1994. Estas UGs cubren una extensión de 119.753 km², equivalente al 18% del área total de estudio. Desde el punto de vista geográfico, las regiones homogéneas se caracterizan como sigue: 1) UG1: se localiza en la vertiente occidental de Los Andes, desde Lobatera en el estado Táchira hasta Tovar en el estado Mérida; 2) UG2: se ubica en el extremo sureste del estado Táchira, paralelo a la Fila de Bramón; 3) UG3: se encuentra en el piedemonte occidental de Los Andes, cubre gran parte del estado Trujillo y porciones de Mérida, Lara y Zulia; 4) UG4: se extiende desde la vertiente oriental de Los Andes entre Barinitas en el Estado Barinas hasta El Tocuyo en el Estado Lara; 5) UG5: comprende el eje Ospino-Cojeditos-Yaritagua en los estados Portuguesa, Cojedes y Yaracuy, respectivamente; 6) UG6: bordea la Fila de Morón hasta Duaca en el Estado Lara; 7) UG7: abarca la vertiente oriental de Fila Tucuragua hasta El Baúl, ambos en el Estado Cojedes; 8) UG8: comprende la mayor parte del Estado Aragua y pequeñas porciones de los estados Guárico, Miranda y Carabobo; 9) UG9 y UG10: se ubican en el Distrito Capital y el eje Guatire-Higuerote (Estado Miranda), respectivamente; 10) UG11 y UG12: abarcan la zona noroeste y centro del



estado Anzoátegui, respectivamente; 11) UG13: abarca las cuencas de los ríos que drenan hacia la Central Hidroeléctrica Simón Bolívar (antiguamente, Guri); 12) UG14: se extiende sobre Caicara del Orinoco, Santa Rosalía y Maripa, al noroeste del estado Bolívar.

Figura 1: Unidades Geográficas Homogéneas según la anomalía pluviométrica. Período 1977-1994.



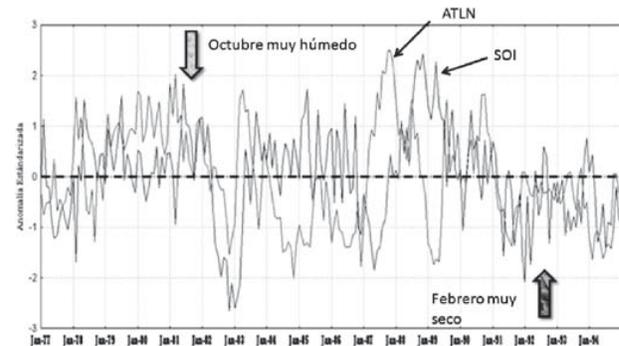
Estaciones de referencia en cada subregión homogénea

Las ERs cubren la mayor parte de la vertiente oriental y occidental de Los Andes, los Llanos centrales y occidentales, y la rivera izquierda del río Orinoco en el estado Bolívar: Sabana Grande (UG1/Táchira); La Cope (UG2/Miranda); Sicarigua (UG3/Lara); Sanare (UG4/Lara); San Rafael de Onoto (UG5/Portuguesa); Bobare (UG6/Lara); Pao Planta (UG7/Cojedes); Corozo Pando (UG8/Guárico); Alto del León (UG9/Distrito Federal); Carenero (UG10/Miranda); Clarines (UG11/Anzoátegui); Santa Rosa (UG12/Anzoátegui); Tumeremo Aeropuerto (UG13/Bolívar); La Aurora (UG14/Bolívar).

Categorización de las subregiones según magnitud y signo de las anomalías

En Venezuela, las anomalías pluviométricas de mayor magnitud en el período 1977-1994, según los registros de las 199 estaciones pre-seleccionadas, tienen signo positivo. La sequía meteorológica más severa y de mayor cobertura ocurrió en octubre de 1992, afectando el noroccidente y el extremo sur del estado Bolívar, coincidiendo con un El Niño de intensidad moderada. El mes más lluvioso y con mayor extensión espacial fue febrero de 1981. El mal tiempo incidió sobre el centro del país y ocurrió al momento que el Atlántico Norte tenía una cantidad significativa de energía térmica, pues se mantuvo atípicamente caliente desde 1979 (Figura 2).

Figura 2: Anomalías Estandarizadas del SOI y la temperatura superficial del Atlántico Norte en el período 1977-1994.



En cuanto a la frecuencia de ocurrencia de eventos pluviométricos extremos, se observa que las estaciones donde la $AE > +2.00$ (atípicamente lluvioso) se distribuyen como sigue: 15 eventos en Corozo Pando (Guárico), 13 en Santa Rosa (Anzoátegui), 11 en Bobare y Sanare (Lara), Clarines (Anzoátegui), y La Aurora (Bolívar). Los meses con $AE < -2.00$ (atípicamente seco) son muy infrecuentes, en efecto, los más extremos ocurren en El Pao (Cojedes) y La Cope (Táchira). Resulta evidente que la intensidad de las precipitaciones ha aumentado, muy probablemente, producto del Calentamiento Climático Global (IPCC 2007). Estas manifestaciones en el clima guardan correspondencia con las predicciones de los Modelos Generales de Circulación desarrollados por Chou et al. (2009). En este sentido, Velásquez (2008), reportó que, desde la década del 90, han disminuido los días con lluvias en Venezuela, pero los eventos son más intensos.

Conclusiones y Recomendaciones

Las anomalías pluviométricas en Venezuela no presentan una tendencia temporal del todo definida, sin embargo las de mayor amplitud y frecuencia son de signo positivo. Durante el período analizado se observó un incremento de las precipitaciones mensuales en gran parte de Los Llanos venezolanos y norte del estado Bolívar. En cuanto a la ocurrencia de anomalías pluviométricas, los estados Falcón, Apure, Monagas, Sucre, Nueva Esparta, Delta Amacuro y Amazonas no presentan unidades geográficas homogéneas.

Recomendamos ampliar el período de monitoreo y reevaluar este estudio a medida que se disponga de nuevos registros pluviométricos. Es conveniente analizar la causalidad entre las anomalías pluviométricas de las estaciones de referencia identificadas en este trabajo y las anomalías del Océano Atlántico Norte y Pacífico Central, así como los índices SOI y la QBO.



Agradecimientos

La investigación ha sido financiada por el CDCH de la Universidad de Carabobo y la Coordinación de Investigación del VIPI-UNELLEZ. Es un avance del proyecto “Caracterización de las anomalías pluviométricas en Venezuela”.

Referencias

- Cárdenas P., García L., Martelo M. y Gil A. 2003. Impacto de los eventos El Niño – Oscilación del Sur en Venezuela. Parte II. Venezuela: Documento técnico del MPPA, 212 pp.
- Chou Ch., Neelin J., Chen Chao-An y Tu Jien-Yi. 2009. Evaluating the “Rich-Get-Richer” mechanism in tropical precipitation change under Global Warming. *Journal of Climate*. Vol. 22, pp. 1982-2005.
- Easterling R., Peterson C. y Karl T. 1996. On the development and use of homogenized climate data sets. *Journal of Climate*. Vol. 9, 1996, pp. 1429-1434.
- Fernández L. y Fernández W. 1999. Característica de la Atmósfera libre sobre la Región Central de Venezuela. *Revista Geofísica*. Vol. 49, pp. 87-112.
- Folland C., Colman A., Rowell D. y Davey M. 2001. Predictability of Northeast Brazil rainfall and real-time forecast skill, 1987–98. *Journal of Climate*. Vol. 14, pp. 1937–1958.
- Giannini A., Kushnir Y. y Cane M. 2000. Interannual variability of Caribbean rainfall, ENSO, and the Atlantic Ocean. *Journal of Climate*. Vol. 13, pp. 297-311.
- Giddings L. y Soto M. 2006. Teleconexiones y precipitación en América del Sur. *Revista de climatología*. Vol. 6, pp. 13-20.
- Guevara E. y Paredes F. 2007. Influencia de Variables Macroclimáticas sobre el régimen pluviométrico en el Estado Cojedes, Venezuela. *Revista Ingeniería UC*. Vol. 14. N° 3, pp. 49-56.
- IPCC. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los grupos de trabajo I, II y III al cuarto informe de evaluación del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. Ginebra, Suiza: IPCC, 300 pp.
- Kawamura A., Mckerchar A., Spigel R. y Jinno K. 1998. Chaotic characteristics of the Southern Oscillation Index time series. *Journal of Hydrology*. Vol. 204, pp. 168-181.
- Marengo J. 2009. Cambio Climático y recursos hídricos en América del Sur. Perú: Memorias en I Congreso Nacional de Agua (versión en CD-ROM).
- Marengo J., Cavalcanti I., Satyamurty P., Trosnikov I. y Nobre. C. 2003. Assessment of regional seasonal rainfall predictability using the CPTEC/COLA atmospheric GCM. *Climate Dynamics*. Vol. 21, pp. 459-475.
- Marengo J., Nobre C., Tomasella J., Oyama M., Oliveira G., Oliveira R., Camargo H., Alves L. y Brown I. 2008. The Drought of Amazonia in 2005. *Journal of Climate*. Vol. 21, pp. 495-516.
- Martelo M. 2004. Influencia de las variables macroclimáticas en el clima de Venezuela. Venezuela: Conferencia en VII Congreso Venezolano de Ingeniería Agrícola (versión en CD-ROM).
- Martis A., Oldenborgh B. and Burgers G. 2002. Predicting rainfall in the Dutch Caribbean—More than El Niño? *Journal of climate*. Vol. 22, pp. 1219–1234.
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. 1994. Convención Internacional de Lucha contra la Desertificación en los Países afectados por Sequía Grave o desertificación, en Particular en África. París: Doc. A/AC.241/15/Rev 17.
- Ortega L. y García L. 2006. Correlación entre posición de mínimos OLR (banda de nubosidad y precipitaciones), con eventos El Niño y La Niña. Venezuela: Ponencia en XXII Congreso Latinoamericano de Hidráulica.
- Ovalles F., Cortez A., Rodríguez M., Rey J. y Cabrera-Bisbal E. 2007. Variación geográfica del impacto del cambio climático en el sector agrícola en Venezuela. Venezuela: Ponencia presentada en I Congreso Venezolano de Agrometeorología y V Reunión Latinoamericana de Agrometeorología.
- Paredes F., Millano J. y Guevara E. 2008. Análisis espacial de las sequías meteorológicas en la región de Los Llanos de Venezuela durante el período 1961-1996. *Revista de Climatología*. Vol. 8, pp. 15–27.
- Paredes, F. y Guevara, E. 2008. Regionalización de Los Llanos de Venezuela en base a la severidad del período seco aplicando un análisis clúster jerárquico. Venezuela: Ponencia en VI Congreso de Investigación de la Universidad de Carabobo (versión en CD-ROM).
- Sheffield J., Andreadis K., Wood E. y Lettenmaier, D. 2009. Global and continental drought in the second half of the twentieth century: severity–area–duration analysis and temporal variability of large-scale. *Journal of Climate*. Vol. 22, pp. 1962-1981.
- Štěpánek P. 2006. AnClim - software for time series analysis. Institute of Geography, Masaryk University, Brno, 1. Disponible en: <http://www.klimahom.com/software/AnClim.html>
- Sutton R. y Hodson D. 2007. Climate Response to Basin-Scale Warming and Cooling of the North Atlantic Ocean. *Journal of Climate*. Vol. 20, pp. 891–907.



Velásquez R. 2008. Evidencias de variabilidad y cambio climático en Venezuela. Documento técnico del Servicio de Meteorología de la Aviación Militar Bolivariana no publicado. 12 p.



Establecimiento de niveles de referencia para metales pesados como herramienta para evaluar la contaminación en los suelos

Julissa Brizuela

Universidad de Carabobo, Profesor de la Facultad de Ciencias y Tecnología.
Estudiante, Área de Estudio de Postgrado, Doctorado en Ingeniería Área Ambiente.
jbrizuela@uc.edu.ve

Resumen

A la hora de abordar un estudio de caracterización de contaminación de suelos potencialmente contaminados por metales, no es suficiente con determinar los contenidos, sino que es necesario conocer y definir los máximos niveles admisibles (niveles de referencia) por estos suelos. Debido a que en los suelos existe un contenido natural de metales (niveles de fondo), aparte de cualquier adición antrópica, se recomienda establecer niveles de referencia para cada región en particular. Actualmente, no existe un consenso en cuanto a la metodología que debe emplearse para establecer dichos niveles de referencia para los metales en suelos, por lo que se planteó como objetivo de este estudio recopilar información sobre las diferentes metodologías aplicadas y comparar los valores obtenidos para los metales pesados que se encuentran con mayor frecuencia en los suelos de uso agrícola, en diferentes zonas de España. Para ello se realizó una revisión documental de varios estudios realizados, sobre establecimiento de niveles de referencia para los metales pesados, en los últimos años en algunos países, y se compararon las diferentes metodologías empleadas en tales estudios, lo que llevó a construir un esquema general que engloba las metodologías más frecuentes. Además, se hizo una comparación de los niveles de referencia específicos o estándares obtenidos para suelos de varias comunidades de España, para los metales: Ni, Cr, Cu, Zn, Cd y Pb. La presente revisión destaca la variedad de metodologías aplicadas para establecer los niveles de referencia para metales pesados en suelos. Y resalta la variabilidad existente entre los valores de referencia propuestos por varias agencias internacionales y por algunos autores.

Palabras clave: contaminación de suelos, metales pesados, niveles referencia.

Reference levels for heavy metals as a tool to assess contamination in soil

Abstract

When addressing a study for characterization of potentially contaminated soil contamination by metals, is not sufficient to determine the contents, it is necessary to know and define the maximum permissible levels (reference levels) for these soils, so that the concentration of metal does not pose a risk to human health or ecosystems. To gather information on the different methodologies used to establish reference levels for heavy metals in soil and compare the values obtained for the heavy metals most commonly found in soils in different geographical areas. The experiment was conducted a literature review of several studies on the establishment of reference levels for heavy metals in recent years in some countries, comparing the different methodologies used in such studies, which led to building a general scheme that encompasses the most common methodologies. In addition, a comparison was made of specific benchmarks and standards from several studies for metals: Ni, Cr, Cu, Zn, Cd and Pb.

This review highlights the variety of methodologies used to establish reference levels for heavy metals in soils. And it highlights the variability between the reference values proposed by several international agencies and by some authors.

Key words: soil pollution, heavy metals, reference levels.

Introducción

La contaminación de un suelo supone en sí misma una pérdida de un recurso natural, pero además los contaminantes pueden alcanzar determinados receptores produciendo efectos negativos en los mismos (Ansorena, 1996; Bautista, et al, 2004). La forma más relevante de contaminación de suelos es debido a derivados del petróleo y metales pesados. La mayor atención a este tipo de contaminación se ha dirigido al sector agrícola, donde la contaminación por metales pesados, es provocada por una mala gestión agrícola, vertidos industriales, tráfico pesado, entre otras causas. (Ansorena, 1996; Morton, 2006; Mico et al, 2006; Pérez, et al, 2008; Prieto, et al, 2009).

La tarea de demostrar que un suelo está contaminado, no es fácil, en especial si se trata de la

presencia de metales pesados, ya que su presencia en el suelo puede tener un origen natural o antrópico. Por lo tanto, es necesario distinguir entre los denominados niveles de fondo (background) y los niveles de referencia o carga crítica de un suelo, con el fin de deducir si existe o no contaminación, en función del uso (Prieto-Méndez, et al, 2009). Por encima de dichos valores, debe suponerse que ocurre alguna alteración, lo que puede representar un riesgo para la salud humana o los ecosistemas (Mico, 2005).

Se pueden distinguir Niveles de referencia genéricos (NGRs) y los Niveles de referencia específicos (NRE), que se diferencian en función de las variables utilizadas para su obtención y su aplicabilidad.

Los NGRs se establecen a partir de los niveles de fondo y la aplicación de estadística descriptiva. Siendo



el método más sencillo sumar dos veces la desviación estándar al valor de fondo.

La EPA (Environmental Protection Agency, 1992) ha propuesto un conjunto de ecuaciones para el cálculo de los NGRs en función de los distintos escenarios (residencial, industrial, agrícola, etc), vías de exposición y tipo de contaminante (Sierra, 2003). Este método está basado en un análisis de riesgos y probabilidades, es un método complejo ya que requiere del cálculo de muchos parámetros, con datos, preferiblemente locales, generados por otros entes (como la ATSDR, FDA, investigaciones epidemiológicas, etc) u otras investigaciones (Vázquez, et al, 2005; Rihn, & Anacona, 2004; Galán & Romero, 2008), lo que muchas veces es de difícil acceso, aunque también junto con el modelo la EPA suministra valores por defecto, que logran alguna aproximación.

Con el objetivo de simplificar y hacer sustentable el procedimiento de obtención de estos valores de referencia, el Real Decreto de España RD 9/2005 ha propuesto que, cuando la Comunidad Autónoma no disponga de niveles genéricos de referencia para metales pesados ni sea posible la realización de análisis de riesgos, el cálculo de los NGRs se haga mediante la adición de dos veces la desviación estándar a la media aritmética, independientemente de la distribución de la población que se utilice.

Entre las principales ventajas del uso de los NGRs, se encuentra que: constituyen una buena aproximación económica y preventiva, para la evaluación de procesos de contaminación a nivel de fase exploratoria. Cuando esos niveles se superan, es obligatoria una investigación detallada. Además, constituyen referentes fundamentales para la investigación y gestión de suelos potencialmente contaminados.

Entre las principales limitaciones del uso de los NGRs, se encuentra que: para su obtención no toman en cuenta las numerosas reacciones y equilibrios multifase que tienen lugar en el suelo y que controlan la dinámica de los metales pesados. Por otra parte, hacen referencia a contenidos totales de metales pesados en el suelo y no a concentraciones biodisponibles. Por lo que, varios países ya han adoptado en su normativa de suelos contaminados valores límites para la biodisponibilidad de los metales pesados (Ansorena, 1996; Acevedo, 2002).

Los NRE o simplemente niveles de referencia se establecen a partir de los niveles de fondo y rectas de regresión, las cuales establecen la relación entre los contenidos de metales y las propiedades edáficas.

Estos valores de referencia son más realistas, puesto que al considerar las propiedades edáficas, tienen en consideración la capacidad amortiguadora del suelo hacia los procesos de contaminación por metales pesados (Mico, 2005).

En Holanda, país pionero en el desarrollo de metodologías para la determinación y valoración de

riesgo, se han desarrollado valores estándar de referencia para metales pesados en función de la fracción de arcilla y/o contenido en materia orgánica, y se calculan mediante fórmulas en las que se considera un suelo estándar con 25% de arcilla y 10% de materia orgánica.

El fondo geoquímico natural, representa la concentración de un elemento químico en suelos no contaminados. Como este valor es prácticamente imposible de obtener, ya que actualmente no existen suelos vírgenes no contaminados en el mundo, se utilizan los denominados niveles de fondo geoquímico, que representan una medida de las variaciones geoquímicas superficiales, tal como se encuentran en el momento de realizar la toma de muestra, y que están lógicamente influenciadas por la litología del subsuelo y afectadas por una cierta contaminación antrópica difusa y los procesos edáficos (Galán & Romero, 2008; Cancela, et al, 2005; Irabien & Yusta, 1999). Los estudios actuales de niveles de fondo en suelos suelen partir de la idea que el nivel de fondo se refiere a contaminación base, sin actividades antrópicas intensivas (Mico, 2005).

El establecimiento de niveles de fondo para un territorio, constituye una poderosa arma para la planificación ambiental y para las políticas de Salud Ambiental. Sirve de base para documentar, cualquier procedimiento para declarar un suelo como contaminado (Sierra, 2005; Mico, 2005).

Actualmente la mayoría de los países se encuentran en una fase temprana en el registro e identificación de emplazamientos contaminados. Dinamarca, Suiza y Alemania se encuentran entre los países que han identificado gran parte del total de sus lugares contaminados.

En Holanda, Estados Unidos, Alemania y Suiza se han establecido niveles de referencia con rango normativo. En España tienen rango normativo las comunidades del País Vasco, Madrid y Aragón, y otras están en proceso de aprobación, como en Galicia, Murcia y Cataluña (Sierra, 2005).

La investigación orientada hacia la gestión de suelos contaminados, ha recibido mucho apoyo del sector económico europeo, debido a los elevados costos relacionados con los proyectos de descontaminación. A pesar del avance logrado, existen algunas lagunas a nivel mundial sobre los niveles o valores de calidad de suelos. Por ejemplo, no existe una metodología única, explícita y estandarizada para la calidad de los suelos con respecto a metales pesados (Castillo, et al, 2003).

El presente trabajo está orientado a recopilar información sobre las diferentes metodologías aplicadas, para establecer los niveles de referencia para metales pesados en suelos, por diferentes investigadores. Dicha información, servirá como base para fijar criterios en posteriores estudios ambientales, relacionados con la caracterización de la contaminación en un suelo de uso

agrícola o residencial potencialmente contaminado por metales pesados, en cualquier zona de Venezuela.

Metodologías utilizadas para establecer niveles de referencia

La metodología seguida para la definición de los valores de referencia, de manera general incluye los siguientes grupos de tareas: análisis de la información disponible sobre los suelos de la región estudiada, diseño y ejecución de la campaña de muestreo y análisis y, por último, se realiza el tratamiento estadístico de los datos obtenidos (Pina, 2007), la descripción detallada de cada una de estas etapas resulta de vital importancia para garantizar las conclusiones extraídas del estudio.

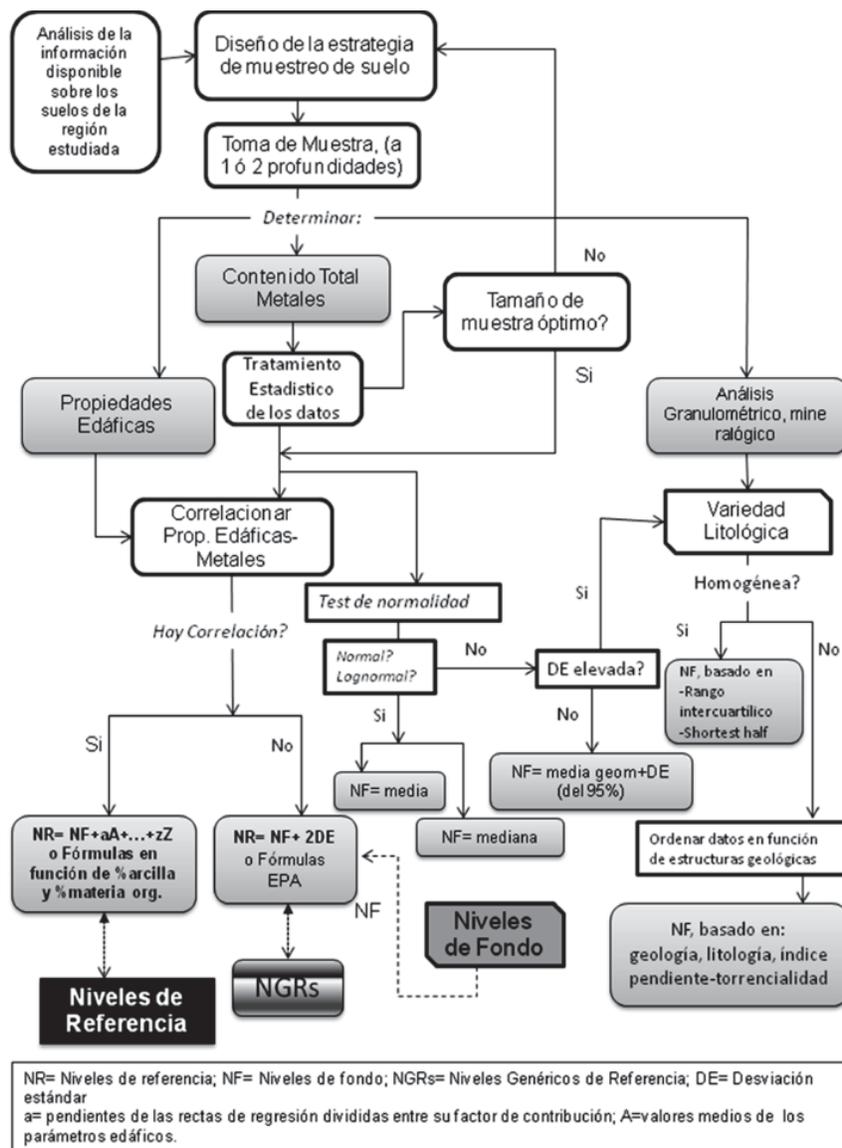
En la figura 1, se representa de manera global las metodologías más utilizadas, en estudios realizados por varios autores (Mico, 2005; Sierra, 2005; Cancela, et

al 2005; Castillo, et al, 2003; Galán & Romero, 2008; Irabien & Yusta, 1999; Sánchez, 2003; Rivera, et al, 2008; Peris, 2006; Suciú, et al, 2005; Vázquez, et al, 2008).

Entre los puntos más importantes relacionados con las metodologías revisadas, se pueden destacar:

-En relación al muestreo: los puntos de muestreo se deben realizar atendiendo a que, deben ser suelos no contaminados y la unidad morfológica a la que pertenece la muestra debe ser lo más representativa posible. Aplicar un muestreo de tipo aleatorio, el cual permite estimar el error de muestreo. A la vez que se recomienda trabajar con muestras compuestas. Cuando no se tiene conocimiento de la distribución de los contenidos de metales, es útil determinar el tamaño de muestra óptimo. Y muchas veces es necesario un estudio tipo piloto (*screening*).

Figura 1: Esquema general de las metodologías más utilizadas para establecer niveles de referencia, por varios autores.





-Métodos estadísticos más utilizados: Análisis estadístico Univariante (media, mediana, Desviación Estándar (DE), gráfico box-plot, histogramas, Test de normalidad Kolmorov-Smirnov, otros); Análisis de varianza y pruebas de significación; Análisis Estadístico Multivariante (Análisis de Componentes Principales; Análisis de Clúster y Análisis Discriminante Lineal).

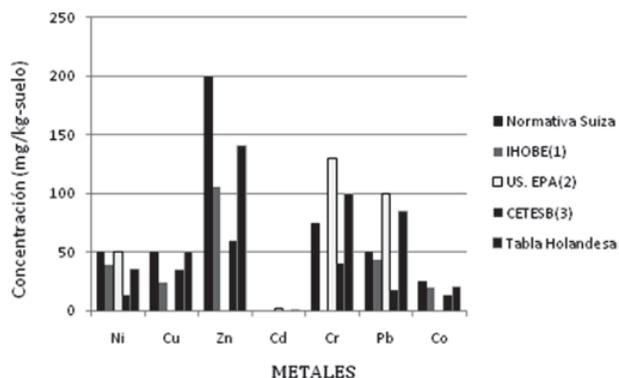
- Si se detecta o evidencia una heterogeneidad litográfica y/o geológica, se recomienda determinar los valores de fondo en función de cada unidad litográfica.

-Para la caracterización adecuada de los suelos se requiere la utilización de técnicas analíticas confiables, validadas. Con los niveles de detección y especificidad necesarios (Acevedo, et al, 2002).

Países que ya han establecido niveles de referencia

Solounos pocos países ya han establecido los valores de fondo para los metales pesados, y consecuentemente los niveles de referencia. Otros, es decir, la mayoría han aprobado los valores de referencia extranjeros. Por lo general, en estudios donde se investiga la calidad del suelo, con miras a aplicar procesos de remediación, se comparan los contenidos de metal obtenidos con los rangos establecidos por agencias internacionales (principalmente la EPA e IHOBE) o con los propuestos por otros autores (Puga, et al, 2006; Suciú, et al, 2008; Montenegro, et al, 2009; Carrasquero, 2006; Camargo, et al, 2007). En la figura 2, se evidencia la gran variabilidad de estos valores estándares establecidos por diversas agencias internacionales, por lo que el buen uso de ellos implica usar aquellos basados en fondos geoquímicos de propiedades más semejantes al área estudiada.

Figura 2: Comparación de los valores de referencia estándares propuestos por agencias internacionales, para metales pesados (en mg/kg-suelo). Fuente: de la investigación..



(1) IHOBE (2003) del Gobierno Vasco. (2) Soil Guideline Department Environmental Agency of Estados Unidos. (3) Environment Agency of Sao Paulo, Brazil (Camargo, et al, 2007).

Por otra parte, en la tabla 1 se agrupan algunos valores de Niveles de Referencia establecidos en estudios realizados en algunas provincias de España, país donde se han avocado en los últimos años a obtener niveles de referencias regionales. Se pueden distinguir las variaciones que existen, entre los niveles de referencia propuestos para los metales pesados, observando los rangos de concentración: Ni (9,81-313 mg/kg); Cu (9,41-578 mg/kg); Zn (33,44-4,63*10³ mg/kg); Cd (0,3-15,6); Cr (16,14-2,35*10⁴ mg/Kg) y Pb (13,78-44,7 mg/Kg). La variabilidad es introducida principalmente por la diferencia de zonas geográficas estudiadas. Esta variabilidad ocurrida de región en región, apoya lo que dicen algunos autores sobre que no es recomendable

Tabla 1: Niveles de referencia propuestos para los metales pesados más frecuentes en los suelos, por varios autores para diferentes provincias de España y los diferentes criterios adoptados para el cálculo de los niveles de referencia.

Metales (mg/Kg suelo)							
Autor	Criterio	Ni	Cu	Zn	Cd	Cr	Pb
Pérez & Moreno, 2000 (en Madrid)	NR=VF+2DE	ND	34	109	0,84	ND	44,7
Castillo et al, 2003 (en Murcia)	Media entre: NR=VF+2SD y Regresión lineal ^(*)	30	19	66	ND	69	14
Sierra, 2005 (P. Almeira)	Fórmulas de la EPA (escenario: sin restricción de uso)	313	578	4,63*10 ³	15,6	2,35*10 ⁴	ND
Sánchez, 2003 (Valladolid)	NR=VF+2DE	9,81	9,41	33,44	0,44	16,14	13,78
Peris, 2006 (Castellon)	NR=VF+2DE	19,4	31,3	74,0	0,3	29,7	23,4
Mico, 2005 (P. Alicante)	NR=VF+2DE	31	28	83	0,7	36	28
Mico, 2005 (P. Alicante)	NR=VF+3DE	36	31	98	0,9	39	33
Mico, 2005 (P. Alicante)	VR= [(3° I - 1° I) * 1.5]; I= intercuartil	37	28	91	0,9	39	28

(*) Método propuesto por IHOBE (1993). Se correlaciona el contenido de metal y las propiedades edáficas, aplicado en los casos con correlación significativa. ND= no detectable.



proponer valores para todo un territorio nacional, siendo lo más adecuado establecer niveles de referencia regionales (Sierra, 2005; Mico, 2005). El método de cálculo, en algunos casos también introdujo diferencias, resultando el menos restrictivo donde se utiliza para el cálculo las fórmulas propuestas por la EPA. El método más usado y simple fue donde se eligió como criterio tomar aquel valor que resulte de la suma del valor medio del fondo más “n” veces la desviación típica. Además, se pueden observar valores similares cuando se trabaja con el criterio anterior y utilizando los cuartiles, como lo muestran los valores obtenidos por Mico (2005).

Conclusiones

Los niveles de referencia representan una guía de valores a tener en cuenta en los trabajos de evaluación, donde se quiere tener una idea rápida del estado de contaminación del emplazamiento. Hay una variedad de metodologías aplicadas para el establecimiento de dichos valores, las cuales se asemejan principalmente en lo relacionado al muestreo y se diferencian en el tratamiento matemático de los datos.

A pesar de que, son pocos los países que han establecido sus valores de referencia, la tendencia mundial es el desarrollo de los valores básicos para cada país. Claro está, esto representa un reto, ya que no es una tarea fácil, debido a todas las dificultades asociadas al tratar con material edáfico y elementos a nivel traza (heterogeneidad, dependencia del contexto geográfico y climatológico, baja reproducibilidad, niveles detectables de metales bajos, entre otros factores). Hasta tanto no se logre esto, se seguirán tomando como guía los estándares internacionales ya establecidos, siendo lo más adecuado, la utilización de aquellos basados en fondos geoquímicos de propiedades más semejantes al área estudiada.

Referencias

- Acevedo, L. (2002). Caracterización de la contaminación en sólidos (suelos y sedimentos) encaminada a su regeneración: muestreo, extracción y técnicas analíticas más utilizadas. Simposio Internacional de Geología Ambiental para Planificación del Uso del Territorio, Puerto Varas.
- Ansorena, J. (1996). El suelo en la agricultura y el medio ambiente. Contaminación del Suelo. Cap. IV. Departamento de Agricultura y Medio Ambiente. Sustrai-49, 40(1). Extraído el 22 de Mayo, 2010, de la dirección electrónica: http://www.fraisoro.net/articulos/40_49_53.pdf.
- Bautista, A., Etchevers, J., Del Castillo, J. & Gutiérrez, R. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas*, 13(2), 90-97.
- Camargo, I., Hiromoto, G. & Flues, M. (2007). Heavy Metal Partition in Acid Soils Contaminated by Coal Power Plant. *J. Braz. Chem. Soc.*, 18(4), 831-837.
- Cancela, C., Paz, A. & Abreu, C. (2005). Heavy metal reference values for natural soils from Galicia, Spain. Universidad de A. Coruña, España.
- Castillo, M., Martín, J. & Jiménez, R. (2003). Estándares de calidad de los suelos del Campo de Montiel (ciudad real) en función del contenido en metales pesados. *Edafología*, 10 (1), 23-32.
- Carrasquero, A. (2006). Determinación de los niveles de contaminación con plomo en los suelos y polvo de las calles de la ciudad de Maracay. *Agronomía Trop.* 56(2): 237-252.
- EPA. (1992). Guide to site and soil description for hazardous waste site characterization. Vol 1: Metals.
- Galán, E. & Romero, A. (2008). Contaminación de suelos por metales pesados. Conferencia. *Revista de la Sociedad Española de Mineralogía*, 10: 48-60.
- IHOBE. (1993). Investigación de la Contaminación del Suelo. Plan Director para la protección del suelo. Gobierno Vasco. Ed IHOBE S.A.
- Irabien, M. & Yusta, I. (1999). Selección de fondo geoquímico para metales pesados en sedimentos actuales en la Bahía de Santander. *Geogaceta*, 26, 39-42.
- Micó, C. (2005). Estudio de metales pesados en suelos agrícolas con cultivos hortícolas de la provincia de Alicante. Universidad de Valencia. Servei de publicacions. Tesis Doctoral.
- Mico, C., Peris, M., Sánchez, J. & Recátala, L. (2006). Heavy metal content of agricultural soil in a Mediterranean semiarid area: The Segura River Valley (Alicante). *Spanish Journal of agricultural Research*, 4(4), 363-372.
- Montenegro, G., Fredes, C., Mejías, E., Bonomelli, C. & Olivares, L. (2009). Contenidos de metales pesados en suelos cercanos a un Relave cuprífero chileno. *Agrociencia*, 43: 427-435.
- Morton, O. (2006). Contenido de Metales Pesados en Suelos de la Ciudad de México. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 9(1), 45-47.
- Pérez, J., Domènech, J., Ramos, J. & Molinelli, L. (2008). Suelos Contaminados. Documento Final. GT-SCON – IXCONAMA. 9no. Congreso Nacional del Medio Ambiente. España.
- Pérez, L. & Moreno, A. (2000). Valoración de la calidad de un suelo en función del contenido y disponibilidad de metales pesados. *Edafología*, 7(3), 113-120.
- Peris, M. (2006). Estudio de metales pesados en suelos bajo cultivos hortícolas de la provincia de Castellón. Universidad de Valencia. Servei de publicacions. Tesis Doctoral.



- Pina, J. (2007). Estudio de los niveles de referencia y valores de fondo de elementos traza en los suelos. Departamento de Ingeniería Química y Combustibles. Abstract (del IGME) Spain.
- Prieto-Méndez, González, A., González, C., Román, A. & Prieto, F. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales Pesados provenientes de suelos y agua. *Revisión. Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10, 29-44.
- Puga, S., Sosa, M., Lebgue, T., Quintana, C. & Campos, A. (2006). Contaminación por metales pesados en suelo provocada por la industria minera. *Ecología Aplicada*, 5(1-2).
- Rihn, A. & Anacona, C. (2004). “Riesgos ambientales asociados a sitios contaminados”. Proyecto FDI. INTEC-SAG. México.
- Rivera, H., Chira, J., Campián, M. & Cornelio, F. (2008). Análisis correlacional y evolutivo de los metales pesados en sedimentos del río Santa entre Huaraz – Carhuaz. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG*, 11(21), 19-24
- Sánchez, M. (2003). Determinación de metales pesados en suelos de Medina del Campo (Valladolid): contenidos extraíbles, niveles de fondo y de referencia. Universidad de Valladolid. España. Tesis Doctoral.
- Sierra, Manuel. (2005). Niveles de metales pesados y asociados en suelos de la provincia de Almeira. Parámetros que los afectan y riesgos de contaminación. Departamento de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Granada. España. Tesis Doctoral.
- Suciu, I., Cosma, C., Todică M., Bolboacă, S. & Jäntschi, L. (2008). Analysis of Soil Heavy Metal Pollution and Pattern in Central Transylvania. *Transylvania. Int. J. Mol. Sci.*, 9, 434-453.
- Vázquez, A., Cajuste, L., Carrillo-González, R., Zamudio-González, B., Álvarez-Sánchez, E. & Castellanos-Ramos, J. (2005). Límites permisibles de acumulación de cadmio, níquel y plomo en suelos del valle del mezquital, Hidalgo. *Terra*



Desarrollo de un concentrado enzimático sustituto en la mezcla aditiva empleada en la producción de la harina de trigo panadera

Leonardo Franceschi; Alberto Mieres Pitre; Morelba Valdivieso.
Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.
leo.franceschi@gmail.com; albertopitre@intercable.com.ve

Resumen

Se planteó desarrollar un concentrado enzimático en base a enzimas puras que mantuviera o mejorara el rendimiento funcional de las masas durante los procesos de panificación; y a su vez, generara una reducción en los costos de la mezcla aditiva que se usa en una empresa molinera en la producción de harina de trigo panadera. En la formulación del concentrado enzimático se emplearon: dos xilanasas, una glucosaoxidasa, una lipasa y una alfaamilasa; se utilizó azodicarbonamida como complemento de la mezcla aditiva. Se desarrollaron dos diseños factoriales de experimentos para evaluar el comportamiento funcional de las masas resultantes de los tratamientos experimentales. El análisis funcional se llevó a cabo mediante dos métodos de panificación: A y B, de donde se seleccionó el tratamiento 7 como mejor alternativa de sustitución tomando en cuenta un indicador funcional llamado puntaje. Los resultados farinográficos y alveográficos de este tratamiento se encontraron entre los rangos de calidad establecidos por la empresa que certifican un adecuado comportamiento reológico. Al producto panificable del tratamiento seleccionado se le aplicó un perfil sensorial cuyo análisis determinó una diferencia entre ligera y moderada respecto al estándar para las características de: regularidad, desgarramiento del pan y espesor de la miga. Se estimó una reducción de costos en materia prima de 82,97% a una tasa de cambio oficial.

Palabras clave: concentrado enzimático, harina de trigo panadera, propiedades reológicas, propiedades funcionales, diseño estadístico de experimentos.

Development of a substitute enzymatic complex for the additive mix employed in the production of bread-making wheat flour

Abstract

It is known the use of enzymes on the improvement of dough's functional properties; therefore, it was desired to develop an enzymatic complex based on pure enzymes that could maintain or even improve the functional efficiency of doughs during bread-making processes; it was also wanted to reduce the costs involved in the acquisition of the additive mix used to produce bread-making wheat flour in a miller enterprise. The pure enzymes used in this research were: two xylanases, a glucosidase, a lipase, and an alphaamylase with azodicarbonamide as a complement for the additive mix. Two factorial designs were developed with the objective of evaluating the functional behavior of the resulting doughs from the experimental treatments. The functional analysis was made with two different bread-making processes: A and B, where the 7th treatment was choiced as the most appropriate for replacement. The rheological results on the farinograph and alveogram were into the quality parameters required and stablished by the miller enterprise. A sensorial profile was applied to the bread made with the treated wheat flour where it was seen a difference between light and moderate for the following features respect to the standard: regularity, tearing, and thickness of the french bread's crumb. The reduction on costs with this research was of 82,97 % with an official rate for the actual monetary change in Venezuela.

Key words: enzymatic complex, breadmaking wheat-flour, rheological properties, functional properties, statical design of experiments.

Introducción

La función bioquímica de las enzimas en el acondicionamiento de las masas ha sido estudiada anteriormente en varios trabajos de investigación. P. ej., el ataque extracelular del almidón se debe a la acción hidrolítica de las amilasas. La α -amilasa ataca los enlaces 1,4- α -glicosídicos aún en el centro de la cadena, por lo que se la conoce como endoamilasa, produciendo glucosa, maltosa y oligómeros de 3 a 7 unidades. [1]. Por otra parte, las xilanasas son enzimas hidrolíticas que despolimerizan a los arabinoxilanos (AX) y se usan extensamente en la panificación. Las xilanasas rompen las estructuras del WU-AX convirtiéndolo al polímero WE-AX, con la liberación de agua. Una hidrólisis extensiva del AX causa una redistribución del agua desde el AX

hasta el gluten o el almidón haciendo la masa más suave y más viscosa. [2]. Cabe mencionar, la enzima glucosa oxidasa que se encarga de la oxidación de la glucosa para formar ácido glucónico con la ayuda del oxígeno atmosférico; su otro efecto es la transformación del agua en peróxido de hidrógeno. Este agente oxidante actúa sobre los grupos de tiol del gluten, ya sea directamente o a través de varias vías de acceso, incluyendo la formación de enlaces de disulfuro y de este modo reforzando la proteína. [3]. Finalmente, la lipasa convierte los lípidos no polares en diglicéridos y monoglicéridos, es decir, emulsificantes. Lo más probable es que la acción de los emulsionantes formados enzimáticamente sobre el rendimiento de volumen sea pronunciada debido a que ya están situados en los lugares correctos de la masa para



mejorar las propiedades de las proteínas.[3]. La empresa molinera bajo estudio hace una inversión en la adquisición del concentrado enzimático que representa un 90% del costo total de la mezcla aditiva. Esta situación, eleva los costos de producción de la harina de trigo panadera por parte de la empresa molinera. Este proyecto tiene como objetivo general buscar una sustitución de tal concentrado enzimático por vías de una formulación propia de la empresa en base a enzimas puras que no sólo disminuya los costos de materia prima para la producción de harina de trigo panadera, sino que también a través de esta forma se diversifiquen los proveedores de la mezcla aditiva con el objeto de garantizar un suministro constante e ininterrumpido a la empresa en caso de falla de alguno.

Metodología

Tomando en cuenta los objetivos de la investigación esta obedece a ser de tipo explicativa experimental. En este orden, el concentrado enzimático lo conformaron 6 enzimas comerciales recomendadas por el departamento de Investigación y Desarrollo y que suministró la empresa Novozymes: dos xilanasas (Pentopan Mono BG-XIL1-, Pentopan Plus BG-XIL 2-); una glucosa oxidasa (Gluzyme Mono 10000 BG-GOD-); una lipasa (Lipopan Extra BG-LIP-); y una alamilasa (Fungamyl 2500 SG-AMYL-). La mezcla aditiva se completó con un agente oxidante: azodicarbonamida (ADA) al 99 %. Se utilizó harina sin tratamiento proveniente de la molinera de un trigo canadiense CWRS-1 corte VX2 proveniente de la línea de producción de la empresa molinera.

Por recomendación del proveedor enzimático, se platearon las posibles concentraciones de los componentes de la mezcla aditiva. Se llevaron a cabo dos diseños factoriales de experimentos con dichas concentraciones; los tratamientos resultantes se observan en la tabla 1, cuyas masas se pesaron en una balanza analítica se llevaron luego a ser homogeneizados mecánicamente en 3 kg de harina sin tratamiento dispuestos en un dispositivo de agitación por 20 min. Las características funcionales de las masas se evaluaron mediante dos métodos experimentales de panificación creados por la empresa y llamados: A y B. En el primero; la formulación de la masa consistió en una cantidad de harina y agua medidas a objeto de lograr un 52 % de absorción que dependió de la humedad de la muestra de harina (COVENIN 1553:1988) [4]; 50 mL de una solución salina al 15% p/v y 50 mL de una solución de levadura instantánea al 2,4% p/v. Estos ingredientes se homogeneizaron en una amasadora: 2 min. y 4 min. en baja y alta velocidad, respectivamente. La masa resultante se envió 30 min. a un gabinete de fermentación en condiciones de temperatura y humedad de (90±2)°F y (90±2) %RH, respectivamente; luego de este tiempo la masa se picó en 8 piezas de (90,0 ±0,1) g. c/u boleada manualmente y llevada de nuevo al gabinete de fermentación, esta vez por 40 min.; posteriormente, a partir de cada pieza se formaron cilindros de masa característicos del pan francés que se llevaron a una última fermentación por 2 h 15 min.; cada masa se cortó y cocinó en un horno a (400 ±10) °F por 20 min. Los 16 tratamientos fueron

Tabla 1: Combinaciones de las variables resultantes del primer y segundo diseño factorial 2³ junto con el volumen específico y puntaje final de las masas al ser evaluadas mediante el método A de panificación.

Diseño	Tratamiento	Concentración (ppm)						Volumen Específico (V _E ± 0,05) mL/g	Puntaje Final (P _F ± 0,1) Adim
		X I L 1	X I L 2	G O D	L I P	A D A	A M Y L		
	STD							5,73/6,56*	100,0/98,0*
1	1	25	15	0	6	30	7	5,25	65,5
	2			0	6	40		5,59	73,8
	3			0	8	30		5,91/6,92*	97,7/85,7*
	4			0	8	40		5,78	73,7
	5			4	6	30		5,38	95,3
	6			4	6	40		5,45	76,4
	7			4	8	30		5,79/6,62*	100,0/99,4*
	8			4	8	40		5,53	70,0
2	9	50	0	0	6	30	7	5,51	75,7
	10			0	6	40		5,42	67,5
	11			0	8	30		5,63	90,3
	12			0	8	40		5,58	64,4
	13			4	6	30		5,33	78,1
	14			4	6	40		5,30	67,4
	15			4	8	30		5,67	94,9
	16			4	8	40		5,52	66,2

*Valores obtenidos mediante el método B de panificación; por haber obtenido un Puntaje Final mayor a (P_F ± 0,1) Adim en el método A de panificación.



evaluados bajo el método de A; las mejores selecciones se llevaron al método B. La formulación de la masa en el método B fue: (3000,0 ±0,1) g. de harina, (52,5 ±0,1) g. de sal comercial, (1500,0±0,1) g. de agua, (30,0 ±0,1) g. de manteca vegetal, (45,0 ±0,1) g. de azúcar y (7,0 ±0,1) g. de levadura. Estos ingredientes se mezclaron en una amasadora de eje oblicuo por 20 min.; la masa se pasó por un cilindro laminador; luego por una divisora hidráulica para formar 36 piezas de (62,5±0,1) g. c/u, las cuales se llevaron a un dispositivo formador para elaborar los cilindros de masa característicos del pan francés; la fermentación de las masas duró 4 h. sin control de humedad ni temperatura. La cocción fue por 15 min. a una temperatura de (400 ±10) °F.

Se elaboró un instrumento de evaluación del cual se extrajo un indicador funcional cuantitativo llamado "puntaje" para cada tratamiento. En dicho instrumento se midieron y valoraron variables cualitativas como: acción de masas en el amasado, elaboración y cocción; así como también variables cuantitativas como: volumen específico de los panes, número de panes abiertos luego de la última fermentación y número de panes cerrados por el corte después de la cocción. Respecto al análisis reológico, se llevó a cabo una prueba alveográfica en un alveógrafo Chopin MA 82 siguiendo el método aprobado por la AACC 50-30. Los parámetros determinados fueron: tenacidad (P), extensibilidad (L), y fuerza de la harina (W). Se usó un farinógrafo Brabender 3S300 siguiendo el método aprobado por la AACC 54-21. Los parámetros determinados fueron: porcentaje de absorción de agua (WA), tiempo de desarrollo (DT), tiempo de estabilidad (ST) e índice de tolerancia (TI). Se realizó un análisis sensorial en el cual se empleó un panel de evaluación sensorial constituido por un grupo de 7 personas entrenadas pertenecientes a la gerencia de Servicios Técnicos de la empresa molinera. El formato que se elaboró estableció un rango de descripción entre -3 y +3 donde ±3 significó mucha diferencia con el estándar, ±2 diferencia moderada, ±1 diferencia ligera entre la muestra y el estándar y 0 cuando no hubo diferencia con el estándar. En cuanto al aspecto económico, se calculó el costo de la mezcla aditiva con el concentrado enzimático propuesto, tomando en cuenta los costos unitarios de cada componente de la misma puestos en almacén. Se determinó la reducción porcentual del costo de la materia prima con la implementación de la nueva mezcla aditiva.

Resultados y Discusión

Con el objeto de realizar el análisis funcional, se realizó la gráfica de efectos principales (figura 1) donde se tuvo que el volumen específico del producto panificado fue inversamente proporcional a la concentración de GOD y ADA; a diferencia de la LIP cuyo efecto principal

fue una relación proporcional de la concentración de la enzima con el volumen del producto panificado. Resultados similares fueron obtenidos por Caballero et al. (2007) [5]. Respecto al efecto del ADA; la explicación de este comportamiento viene de un excesivo reforzamiento de la red de gluten que no permite una expansión considerable en los alveolos de la masa. Cuando la red de gluten se encuentra demasiado fortalecida por efecto de una sobreoxidación de la masa; el CO₂ liberado en la fermentación busca expandirse por la sección más débil de la masa que en este caso es la pestaña de la pieza del pan francés. En cuanto a la LIP, Potus et al. (1996) [6] subrayaron que los lípidos polares agregados a la harina de trigo, resultan en una mejora funcional del volumen específico del producto panificado. Asimismo, observaron un efecto inversamente proporcional del volumen específico con el aumento de lípidos no polares en la harina de trigo. Se dice que los lípidos polares ayudan a la estabilización de las celdas de gas en la masa haciéndolas probablemente más flexibles y tolerables a la expansión durante la cocción de las masas. Dado que la LIP convierte lípidos no polares en polares, es lógico que se haya visto un incremento del volumen específico de los panes al aumentar la concentración de esta enzima.

Para el puntaje; se realizó la figura 2 de efectos principales en donde se observó un efecto inversamente proporcional en este parámetro para la concentración de ADA y uno proporcional para la concentración de GOD y LIP; lo que indica que el ADA a 40 ppm sobreoxidó las masas, mientras que la GOD y la LIP ayudaron al acondicionamiento de las mismas: en el horno, y en el volumen específico del producto panificado, respectivamente. Se observó que el efecto sobre el volumen específico (tabla 1, pares 1-9, 2-10 y así sucesivamente) del producto panificado fue siempre mayor con el cruce de xilanasas (primer diseño experimental); esto se atribuyó a que la XIL 2 es una enzima de mayor actividad por lo cual su acción sobre los arabinoxilanos es más agresiva que XIL 1, provocando una mayor hidrólisis de los pentosanos presentes en la harina de trigo. Resultados similares fueron obtenidos por Ling (2008) [2] al utilizar una xilanasas del mismo tipo en combinación con ácido ascórbico. Se tomó como criterio de selección aquellas corridas cuyo puntaje fuese mayor a (97,0±0,1) Adim. Así, los tratamientos seleccionados según el método A fueron el 3 y el 7; los cuales fueron llevados al método de panificación B cuyos resultados se observan en tabla 1 **; de este último método de panificación, se seleccionó el tratamiento 7 aplicando el criterio antes expuesto.

En cuanto al análisis reológico, en la tabla 2 se pueden observar las distintas pruebas fisicoquímicas o reológicas junto con los parámetros de calidad establecidos por la empresa molinera en un rango mínimo y máximo; y los valores de cada uno de estos parámetros tanto para la harina patrón como para el tratamiento 7. En cuanto a



Figura 1: Efectos principales sobre el volumen específico (primer diseño).

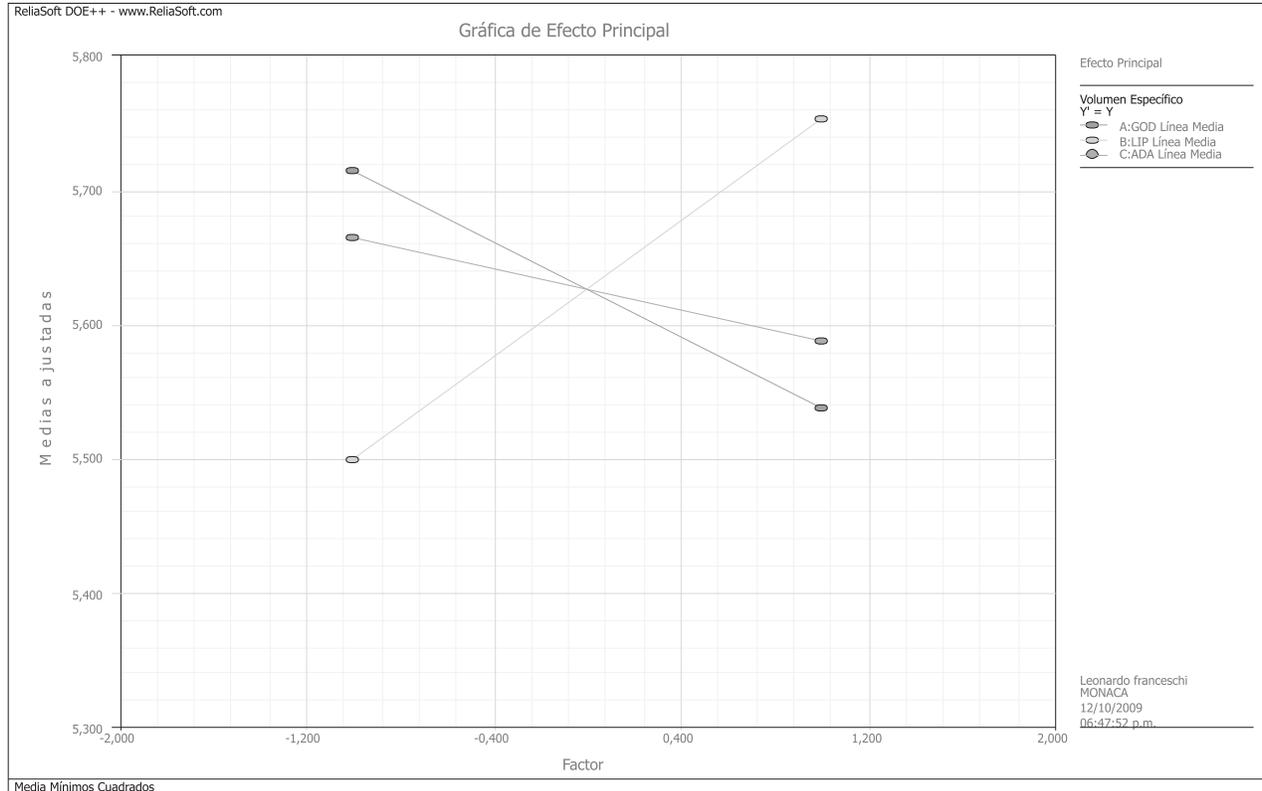
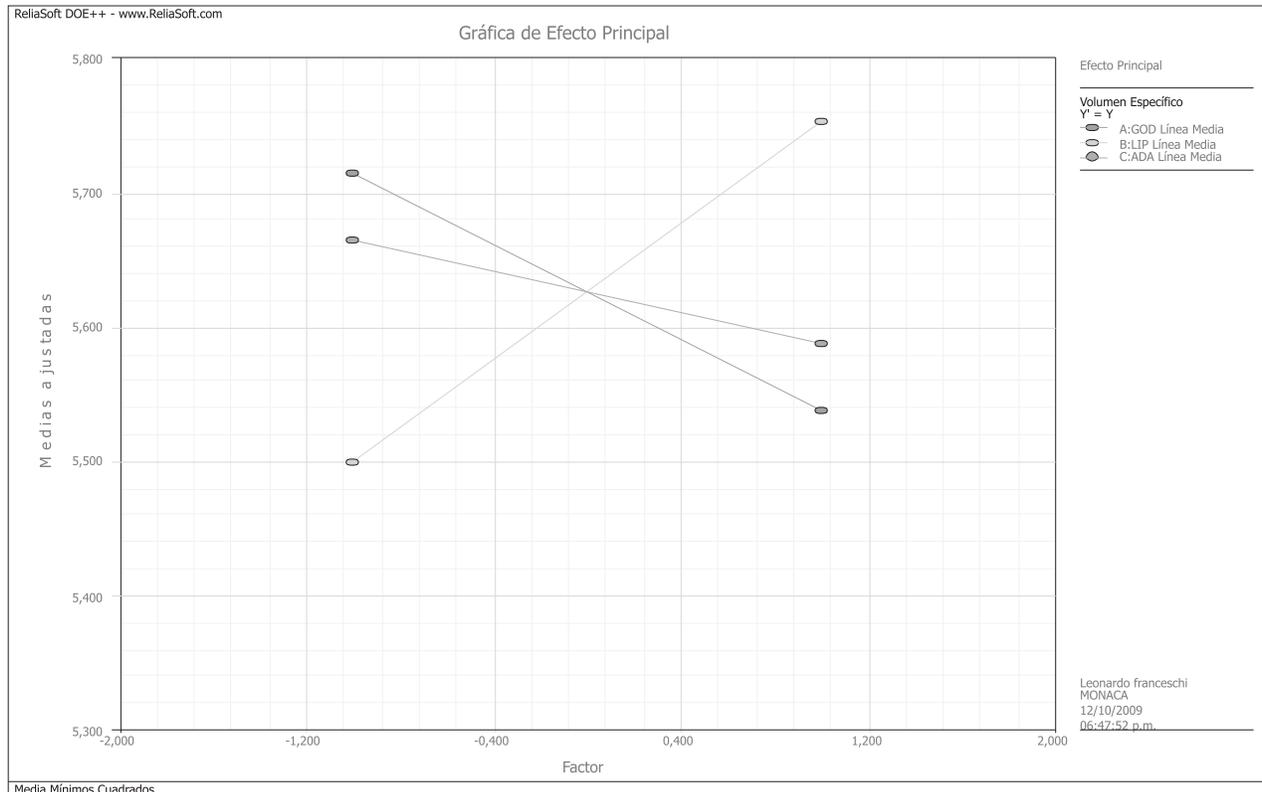


Figura 2: Efectos principales sobre el puntaje (primer diseño).





la harina patrón, se puede observar que esta poseyó todas sus características dentro del rango de los parámetros de calidad establecidos por la empresa molinera.

Del tratamiento 7 se exponen los siguientes resultados farinográficos: se obtuvo un tiempo de ($7,2 \pm 0,1$) min. –dentro de rango-para alcanzar la máxima consistencia de la masa (tiempo de desarrollo); un tiempo de desarrollo mayor a ($7,0 \pm 0,1$) min. es típico de harinas débiles o sin tratamiento que generalmente presentan menor estabilidad por el debilitamiento de los puentes de disulfuro formados durante el amasado.

Un tiempo de estabilidad mayor a ($10,0 \pm 0,1$) min. es propio de harinas fuertes, capaces de tolerar la acción mecánica manteniendo una consistencia por encima de las 500 FU (unidades farinográficas) por un tiempo prolongado; la muestra presentó un tiempo de estabilidad de ($13,0 \pm 0,1$) –dentro de rango- lo que calificó como una masa capaz de mantener su propiedades viscoelásticas por un tiempo prudencial. Esto puede ser debido a la adición de las xilanasas ya que la hidrólisis de los arabinoxilanos causa una redistribución de agua desde los mismos hacia la red del gluten, haciendo la masa más viscosa (Selinheimo et al., 2005) [7]. La muestra presentó un índice de tolerancia de (20 ± 1) FU lo que certificó su aptitud para panificación; un índice de tolerancia comprendido entre 0 y 30 es propio de harinas fuertes.

Respecto a los parámetros alveográficos, la muestra obtuvo un valor de tenacidad de (96 ± 1) mm H₂O cercano al límite máximo de calidad. Esto quiere decir que la masa proveniente de esta harina posee una red de gluten lo suficientemente fortificada como para asegurar la maquinabilidad y manipulación de la masa. En este sentido, dicho valor se debió probablemente al uso de una enzima oxidoreductora: GOD y un agente oxidante: ADA que trabajaron sobre la malla viscoelástica. La extensibilidad de la muestra fue de (124 ± 1) mm. Esto quiere decir, que la muestra además de generar masas tenaces ofrece una buena resistencia

a los esfuerzos mecánicos sobre la masa. La fuerza de la muestra de harina fue de (353 ± 1) J lo cual evidencia que la masa es capaz de soportar la presión del CO₂ proveniente de la fermentación sin romper ni modificar (en forma) la geometría dispuesta de la masa. De acuerdo al análisis sensorial, en la tabla 3 se encuentran las respuestas de los jueces entrenados, junto con el promedio aritmético de sus juicios correspondientes a cada característica evaluada. Las características de la muestra que tuvieron alguna diferencia importante al estándar fueron color y regularidad del pan y espesor de la miga. El color del pan presentó una ligera diferencia respecto al estándar posiblemente debido al uso de una alfamilasa de distinta generación (distinta actividad y organismo de reproducción) a la usada actualmente en el concentrado enzimático. Respecto a la regularidad del pan, la muestra obtuvo una calificación positiva de 1,43 lo que representa una diferencia entre ligera y moderada respecto al estándar. Este valor positivo indica una mejor uniformidad y definición en el corte de las piezas del pan francés; lo cual se atribuye a una mejora en la calidad del producto en consideración con el estándar. En cuanto al desgarramiento la muestra tuvo un promedio de puntuaciones de -1,86 lo cual indica una diferencia de ligera a mediana respecto al estándar. Este valor negativo se interpreta como la presencia de un menor desgarramiento en la aleta del pan por donde se produce el corte; este hecho le contribuye al producto panificado una geometría más definida y un valor estético mucho mayor. El desgarramiento es propio de masas sobreoxidadas; es posible que la actual mezcla aditiva contenga una concentración o mezcla no conveniente de enzimas oxidativas. Finalmente, para el espesor de la miga -con la muestra- se observó una reducción del mismo respecto al estándar al haber obtenido un promedio de calificación en este aspecto de -1,43. Según otras investigaciones las enzimas responsables de obtener migas más uniformes y pequeñas son las alfamilasas y xilanasas (ambas incluidas en el concentrado sustituto) (Ling, 2008) [2].

Tabla 2: Valores fisicoquímicos y reológicos de la harina control de la empresa y la muestra seleccionado por el método de panificación B.

Prueba fisicoquímica o reológica	Parámetros de calidad		Harina de trigo patrón VX2	Muestra (Formulación N 7)
	Min	Max		
Humedad (%H $\pm 0,004$)	10,00	14,00	13,18	13,24
Cenizas (%C $\pm 0,8$)	-	-	480,0	484,0
Proteínas (%P $\pm 0,05$)	12,00	-	12,58	12,50
Porcentaje de absorción de agua (WA $\pm 0,1$) %	60	-	58,0	62,0
Tiempo de desarrollo (DT $\pm 0,1$) min	7	-	7,9	7,2
Tiempo de estabilidad (ET $\pm 0,1$) min	10,0	-	11,2	13,0
Índice de tolerancia (TI ± 1) FU	0	30	26	20
Tenacidad (T ± 1)mmH ₂ O	80	108	99	96
Extensibilidad (L ± 1)mm	-	126	119	124
Fuerza de la harina (W ± 1) J	200	400	314	353



Tabla 3: Resultados de la evaluación sensorial aplicada al producto panificado con la mezcla aditiva sustituida.

		-3	-2	-1	0	1	2	3	PA*
ASPECTO DEL PAN	Color				1	6			0,86
	Espesor			2	4	1			-0,14
	Crujiente				6	1			0,14
	Desarrollo				5	2			0,29
	Regularidad				2		5		1,43
ASPECTO DE LA MIGA	Desgarramiento		6	1					-1,86
	Color			1	6				-0,14
	Flexibilidad				6	1			0,14
	Elasticidad			1	6				-0,14
	Pegajosidad				7				0,00
ALVEOLADO	Regularidad				5	2			0,29
	Espesor		4	2	1				-1,43
Sabor salado					6	1			0,14

En cuanto al aspecto económico, el costo de la nueva mezcla aditiva se obtuvo conociendo la concentración de cada componente de la mezcla aditiva (tratamiento 7), la masa de las mismas para la base de cálculo estimada (1 kg), así como también su costo unitario y costo parcial de acuerdo a la concentración de cada componente en la harina. El costo total de la nueva mezcla se obtuvo como la suma de los costos parciales de cada componente y arrojó un valor de 0,003349\$ que equivale a 0,007200 BsF a una tasa de cambio oficial de 2,15 BsF/\$ para octubre de 2009. La reducción fue de un 82,97 %.

Conclusiones

El tratamiento 7 fue el que desarrolló mejor desempeño funcional tanto en el método A como el método B; observándose una diferencia entre ligera y moderada para las características sensoriales de: regularidad, desgarramiento del pan y espesor de la miga respecto al estándar. Las propiedades fisicoquímicas y reológicas del tratamiento 7 cumplieron con los estándares de calidad establecidos por la empresa molinera. Por último, se obtuvo una reducción del costo de materia prima con el uso del tratamiento 7 de 82,97 % a una tasa de cambio oficial.

REFERENCIAS

[1] Carrillo, L. (2003). Microbiología Agrícola. Consultado en agosto, 2009 en <http://www.unsa.edu.ar/matbib/micagri/micagricontenido.pdf>.

[2] Ling, H (2008). Using enzymes to improve frozen dough bread quality. Trabajo de grado de maestría no publicado. Department of grain Science and Industry. College of Agriculture. Manhattan, E.E.U.U.

[3] Popper, L. (2008). Enzimas-las mejores amigas de las harinas-. Consultado en Agosto, 2009 en <http://www.muehlenchemie.de/downloads-expertenwissen/mc-enzyme-popper-esp.pdf>.

[4] Covenin 1553 (1988). Determinación de humedad en productos de cereales y leguminosas. Caracas, Venezuela: Fondonorma.

[5] Caballero, P.; Gómez M.; Rosell, C. (2007). Bread Quality and Dough Rheology of enzyme-supplemented wheat flour. *European Food Research and Technology*, 224, 525-534.

[6] Potus, J.; Dracon, R.; Poiffait, A. (1996). La Panificación. En J. Paquet (ed.), *Las enzimas* (pp. 446-465). Barcelona, España: Montagud Editores.

[7] Selinheimo, E.; Kruus, K.; Buchert, J.; Hopia, A.; Autio K. (2006). Effects of laccase, xylanase and their combination on the rheological properties of wheat dough. *Journal of Cereal Science*, 43, 152-159.

[8] Montgomery (1991). *Diseño y análisis de experimentos* (Primera edición). Mexico D.F, México: grupo editorial Iberoamérica.



Balance del Nitrógeno en un Suelo Venezolano clasificado como Fluventic Haplustepts

Lily Marcano¹ y Graciano Elizalde²

¹Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Carabobo, Venezuela
lmarcano@uc.edu.ve

²Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela
elizalde@agr.ucv.ve

Resumen

Para estimar el efecto de la fertilización con urea sobre la variación del N, se realizó un balance en un suelo derivado de sedimentos aluviales recientes, después de la aplicación de 125 y 250 kg N ha⁻¹ de urea (U125 y U250 respectivamente) y riego cada 9 días durante 150 días, y se comparó con un suelo control regado pero no fertilizado. El ensayo se realizó en columnas de suelos sin disturbar, de 20 cm de diámetro por 60 cm de largo. Se determinó el contenido del N orgánico e inorgánico antes y después de los ensayos y la cantidad total de N inorgánico lixiviado. El riego equivalente a un tercio del volumen que precipita en un periodo de lluvia típico durante un lapso similar al del estudio, induce a la pérdida del 76% del N-total del suelo, y el agregado de una cantidad equivalente al 5% del N-total inicialmente contenido en el suelo, mediante 250 kg N ha⁻¹ de urea, estimula la “liberación” de 22% del N-total del suelo, mientras que agregando el 2,5% del N-total con el tratamiento U125, se perdió el 11% del N-total. Se concluye que, en este suelo, el riego provocó una fuerte mineralización de la materia orgánica, la cual fue compensada parcialmente por la fertilización; ello aumentó el N inorgánico en el suelo y compensó en parte las pérdidas de NH₄⁺ y NO₃⁻ por lixiviación.

Palabras clave: Balance de Nitrógeno, nitrato lixiviado, columnas sin disturbar, urea fertilización, suelo aluvial.

Nitrogen Balance in a Fluventic Haplustepts soil, from Venezuela

Abstract

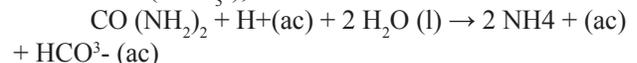
A nitrogen (N) balance study was carried out over 150 days on an alluvial soil (Fluventic Haplustept) derived from recent sediments after application of 125 and 250 kg N/ha as urea with irrigation every 9 days. Treatments were compared with a control soil that was irrigated also. The experiment was conducted in undisturbed soil columns (20 cm diameter and 60 cm long). The contents of organic and inorganic N were determined before and after the experiment, and total content of N-inorganic leaching was measured after each irrigation event. On this soil, the application of irrigation leads to the loss of 76% of the N-total on the soil; the addition of urea by an amount equal to 5% of initial content of N-total, stimulates the “liberation” of 22% of the N-total in the soil, while adding 2.5% N produces 13% of the N-total losses. In consequence, irrigation caused a strong mineralization of organic matter that was partially compensated for by fertilization and increased inorganic N in soil which was partially compensated by NH₄⁺ and NO₃⁻ leaching.

Key Words: Nitrate leaching, undisturbed columns of soil, urea fertilization, alluvial soil.

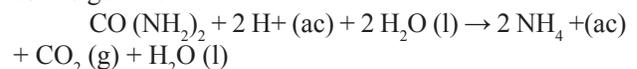
Introducción

Estudios realizados sobre el efecto de la lixiviación de los nitratos del suelo sobre la contaminación de las aguas, tanto superficiales como subterráneas, indican que existe una relación muy estrecha entre ésta y las prácticas inadecuadas de manejo de los suelos agrícolas (Sierra et al., 2001), tales como el uso intensivo de fertilizantes nitrogenados que se aplican al suelo y el riego intensivo (Waddell et al., 2000). El nitrógeno (N) en los suelos se encuentra básicamente bajo la forma de N orgánico. Addiscott y Whitmore (1991) señalan que el uso del fertilizante nitrogenado produce un aumento de la mineralización del N del suelo y es este N y no el procedente del fertilizante, el responsable por la mayor parte del nitrato que se pierde del suelo. Se considera que el nitrato es un serio problema en la calidad del agua potable y causa de la eutrofización de las aguas; esto explica la permanente preocupación por aumentar la eficiencia de la fertilización nitrogenada y controlar pérdidas en la agricultura.

Cuando se aplica urea al suelo, ésta es oxidada a NH₄⁺, el cual, si las condiciones del suelo son adecuadas, se oxida rápidamente a NO₃⁻. El nitrato así formado puede perderse del suelo a través de procesos tales como la lixiviación o la desnitrificación (Dharani et al., 2009). En suelos con pHs mayores que 6,3, cuando se agrega urea, ésta sufre un proceso de hidrólisis, generando como productos de la reacción amonio (NH₄⁺) y el anión bicarbonato (HCO₃⁻),



Si el pH es menor de 6,2, la hidrólisis de la urea es la siguiente:



La hidrólisis es catalizada por una enzima ureasa, cuya actividad es muy importante en el horizonte superficial de los suelos y se reduce con la profundidad, siguiendo el patrón de distribución de la materia orgánica del suelo (MOS).



Obviamente, para que ocurra la reacción inicial de hidrólisis es necesario que exista disponibilidad de agua en el suelo. La incorporación de la urea, por acción del agua de lluvia o riego, reduce el N eliminado a la atmósfera como NH_3 ya que el fertilizante es muy soluble en agua y se desplaza hacia una zona de menor actividad ureásica.

La urea es uno de los fertilizantes más utilizados en Venezuela, debido a su bajo costo, su elevada concentración de nitrógeno (N) por unidad de producto (46% de N) y su gran solubilidad en la solución edáfica. Sin embargo, se conoce muy poco acerca del efecto que la aplicación de urea tiene sobre las diferentes formas de nitrógeno (N) en el suelo y sobre el N lixiviado. Con la finalidad de obtener una estimación del efecto de la aplicación de urea sobre las variaciones del N, se realizó el balance de este elemento en un suelo derivado de sedimentos aluviales, sin cultivo, después de la aplicación de: riego sin fertilización (suelo control) y riego y urea a 125 y 250 kg N ha^{-1} (U125 y U250 respectivamente).

Metodología

El ensayo se realizó en un suelo agrícola representativo de la Cuenca del Lago de Valencia, estado Aragua, en la región Centro Norte Costera de Venezuela (W $67^{\circ}36'$ – N $10^{\circ}21'$) [Figura 1], de textura franca, moderadamente drenado y con relativamente bajo contenido de materia orgánica, clasificado como Fluventic Haplustepts. Algunas de las propiedades físicas y químicas de este suelo se presentan en Tabla 1. El ensayo se llevó a cabo en columnas de suelos sin disturbar de 20 cm de diámetro por 60 cm de largo, las cuales fueron extraídas, preparadas, evaluadas y estabilizadas antes de la aplicación de los tratamientos (Marcano, 2007). Se tomaron un total de 9 columnas, todas las cuales fueron regadas con agua destilada. Tres columnas fueron fertilizadas con urea en dosis equivalente a 125 kg N/ha (U125) y otras tres con una dosis de 250 kgN/ha (U250); las tres columnas restantes, con riego y sin fertilización, fueron tomadas como control. La urea fue aplicada a 5 cm de la superficie del suelo. Para mantener los suelos permanentemente húmedos y cercanos a su máxima capacidad de retención de agua, a todas las columnas se les aplicó una lámina de agua de 1,11 cm (350 mL) cada 9 días durante 4 meses, hasta acumular una lámina de 16,65 cm en 15 riegos. Se tomaron previsiones para no producir perturbación del suelo superficial de las columnas en cada aplicación de agua. Después de cada evento de riego, se midió el volumen lixiviado y se determinaron las diferentes formas de N presentes en los lixiviados, para lo cual se reunieron los lixiviados de las tres repeticiones de manera de obtener una muestra compuesta. Se determinó el contenido de nitrógeno total del suelo antes y después del ensayo por el método Kjeldahl modificado utilizando KMnO_4 -Fe reducido,

que incluye nitratos y nitritos (Bremner, 1996). El N-inorgánico se extrajo con solución 2M de KCl, (1:10 suelo: solución) y las diferentes formas de nitrógeno inorgánico (N-NO_3^- y N-H_4^+) fueron determinadas (Mulvaney, 1996). El N-orgánico se obtuvo sustrayendo el N- inorgánico total del N-total Kjeldhal.

Figura 1: Ubicación del suelo estudiado.



Los resultados se analizaron estadísticamente por medio de la prueba no paramétrica de Wilcoxon Rank Sum Test a nivel de significancia 0,05.

Extracción y preparación de las columnas sin disturbar

Para la extracción de las columnas de suelo, se abrió una calicata de aproximadamente 4 m por 6 m, la cual se dividió en cuadrículas de aproximadamente 1 x 1,5 m, tomándose las columnas en el centro de cada una a 50 cm de los bordes y espaciados a 1,5 m uno de otro para un total de 9 columnas. El suelo alrededor de cada cuadrícula seleccionada, fue retirado para la toma del monolito, y se procedió a tallar el suelo hasta dejar una columna perfectamente circular de aproximadamente 20 cm de diámetro y 60 cm de profundidad, con medidas algo más grandes que las dimensiones internas de un cilindro de PVC de 20 cm de diámetro y de 60 cm de largo, que se colocó a presión alrededor de la columna. Las columnas fueron trasladadas al Laboratorio de Agrología de la UCV donde fueron preparadas antes de ser utilizadas para evaluar el proceso de lixiviación de nitratos. Para ello, después de enrasar el extremo inferior donde está el corte con el suelo original, se le colocó una malla de liencillo, una malla plástica fuertemente sujeta al cilindro y un embudo para facilitar la recolección del lixiviado. Los lisímetros se colocaron sobre una estructura metálica que los sujetó y facilitó la aplicación de la solución que iba a producir la lixiviación y la recolección del percolado de las columnas. El extremo superior de las columnas de

**Tabla 1:** Propiedades físicas y químicas del suelo aluvial. (Promedios ponderados).

Propiedades	Unidades	Valores
pH (en agua 1:2)		6,7
Conductividad eléctrica (en agua 1:2)	dSm ⁻¹	0,09
MOS	%	1,27
CaCO ₃ equivalente	%	4,6
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	Cmol Kg ⁻¹	9,1
N total	%	0,0485
C/N		14,78
Conductividad hidráulica	Cm h ⁻¹	0,0028
Porosidad Total	%	39
Porosidad > 15 μm	%	6
Densidad aparente (Da)	Mg /m ³	1,59
Arcilla	%	19
limo	%	34
Arena	%	48
Mineralogía		Illita, vermiculita, esmeclita y caolinita

suelo fue tapado después de agregar la solución para cada evento de lavado, para asegurar que no hubiera pérdidas por evaporación.

Balance del Nitrógeno

A partir del contenido de N orgánico (N_o) e inorgánico (N_i) presente en el suelo al principio (N_{oi} y N_{ii}) y al final del experimento (N_{or} y N_{ir}) y del N orgánico e inorgánico lixiviado (N_{ol} y N_{il}), expresados en g N columna⁻¹, se determinaron las variaciones porcentuales del N (orgánico e inorgánico) (ΔN_o) después de los ensayos y se obtuvo de esta manera una estimación de la dinámica del N en los diferentes tratamientos. La variación del N orgánico (ΔN_o) se determinó mediante la fórmula (1):

$$\Delta N_o = (N_{oi} + N_f) - (N_{or} + N_{ol}) \quad (1)$$

Donde, N_f es el nitrógeno proveniente del fertilizante.

Dichas variaciones pueden ocurrir por mineralización y transformación en nitrógeno inorgánico y por lixiviación o por formación de materia orgánica nueva a partir de las formas inorgánicas (ganancia de N_o).

Las variaciones del N inorgánico están representadas la fórmula (2):

$$\Delta N_i = N_{ii} - (N_{il} + N_{ir} + N_{ip}) \quad (2)$$

Donde, N_{ip} es el N inorgánico perdido. Se debe acotar que bajo las condiciones del ensayo se considera que el N_f pasa rápidamente a N_i. De la fórmula (2) se deduce que el N_{ip} puede ser calculado a partir de la fórmula (3):

$$N_{ip} = N_{ii} - (N_{il} + N_{ir}) \quad (3)$$

El denominado N_{ip} corresponde al inmovilizado en forma de N orgánico del suelo, ya que, dadas las condiciones termodinámicas del suelo, se considera que las pérdidas por volatilización no fueron posibles o fueron insignificantes. De lo anterior se desprende que es posible estimar la variación del N total a partir de las variaciones del N orgánico e inorgánico.

Con los valores obtenidos se calcularon las variaciones del N total y del N orgánico e inorgánico.

Resultados y Discusión

El mayor impacto sobre el contenido de N fue provocado por el riego sin fertilización (control), el cual causó la pérdida del 80 % del N orgánico presente inicialmente en el suelo [Tabla 2]. Las cantidades de N-orgánico presentes en los lixiviados fueron despreciables, lo cual indica que la mayor parte del



Tabla 2: Balance del nitrógeno en los diferentes tratamientos, expresado en g N columna⁻¹.

Tratamiento	N inicial o residual			Nf	Nop	Nip	Nil	N _{tp}	% de N _p respecto al N _{ti} suelo		
	N _{oi}	N _{ii}	N _{ti}						N _{ip}	Nop	Nip
Suelo Inicial	14,304	0,221	14,525								
	N _{or}	N _{ir}	N _{tr}								
Control	2,764	0,671	3,435		11,540	-0,480	0,030	11,030	76	80	-217
U250	10,975	0,841	11,816	0,709	3,968	-0,688	0,068	3,280	22	26	-311
U125	12,181	0,731	12,912	0,357	2,420	-0,554	0,044	2,420	13	17	-251

Nip y Nop se refieren a pérdidas aparentes: no quedó en el suelo como residual y no se recogió en los lixiviados. N_t corresponde al nitrógeno total (orgánico + inorgánico), inicial o residual.

N-orgánico se perdió a causa de su transformación en formas inorgánicas. Por ello el contenido de N inorgánico residual (N_{tr}) es mayor luego de todos los tratamientos que antes de aplicar el fertilizante. Como la urea se transforma rápidamente a las formas inorgánicas de N, con el tratamiento U250 se obtuvo una ganancia neta de 0,688 g de N inorgánico columna⁻¹. Con el tratamiento U125 hay un incremento neto de 0,554 g de N inorgánico columna⁻¹, pero en el suelo control ese incremento alcanza a 0,480 g columna⁻¹. Ello ratifica que la formación de N inorgánico a expensas de la mineralización del N orgánico es incentivada por el riego pero parcialmente inhibida por la fertilización nitrogenada.

Con base a la información presentada en la Tabla 2 se determinó el porcentaje, respecto al inicial, de N-inorgánico, orgánico y total que quedó en el suelo al final del ensayo y así como el porcentaje que se lixivió [Tabla 3]. Tanto con el riego como con el riego y la fertilización, el porcentaje del N inorgánico del suelo respecto al contenido inicial se triplicó o cuadruplicó y este aumento fue mayor donde se aplicó U250 (381%) Debido a las pequeñas magnitudes encontradas, las variaciones muestran valores porcentuales muy grandes, pero que en realidad corresponden a pequeños cambios absolutos. El porcentaje de N_t que se lixivió respecto al N_t inicial, fue prácticamente igual para los dos tratamientos con urea (31 y 20% para U250 y U125 respectivamente) y menor para el control (14%), lo cual demuestra el efecto de la fertilización sobre la lixiviación de N. El porcentaje de N_o lixiviado fue muy pequeño comparada con la cantidad total N-(orgánico + inorgánico).

El riego con un volumen de agua equivalente al requerido por un cultivo estacional, induce a la liberación o pérdida del 76% del N total del suelo, si este se mantiene sin cultivo o vegetación; el agregado de una cantidad equivalente al 5% del N total contenido en el suelo bajo la forma de U250, limita la liberación al 29% del N total del suelo, mientras que agregando el 2,5% del N total con el tratamiento U125 produce pérdidas del 11% del N total del suelo. Por lo tanto se considera que el riego aplicado a este suelo promueve la mineralización de la materia orgánica del suelo producida por los microorganismos, lo que produce el incremento del N inorgánico del suelo, que compensa las pérdidas de las formas inorgánicas del suelo por lixiviación y las supuestamente escasas de amonio por volatilización.

Referencias

- Addiscott TM, Whitmore AP (1991) Simulation of solute leaching in soils of differing permeabilities. *Soil Use & Management* 7, 94-102.
- Bremner JM (1996) Nitrogen total. In "Methods of Soil Analysis". Part 3, Chemical methods, J.M. Bigham (Ed.). Book series 5. (American Society of Agronomy: Madison, WI)
- Dharani D, Patra UK, Sukhmal Ch (2009) Use of urea coated with natural products to inhibit urea hydrolysis and nitrification in soil. *Biology and Fertility of soils*. 45, 617-621
- Marcano L (2007) Dinámica del nitrato en dos suelos de la cuenca del lago de Valencia y su incidencia en la contaminación potencial de las aguas. Tesis

Tabla 3: Porcentaje del N-orgánico e inorgánico residual y del N-lixiviado al final del ensayo, respecto al N total inicial.

Tratamientos	N- residual en suelo			N-lixiviado	
	Orgánico	Inorgánico	Total	Inorgánico	Orgánico
Control	19	304	24	14	0,2
U250	73	381	79	31	0,5
U125	83	331	86	20	0,4



- de Doctorado. Postgrado en Ciencia del Suelo, Facultad de Agronomía, UC.V. 174.
- Mulvaney RL (1996) Nitrogen-inorganic forms. In Methods of soil analysis. Part 3. Chemical Methods. J.M. Bigham (ed), Book Series 5. (American Society of Agronomy: Madison, WI).
- Sierra JS, Fontaine S, Desfontaines L (2001) Factors controlling N mineralization, nitrification, and nitrogen losses in an oxisol amended with sewage sludge. *Aust. J. Soil Res.* 39: 519-534.
- Waddell JT, Grupta SC, Moncrieff JF, Rosen CJ, Steele DD (2000) Irrigation- and nitrogen- management impacts on nitrate leaching under potato. *J. Environ. Qual.* 29,251-261.



Responsabilidad Social Individual, Contaminación Ambiental y Predicción de Eventos Naturales

Luís F. Sidorovas G.
lsidorovas@gmail.com

Postgrado de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Naguanagua, Valencia

Resumen

La contaminación ambiental es, actualmente, un problema global, debido a la intervención negligente e irresponsable del hombre en el planeta. Este efecto se incrementa debido a razones culturales, poder adquisitivo y un enfoque del problema al aspecto normativo legal sin obligar su cumplimiento. La presente es una investigación aplicada, de carácter explicativa, donde se evalúa la analogía existente entre la prevención de eventos naturales, la contaminación ambiental y la responsabilidad social individual. Se eligió como técnica de recolección de datos, la investigación bibliográfica. La responsabilidad social individual comienza en la casa, en la familia, en la escuela, en el trabajo y en cualquier lugar donde se ubique la sociedad. Se debe enfocar la atención en el individuo, como unidad y generar la cultura ambiental. Finalmente, el estado debe generar este capital social tan necesario ahora, porque el aumento de la población y el incremento del sector productivo, para sostener a la humanidad, se incrementan casi exponencialmente por la incidencia del consumismo desenfrenado que tenemos actualmente. Se detendrá la contaminación cuando las personas, de forma individual, así lo decidan e internalice nel problema de la contaminación y esto será cuando el nivel de conciencia supere las necesidades inmediatas de la población o esta tenga un poder adquisitivo suficiente para cubrir sus necesidades.

Palabras Clave: Contaminación, Responsabilidad, Consumismo, Socialización.

Individual Social Responsibility, Environmental Pollution and Natural Disaster Prediction

Abstract

Currently, environmental pollution is a global problem, due to the negligent and irresponsible action of man on the planet. This effect is increased due to cultural reasons, purchasing power and an approach to the normative legal problem without enforcing its compliance. This is an applied research, of explanatory profile, which evaluates the analogy between the prevention of natural events, environmental pollution and individual social responsibility. The data chosen was collected through the technique of bibliographic research. Individual social responsibility begins at home, at home, at school, at work and in any place where society settlers. It should focus attention on the individual as a unit and generate environmental culture. Finally, the State must build this so necessary social capital now because the population growth and the increasing productive network grow in an exponential measure by incidence of the impact of the rampant consumerism we have today. Pollution will stop when people, individually, choose and internalize the pollution problem and this is when the level of awareness beyond the immediate needs of the population or that have sufficient purchasing power to meet their needs.

Keywords: Pollution, Responsibility, Consumerism, Socialization.

Introducción

El ambiente es el conjunto de elementos abióticos (energía solar, agua y aire) y bióticos (organismos vivos), que integran la delgada capa de la tierra llamada Biósfera, sustento y hogar de los seres vivos. La finalidad de esta investigación es mostrar la analogía de la Prevención Eventos Naturales (PEN), la Contaminación Ambiental (CA) y la Responsabilidad Social individual (RSI), como punto de partida a la solución del Calentamiento Global.

De manera muy simplificada, la actividad económica puede ser contemplada como una articulación de diversos momentos de producción, intercambio y consumo, que se suceden en el tiempo según una lógica específica de funcionamiento. En otras palabras, dentro de la actividad económica se moviliza una serie de factores productivos para producir mercancías; una vez producidos, los bienes y servicios se sitúan en el mercado; el último paso es que existan consumidores dispuestos a sacar de la circulación esas mercancías producidas.

De esta forma, los productores pueden materializar los beneficios al convertir el valor de las mercancías en dinero, hecho que les permite, en la medida que decidan, la compra de nuevos insumos de trabajo y materiales, iniciando así un nuevo ciclo económico, [Martínez, 2000]

Un acto de compra-venta, es una actividad en la que se traspa los derechos de propiedad sobre una mercancía. Estos derechos y poderes, deben ser entendidos como atributos de relaciones sociales, no como meras descripciones de las relaciones de las personas con las cosas: si una persona A tiene derecho sobre X, es que A tiene una relación social con respecto a los otros en el uso de X, que le permite, por ejemplo, utilizar a X como quiera, privando a los demás de su uso o apropiándose de los resultados de su uso productivo, [Ovejero, 2005].

Esto se evidencia en la cantidad de productos en el mercado que impactan, directamente, al medio ambiente. La ausencia de la responsabilidad social-



empresarial permite que se comercialicen determinados productos que, por diversas razones, pudieran favorecer los intereses de los más necesitados en el momento de su adquisición, pero, que influyen en el deterioro del medio ambiente. Así, pues, “las relaciones de propiedad junto con el sistema de precios, permiten examinar, en un momento dado, la estructura de poder basado en la riqueza”, [Anidi, 1994].

El Ambiente puede considerarse como “La Tragedia de los Comunes”, es un tipo de trampa social económica, que lleva a un conflicto sobre los recursos al implicar intereses o beneficios individuales y bienes públicos. Es la sobreexplotación de un recurso cuando no existe el interés y la responsabilidad individual en su conservación, debido a que este no es propiedad privada y carece de dueño: “si algo es de todos, nadie lo cuida y se termina acabando.”

Si un producto que se oferta en el mercado, provoca una amenaza a la salud, un perjuicio al medioambiente y/o una explotación laboral, será porque existe demanda que la justifique. Si el consumidor tiene el poder, también tendrá la responsabilidad. Pero, la realidad no coincide con el postulado del consumidor soberano, ya que ni la necesidad es previa a la producción ni el proceso de producción es ajeno a la conformación de la demanda final. En consecuencia, el corolario anterior es falso y propicia un problema de “traslación ilegítima de las responsabilidades”, [Recio, 2006].

Una mayor disponibilidad de bienes modifica las relaciones entre los hombres; pero, la forma en que las mercancías son producidas también genera cambios en el entramado social. El primer tipo de cambio, es el que se da como consecuencia del aumento del mercado. El otro tipo de transformación, es el que afecta la estructura psíquica de los individuos. Es aquí donde los patrones de socialización se transforman para dar paso a nuevas configuraciones de la individualidad. La unión de la eficiencia con la técnica, es lo que acelera el proceso de transformación individual, tanto en las relaciones dentro de las empresas como la que se dan fuera de ella, [Uribe y Schumacher, 2005].

El proceso de Socialización, se entiende como la incorporación de un individuo en la sociedad, por medio de su interacción con los demás miembros del entramado social. El concepto se refiere, con mayor precisión, al proceso por medio del cual un niño aprende a ser miembro de la sociedad, [Berger, 1997].

El individuo debe trascender e ir más allá de lo tradicional. Cada ser humano debe reflexionar por sí mismo y asumir su cuota de participación en la PEN, RSI y la CA, mediante sus acciones en la cotidianidad de su existencia en el entorno donde se desempeña.

Metodología

La presente investigación fundamental, de tipo Investigación-Acción, de carácter explicativa, evaluó la analogía existente entre la Predicción de Eventos Naturales (PEN), la Contaminación Ambiental (CA) y la Responsabilidad Social Individual (RSI), estudiándose los métodos actuales en la prevención de la CA, PEN y la RSI.

Las teorías de PEN, CA y RSI, indican la importancia de las perspectivas comunes, como prerrequisitos de las actividades compartidas en el proceso de la investigación: “el conocimiento práctico no es el objetivo de la investigación acción sino el comienzo”. El “descubrimiento” se transforma en la base del proceso de concientización, en el sentido de hacer que alguien sea consciente de algo, es decir, “darse cuenta de”. La concientización es una idea central y meta en la Investigación-Acción, tanto en la producción de conocimientos como en las experiencias concretas de acción. Se eligió, como técnica de recolección de datos, la investigación bibliográfica y documental. Se revisaron Documentos, Trabajos de Investigación (teóricos o experimentales), en las áreas involucradas y la observación directa de algunas comunidades.

Mediante la observación directa a las comunidades y después de su análisis, se destacan algunas aseveraciones personales que encajan perfectamente en la realidad venezolana, sustentadas por la revisión bibliográfica. Se realizaron entrevistas a las personas de estratos sociales bajos, indagando el interés en minimizar el impacto negativo de la contaminación.

Finalmente, se analizó la problemática de la CA, PEN y la RSI, como punto de partida para contribuir con la solución del Calentamiento Global.

Resultados

La situación ambiental es producto de un modelo de desarrollo, donde tanto el Estado Venezolano como los sectores privados, nacionales e internacionales, piensan sólo en el negocio a corto plazo. Como ejemplo de este modelo, tenemos: La Explotación de Carbón en la Sierra de Perijá, Forestal Imataca, La Minería en las Áreas Protegidas del Estado Bolívar, El Tendido Eléctrico a Brasil, La Contaminación Petrolera, La Explotación Petrolera en el Delta del Orinoco, Explotación y Tráfico de Madera, Explotación y Tráfico de Oro, La Contaminación del Agua y Otros. Además, hay otros aspectos que inciden directamente en la PEN, RSE y CA.

1. Muchas Universidades, Instituciones Públicas, Privadas y Organizaciones No Gubernamentales, están trabajando constantemente, pero son insuficientes ante la magnitud del problema.



2. Existe un Proyecto de Proyección Civil “Capacitación de las Comunidades en Auto Protección, Prevención, Mitigación y Actuación ante Desastres Naturales” (CAPCOMEIA), dirigido a la capacitación comunitaria en las zonas de alto riesgo a eventos adversos o naturales
3. Se evaluó el entramado social, donde se observa una indiferencia acentuada en la acción de disminuir las fuentes de contaminación: “consumimos más de lo que necesitamos para vivir y los que poseen menor poder adquisitivo consumen productos que inciden directamente en el calentamiento global”.
4. Las funciones de los entes públicos se orientan en regir y reglamentar la relación de la sociedad con el medio ambiente, no divulgan las razones para minimizar el impacto individual de la CA y se enfoca el problema desde un nivel macro y sólo se considera al sector productivo como responsable.
5. Las redes sociales, que forma el estado, no se orientan a la formación y difusión de la importancia de minimizar el impacto ambiental.
6. Los eventos naturales no son predecibles, o se predicen con baja probabilidad de éxito, pero, lo que sí se puede es prepararse para cuando sucedan y la instrucción programada relacionada con la prevención y el medio ambiente, es escasa o esta dirigida a un sector muy reducido de personas.
7. El aporte marginal individual, le permite a las personas creer que no pueden hacer aportes a la disminución del impacto ambiental. Tampoco existen incentivos para que las personas tomen las previsiones para evitar el daño que le estamos haciendo al ambiente
8. A medida que aumenta el poder del hombre sobre el ambiente y aparecen nuevas necesidades, como consecuencia de la vida en sociedad, se deteriora cada vez más el ambiente, aunado a la ausencia de políticas para impulsar las tecnologías limpias y los procesos de manufactura sustentables.

Discusion.

La situación ambiental es producto de un modelo desarrollo donde, tanto el Estado Venezolano como los sectores privados, nacionales e internacionales, piensan sólo en el negocio a corto plazo. Como ejemplos de este modelo, tenemos: La Explotación de Carbón en la Sierra de Perijá, Forestal Imataca, La Minería en las Áreas Protegidas del Estado Bolívar, El Tendido Eléctrico a Brasil, La Contaminación Petrolera, La Explotación Petrolera en el Delta del Orinoco, Explotación y Tráfico de Madera, Explotación y Trafico de Oro, La Contaminación del Agua y Otros.

América Latina y el Caribe son unas de las regiones con mayores niveles de desigualdad del mundo.

La distribución desigual del ingreso económico de los países, afecta el vínculo entre el nivel de ingreso per cápita y la calidad ambiental, siendo el principal factor negativo en el cuidado del ambiente, (Saravia, 2002).

Al estudiar los problemas ambientales y sus alternativas de solución en la región, el problema principal es la desigual distribución del ingreso y la falta de políticas integrales de desarrollo en materia económica, social y ambiental; y, en ese sentido, urge un nuevo marco de referencia en el modelo de crecimiento económico, que apliquen efectivas políticas redistributivas y de inclusión social, así como medidas prioritarias de protección y regulación del mercado interno frente a los mecanismos de negociación comercial global y regional.

La hipótesis de que una mayor desigualdad en la distribución del ingreso va acompañada por una mayor degradación ambiental, sostiene la existencia de asimetrías de poder entre ganadores (ricos) y perdedores (pobres), del deterioro ambiental. En síntesis, establece una relación positiva entre poder económico y poder político. También, manifiesta que las asimetrías de poder citadas anteriormente, se reflejan en cambios en la valoración de los costos y beneficios del deterioro ambiental. Finalmente, y con relación al último punto, Boyce (1994) sostiene que:

“Una mayor desigualdad conduce a una mayor tasa de preferencia intertemporal sobre el medio ambiente, esto es, a una menor preocupación por el futuro y esto es válido para ricos y pobres, aunque por diferentes razones”, (Boyce, 1994, p.176).

Se entiende por RSE al cumplimiento integral de la empresa en sus dimensiones: Económica, Social y Ambiental; o, según el Dr. Bernardo Kliksberg, como: “la integración voluntaria, por parte de las empresas, de las preocupaciones sociales y medioambientales en sus operaciones comerciales y en las relaciones con sus interlocutores”. Es una exigencia ética que un producto que quiere ser bueno sea bueno para todo el mundo, para quien lo produce, para quien lo consume, para la colectividad y para el medio ambiente.

En el país puede decirse que la RSE, en materia ambiental, apenas está haciendo sus primeras manifestaciones. Una encuesta realizada bajo el título de: Prácticas y experiencias actuales de RSE y Gestión Ambiental en Venezuela, arrojó resultados en este sentido. En una muestra de 93 empresas de diferentes sectores, pero, necesariamente de las más representativas del país, 67% respondieron haber incluido en su planificación, estrategias relacionadas con RSE. De estas empresas, 61% consideran en dichas estrategias a grupos de interés (empleados, accionistas, comunidad local, etc.), pero, en general no involucran a sus proveedores. Si bien, el 50%



de las empresas encuestadas afirmaron haber desarrollado políticas ambientales, apenas 11% de las organizaciones cuentan con sistemas de gestión ambiental, (Espiñeira et al, 2009).

“A pesar de los esfuerzos realizados por alguna empresas en la introducción de prácticas dirigidas a la prevención de la contaminación y al desarrollo de productos limpios, el balance sólo muestra resultados incipientes y aun es débil la adopción de normas voluntarias de actuación, para aminorar el impacto ambiental de sus actividades y mejorar su imagen ante la opinión pública”, (Mercado y Testa, 2001).

De todo lo anterior, se desprende que el Sector Empresarial Venezolano apenas está iniciando la senda de desarrollo de la RSE. Son todavía muchas las acciones que deben instrumentar para ponerse a la par de las empresas de otros países, donde estas prácticas están ya profundamente arraigadas. En estos países el debate, ahora, se centra en el análisis de las tendencias futuras que pueden surgir en este campo, (Strandberg, 2002).

No obstante, cuando nos referimos al ser humano como unidad, el individuo puede hacer lo que se le ocurra sin importar el daño ambiental que esto acarrea. El estado no puede atender a sus ciudadanos de manera personal e individualmente, por lo que sólo puede disminuir un poco el impacto negativo que los ciudadanos realizamos al medio ambiente.

Nuestra acción, individual o compartida, repercute en nuestros semejantes y en la dinámica que guía la colectividad humana de la que formamos parte. No somos islas ni podríamos vivir como tales. Por lo que nuestra acción no es consecuente y debemos recordar que somos responsables de los impactos sociales, económicos, culturales y medioambientales, de nuestras acciones. Somos responsables a título individual. Como consumidores: el acto de comprar un producto o un servicio obedece a razones económicas, territoriales, culturales y falta de conocimiento, ya que detrás de cada producto hay unas determinadas condiciones laborales de producción, un impacto medioambiental concreto, unas relaciones comerciales particulares y otras variables, como el comercio bilateral, el ahorro ético, el turismo responsable, alimentos naturales, están inmersas en el compromiso individual social y solidario.

Requerimos meditar en las consecuencias de cada una de nuestras actuaciones, porque no estamos solos sino que integramos el conjunto social. Necesitamos respetar los derechos y bienes de los demás, como condición fundamental de convivencia.

La Responsabilidad Social Individual (RSI) comienza en la casa, en la familia, en la escuela, en el trabajo y en cualquier lugar donde se ubique la sociedad. Se deben concentrar los esfuerzos en la formación

e información de la RSI, relacionarla con el medio ambiente, para construir una ciudadanía mucho más responsable en el futuro inmediato.

La solución amerita del cambio de actitud de las amas de casa, que son la estructura e indispensable de hijos y cónyuge, pero también, como formadoras de ciudadanos; de los profesionales, ejerciendo su ministerio con ética. La empresa, anteponiendo el bienestar de los trabajadores, la calidad de sus productos y el cuidado del ambiente, ante sus pretensiones económicas. Los trabajadores, conscientes de que más allá de su salario, el suministro de los bienes y servicios indispensables, dependen de su eficiencia y los dirigentes religiosos, enseñando con sinceridad el mensaje de Dios de amar al prójimo como a sí mismo.

“Hablamos, hablamos y hablamos de la CA, todo mundo se queja”. La avalancha de información diaria nos indica que “CA” es destruir la capa de ozono, talar bosques, secar lagos, calentar la atmósfera o derretir glaciales; pero, no somos capaces de ver que “CA”, también es tirar basura en la vía pública, el automóvil en mal estado o tocar corneta a toda hora. Así pues, pedimos a nuestros gobernantes y a nuestros jefes que detengan la contaminación pero no entendemos “que nosotros somos los que la producimos o en su defecto somos el motivo”.

Finalmente, es responsabilidad del estado generar este capital social tan necesario en mundo actual, en el que pareciera que se hace insostenible; tal vez lo que ocurre es que el aumento de la población y el incremento del sector productivo, para sostener a la humanidad, se incrementan casi exponencialmente por la incidencia del “consumismo desenfrenado que tenemos actualmente”.

La humanidad ha sido testigo de los desastres naturales y pareciera que están en aumento o que se estén haciendo más fuertes. Estos impactan más a la sociedad actual que antes. La población mundial está creciendo y ocupa más territorio. Actualmente, existen muchas áreas con una densidad alta de población y presentando una alta vulnerabilidad a los eventos naturales, donde el impacto es más alto. Con la globalización de la información, ahora nos enteramos más de lo que acontece y con respecto a los desastres naturales; esto no significa que antes no se sucedían, es sólo que hoy nos muestran, en tiempo real, un desastre que sucede y esto impacta a la masas porque lo consideran cercano y amenazante.

Durante los últimos 30 años, América Latina ha experimentado una expansión rápida y no regulada de sus centros urbanos, caracterizada por el uso inadecuado de la tierra y rezagos en las inversiones en infraestructura. El marcado deterioro del ambiente y de sus recursos naturales, es visible y se debe a varios factores: la deforestación, el pastoreo excesivo, las alteraciones de las riveras y el uso de métodos de cultivo inadecuados en las laderas, [Barajas, 2001].



En el aspecto económico, reseñemos la información del informe “Financiamiento para el desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe - De Monterrey a Johannesburgo”, donde señala que el gasto ambiental rara vez sobrepasa tres por ciento del gasto público total y si se considera el gasto privado, no suele superar el uno por ciento de su producto bruto interno (PIB), en ambiente y desarrollo sustentable, [CEPAL, 2002].

La analogía entre la CA, La PEN y la RSI, esta implícita en el desarrollo del trabajo y se puede revelar por la manera como se encararan estos problemas en Venezuela, donde se observa una “gran preocupación; pero, mínima ocupación”. En relación a los eventos naturales (frecuentemente nos sorprenden), donde el estado hace muy poco en la prevención y cuando se suceden, se improvisan soluciones, por lo que cada vez somos más vulnerables ante los desastres naturales que, además de los daños, pueden intensificar la pobreza y la desigualdad. En cuanto a la CA, toda la Estructura Jurídica, Social y Económica, esta centrada en las Empresas. Sobre el individuo casi no se aplica, por lo tanto, éste toma una aptitud desmedida en relación a la prevención.

La RSE es asumida por algunas Empresas y está en evolución; pero, la RSI pareciera no existir y se hace necesario que cada individuo internalice las externalidades de la CA y los Eventos Naturales, donde desde su propia individualidad busca la solución de su propio problema y no del colectivo.

Un solo árbol no hace montaña, pero muchos sí. Somos millones, tenemos inteligencia y decisión suficientes para enderezar el barco. No es tan difícil, depende de un cambio de esquema mental y aumento de la sensibilidad y solidaridad humana.

Conclusiones

Es necesario generar la cultura ambiental que se inicie desde el hogar y ésta debe ser parte de la formación integrar de la familia, continuando en la escuela para fijar los conceptos y establecer los preceptos elementales en la prevención de la contaminación, de una forma holística.

Fomentar la difusión de la PEN, que tanto daño nos hace; NO existen los recursos humanos, ni de infraestructuras o servicios, de manera inmediata, para atender a la población en un desastre natural. Pero, si la población esta preparada, sería de gran ayuda en el momento que se pudiera demandar su participación.

La contaminación endógena (personal, individual), no se considera como tal y se desatienden sus efectos, aun cuando se demuestra que la participación individual, cuando se integra, tiene efectos significativos en el impacto negativo al ambiente. Se destaca la posición individual, el consumismo exagerado en el cual estamos inmersos por los medios de comunicación y razones

personales, donde adquirimos los productos sin evaluar el impacto ambiental de estos o lo que es peor: la razón económica nos obliga a adquirirlos.

No se están atendiendo debidamente estos problemas, que cada día cobran más interés, a nivel local nacional e internacional. Prevalece el factor político y el económico ante los intereses del colectivo global. Se estableció que si el daño es eminente el estado actúa de inmediato y trata de resarcir el daño, lo cual es natural que suceda. Pero, si es pequeño, no se atiende debidamente, permitiendo que sistemáticamente, se vaya incrementando hasta niveles considerables de impacto ambiental.

La idea fundamental de este trabajo de Investigación-Acción, es la aplicación o utilización de los resultados obtenidos en el mismo, para internalizar las externalidades que se derivan de la Responsabilidad Social Individual, La Contaminación Ambiental y la Prevención de Eventos Naturales. Donde a diario se identifican eventos, como por ejemplo: Damnificados por condiciones climatológicas preexistentes, Contaminación de los Sitios de Abastecimientos de Agua Potable, el Problema de la Basura, la Contaminación Urbana y Otros, con el único fin de “Educar al Ciudadano en su comportamiento con el ambiente”, Creando Cultura Ambientalista.

Referencias

- Anisi, D. (1994). Trabajar con Red. Madrid: Alianza Editorial.
- Barajas, P., Oscar M. (2001). Ingeniería Aplicada al Manejo de Desastres y Emergencias. Colombia. www.oscarbarajas.com.
- Bárcena, A., De Miguel, C., Núñez, G., Gómez, J., Acquatella, T., Acuña, G. (2002). Financiamiento para el desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe - De Monterrey a Johannesburgo”, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). México: CEPAL/PNUD RLA/01/001.
- Berger, P. L. (1997). Introducción a la Sociología. México: Limusa-Noriega.
- Boyce, J. (1994) Inequality as a cause of environmental degradation. En *Ecological Economics* V.11, pp. 169-178.
- Espiñeira, Sheldon y Asociados. (2009). Prácticas y Tendencias Actuales de Responsabilidad Social Empresarial y Gestión Ambiental en Venezuela. Caracas.
- Martínez G. A. Tablas, Economía política de la globalización, Ariel, Barcelona, 2000. Capítulo “Sistema económico capitalista”
- Mercado, A. y Testa, P. (2001). Tecnología y Ambiente. Desafío competitivo de la industria



- química y petroquímica venezolana. Caracas: Fundación Empresas Polar y CENDES.
- Ovejero, F. (2005). *Proceso Abierto*. Barcelona: Kriterion Tusquets.
 - Recio, A. (2006). *Consumo Responsable: Una Reflexión Crítica*. Barcelona. *Revista Mientras Tanto* N° 99, Icaria.
 - Saravia, L. A. (2002). *La curva medio ambiental de Kuznets para América Latina y el Caribe*. Perú: Documentos de Reflexión Académica, Universidad Mayor de San Simón/Facultad de Ciencias Económicas, Programa de Cofinanciación para la Cooperación en la Enseñanza Superior (MHO), PROMEC, N° 23.
 - Strandberg, C. (2002). *The Future of Corporate Responsibility*. Van City Credit Union. Vancouver.
 - Ulrich, B. (2008). *La Sociedad del Riesgo Mundial*. España: Ediciones Paidós Ibérica.
 - Uribe B, A., y Schumacher G, C. (2005). *Ética, Responsabilidad Social y Empresa*. Bogotá D.C.: Centro Editorial Universidad de Rosario.



Evaluación Ambiental de los Humedales en Venezuela. Caso Estudio Urama

Nereida López, Edilberto Guevara
Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales (CIHAM-UC).
Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela
nereidalopezster@gmail.com / eguevara@uc.edu.ve

Resumen

Ante los rápidos cambios que el hombre produce en los humedales, amenazando con reducir su potencial de conservación, se hace necesario realizar un sistema de inventariado, tipificación y evaluación, que establece la adopción de indicadores ecológicos, basados en la identificación de las Áreas Protegidas (AP), zonas de carácter propio con importantes valores estéticos, ecológicos y/o culturales, que albergan una rica diversidad biológica. En Venezuela existen 246 áreas decretadas, que cubren una extensión aproximada del 46% del territorio nacional. Venezuela continúa con su política de aumentar el número de áreas protegidas para mantener la sostenibilidad, creándose cuatro nuevas Reservas de Fauna Silvestre en los últimos años; adicional, existe la propuesta de la creación de un nuevo Parque Nacional al sur del país. El presente estudio documental se fundamenta al aplicar el enfoque de áreas protegidas al sistema de humedales en Venezuela, a partir de la caracterización de los humedales, inventario y gestión, considerando como caso estudio el humedal Urama, que comprende la cuenca baja del Río Urama, Estado Carabobo, Venezuela. El humedal Urama dada sus características físicas y bióticas proporciona las condiciones para su declaración como paisaje protegido, gestión que requiere iniciarse considerando las actividades antrópicas que se desarrollan en la zona que amenazan el equilibrio y sostenibilidad del ecosistema.

Palabras clave: humedal, conservación, áreas protegidas

Environmental evaluation on Venezuelan Wetlands. Case of Study: Urama

Abstract

Given the rapid changes occurring by man's actions on wetlands, threatening to reduce their potential for conservation, it is necessary to conduct an inventory, classification and evaluation system, which provides the adoption of ecological indicators, based on identification of Protected Areas (PA), which are defined to ensure the integrated conservation of areas where human interactions with nature over the years, produces a field of significant aesthetic character, with ecological and / or cultural, which contains a rich biodiversity. Venezuela has ordered 246 areas covering an area of approximately 46% of the country. Venezuela continues its policy of increasing the number of protected areas to maintain sustainability, creating four new Wildlife Reserves in recent years; with the addition of a proposal for creating a new National Park to the south. This documentary based study is aimed to implementing the protected areas approach to the system of wetlands in Venezuela, from the characterization of wetland inventory and management, considering the wetland Urama case of study, including the lower basin of Rio Urama, State of Carabobo, Venezuela. Urama wetlands, given their particular physical and biotic characteristics provide the conditions for this area to be declared as an environment under protection, a project that requires its initiation on behalf of the entropic which take place on a threatened zone. For the management of protected areas in Venezuela, the Venezuelan environmental legislative framework is forceful, however, is characterized by abundant, diverse and dispersed basis on administrative controls, making it necessary to revise the legal framework.

Key words: wetland conservation, protected areas.

Introducción

Los humedales son ecosistemas que cumplen numerosas funciones ambientales, la más importante de todas, es ser un reservorio de agua y albergue de una gran biodiversidad, (Olivares, V., 2009). Son unidades ecológicas que poseen una gran importancia desde una perspectiva socio-económica, considerados como los ecosistemas más productivos del mundo, aportan el agua y la productividad primaria de innumerable especies vegetales y animales, que depende para su supervivencia. Sustentan elevadas concentraciones de aves, mamíferos, reptiles, anfibios, peces y especies invertebradas. Venezuela posee una gran riqueza de humedales, clasificados en nueve (9) regiones, en función a la delimitación de las áreas de cuencas, en toda

la hidrografía nacional: 1. Plataforma Insular, 2. Lago de Maracaibo y La Guajira, 3. Costas Occidentales, 4. Costas Centrales y Orientales, 5. Lago de Valencia, 6. Norte del Río Orinoco, 7. Plataforma Deltaica y de Paria, 8. Sur del Río Orinoco y el Esequibo, 9. Alto Orinoco y Río Negro, (Rodríguez, R., 1999).

Dada la importancia de los recursos hidráulicos en Venezuela, se hace necesario conocer el estado de aprovechamiento del recurso y de las políticas de conservación en las cuencas. En cuanto a la gestión, las políticas implementadas han sido efectivas para establecer buenos inventarios de los recursos con indicadores positivos de progreso hacia la sostenibilidad, como lo es la existencia de un número significativo de



humedales relevantes y el marco legal convenidos en el sistema jurídico ambiental, (Rodríguez, R., 1999).

Otro de los principales cambios que se han dado para la consolidación de las áreas protegidas (AP) en Venezuela, durante la última década, es el reconocimiento de los parques nacionales y monumentos naturales, (Castillo, R. y Salas, V. (2007). Venezuela es, también, integrante de la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN) y como país firmante de la Convención de Ramsar (Ramsar 1971), ha logrado cinco (5) áreas Ramsar o hábitats de importancia internacional para la conservación de humedales.

Las Áreas Protegidas (AP), se han convertido en una de las más importantes estrategias de conservación de la biodiversidad a escala mundial, que sirve como modelo de la asociación del hombre con la naturaleza, (Acevedo, C., Vásquez, N. y Rojas G., 2006). Los ecosistemas se deben gestionar dentro de los límites de su funcionamiento. Los objetivos de manejo y gestión deben estar suscritos a los límites de la productividad natural, a la estructura del ecosistema y al funcionamiento y diversidad propia, (Díaz, F., Femenias, C., Huss, E., Mayorga, I., Galaz, J. L., Figueroa, L., y Puentes, O., 2006).

En ese sentido, esta investigación plantea como objetivos: 1. Describir las características ambientales de humedales en Venezuela, 2. Presentar un inventario de los humedales con la tipología establecida por la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN) y las áreas decretadas en Venezuela, 3. Describir las características ambientales del humedal Urama, el cual cuenta con condiciones para ser decretado como área protegida, para asegurar el patrimonio genético, biológico, ecológico e histórico cultural de este espacio ubicado en el Estado Carabobo y 4. Presentar un avance de la gestión de humedales en Venezuela.

Metodología

El diseño de la investigación es de tipo documental, basada en la recopilación de la bibliografía referenciada a estudios básicos realizados de conservación de humedales en Venezuela, (Rodríguez, R., 1999), publicado por el Comité Venezolano de la UICN y el estudio de Morales, L., (s.f), de la Universidad Central de Venezuela, el avance en la gestión de las Áreas Protegidas en Venezuela, publicado por la Comisión Mundial de Áreas Protegidas en Venezuela, (Castillo, R. y Salas, V. 2007), con el propósito de establecer comparaciones, revisar antecedentes e identificar el avance en la conservación de humedales, que permitan realizar la evaluación ambiental, siguiendo la metodología propuesta a partir de los componentes ambientales que determinan las características funcionales y estructurales de los humedales: factores climáticos, hidrológicos,

geomorfológicos, hidroquímicos y bióticos, (Ortega M., Martínez F. y Padilla F., s.f).

La metodología aplicada define los siguientes pasos:

1.- Características Ambientales de Humedales en Venezuela

La caracterización se describe según el estudio de conservación de humedales en Venezuela, de Morales, L., (s.f) y Rodríguez, R., (1999), el cual abarca las regiones clasificadas para definir los humedales en Venezuela, de acuerdo a la delimitación de las áreas de las cuencas y subcuencas en el mapa físico de Venezuela, (Ministerio del Ambiente, 1995) a escala 1: 2.000.000 como cartografía base.

2.- Inventario de los humedales

Se basa en el estudio de conservación de humedales de Rodríguez, R., (1999) y de Morales, L., (s.f), en los cuales se emplearon las categorías de Dugan (1992). Las áreas de humedales se describieron en unidades ecológicas y unidades paisajísticas. El inventario de humedales realizado en el estudio de Rodríguez, R., (1999), indica relieve y topografía, demografía, cuencas y subcuencas, problemas e impactos generados y áreas protegidas existentes, la diversidad de humedales y los humedales relevantes.

3.- Características ambientales del humedal Urama

Se obtuvo a partir de la documentación elaborada por la Gobernación del Estado Carabobo, (Salas, H., 2003) para Paisaje protegido La Raya – Río Yaracuy- Alparगतón: Propuesta de plan de manejo y reglamentación, que incluye, caracterización ambiental, propuesta de decreto de creación, propuesta de plan de manejo y reglamentación. La caracterización ambiental describió: localización, caracterización del medio físico, caracterización del medio biótico, aspectos socioculturales y consideraciones generales.

La base cartográfica, utilizada para la caracterización, define la localización del área a estudiar en las coordenadas UTM, según el mapa digitalizado obtenido de la integración de las cartas impresas de Cartografía Nacional, a escala 1:25.000, identificadas como 6547 III NO; 6547 III NE; 6547 IV SO y 6547 IV SE. Para el estudio climático de la zona, se utilizó la estación meteorológica de Puerto Cabello-Base Naval. La geología, suelos y vegetación, se basan en estudios realizados por FUDECO, (Salas, H., 2003).

4.- Avance de la gestión de humedales en Venezuela

Este estudio documental se basa en el informe “Avances en la gestión de las áreas protegidas en Venezuela”, elaborado por Castillo, R. y Salas, V. (2007),



con el aval de los miembros venezolanos de la Comisión Mundial de Áreas Protegidas (CMAP) y el Comité Venezolano UICN, (2007), que sirvió de insumo para el Informe Regional, que fue presentado en el II Congreso Latinoamericano de Parques Nacionales y otras Áreas Protegidas, realizado en Bariloche, Argentina, del 30 de septiembre al 06 de octubre de 2007.

Resultados y discusión

Características e Inventario de Humedales en Venezuela:

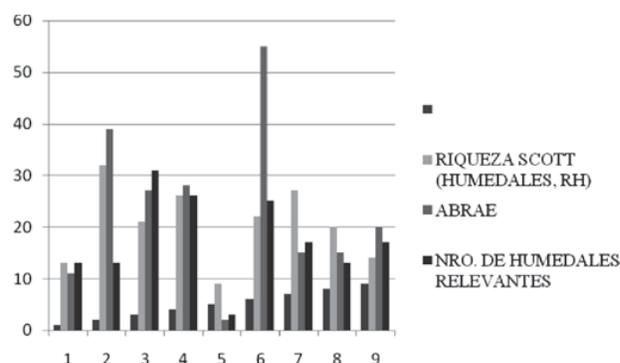
El escurrimiento superficial en Venezuela, se basó en la división de cinco (5) cuencas de captación que contribuyen a las vertientes del Caribe, Atlántico y la cuenca endorreica del Lago de Valencia, (Rodríguez, R., 1999), que totaliza 1.248.402,10 Hm³/año, en el cual el 94,45% corresponde a la cuenca del Río Orinoco.

En Venezuela, según Morales, L., (s.f), la clasificación adoptada para los humedales, se divide en seis (6) regiones. Comparativamente, Rodríguez, R., (1999), clasifica nueve (9) regiones, indicadas en la Tabla 1.

Los resultados obtenidos en los estudios de Morales, L., (s.f) y Rodríguez, R., (1999), muestran la riqueza de humedales que posee Venezuela, donde coinciden los valores de los indicadores en cuanto al número de humedales y el área en km², por región. En cuanto al número total de regiones, Rodríguez, R., (1999), incluye tres (3) cuencas adicionales que corresponden a la Cuenca del Lago de Valencia, Sur del Río Orinoco - el Esequibo y el Alto Orinoco con el Río Negro, lo que incrementa el área total de humedales relevantes en km².

Según Rodríguez, R., (1999), comparativamente, se obtiene que la Cuenca del Lago de Maracaibo y La Guajira es la más diversa, con treinta y dos (32) categorías de humedales identificadas, siguiendo la Región Cuencas de la Plataforma Deltaica y Paria, con veinte y siete (27) categorías identificadas. La totalidad suma ciento cincuenta y ocho (158) sitios de humedales relevantes, que representan 39.517 km², un 4,3% del territorio venezolano. La gráfica 1 muestra por región los diferentes indicadores.

Figura 1: Indicadores de Humedales: Riqueza Scott, Número de ABRAE y Número de humedales relevantes por Región.



Fuente: Rodríguez R., 1999, elaboración propia.

En cuanto a la situación ambiental de las regiones, se identificó que la más afectada es la región Cuencas de la Costas Centrales y Orientales, siguiendo la Cuenca del Lago de Valencia y en tercer lugar, comparten las regiones Cuenca del Norte del Orinoco y Cuenca del Lago de Maracaibo y La Guajira. Los problemas ambientales más frecuentes son la contaminación de los cuerpos de

Tabla 1: Resumen de Inventario de Humedales.

NRO.	REGIÓN	INDICADORES			
		RIQUEZA SCOTT (HUMEDALES, RH)	ABRAE	NRO. DE HUMEDALES RELEVANTES	ÁREA DE HUMEDALES RELEVANTES Km ²
1	Plataforma Insular	13	11	13	1,225.00
2	Cuencas del Lago de Maracaibo y La Guajira	32	39	13	14,330.00
3	Cuencas de las Costas Occidentales	21	27	31	1,515.00
4	Cuencas de las Costas Centrales y Orientales	26	28	26	307.00
5	Cuenca del Lago de Valencia	9	2	3	365.00
6	Cuenca del Norte del Río Orinoco	22	55	25	7,772.00
7	Cuenca de la Plataforma Deltaica y de Paria	27	15	17	4,195.00
8	Cuencas del Sur del Río Orinoco y el Esequibo	20	15	13	3,457.00
9	Cuenca del Alto Orinoco y el Río Negro	14	20	17	6,351.00
TOTALES		184	212	158	39,517.00

Fuente: Rodríguez, R. (1999)



agua y suelos, siguiendo la modificación de los cursos de agua. En la Gráfica 2, se indica los valores en términos de demanda bioquímica de oxígeno, las descargas contaminantes por cuenca, (Rodríguez, R., 1999).

Humedal Urama:

La hidrografía del área de estudio comprende tres (3) grandes cuencas: Río Yaracuy, a la cual confluyen los Ríos Taria, Canoabito y la quebrada el Fraile; la segunda cuenca, conformada por el Río Urama y su tributario, el río Salao y la tercera, corresponde al Río Alpargatón, para un total de 677 km2 y pendientes que varían entre 10 a 6.5%. Los estudios señalan que, se observó la distribución de las diferentes comunidades vegetales que han ocupado la superficie donde anteriormente se extendían sabanas naturales, relictos del bosque muy seco tropical y el abundante bosque de galería que, a su vez, conforma un importante humedal en el sector norte de área en estudio, (Salas, H., 2003).

Las actividades económicas que se han desarrollado en el área y que predominan son: la ganadería extensiva, las plantaciones de frutales y palma africana, así como de cultivos de hortalizas, en pequeña escala. Estas actividades, en especial la ganadera, propiciaron la tala del bosque y la siembra posterior de pastos para el consumo del ganado.

Una superficie significativa del área en estudio, donde el agua que aportan los ríos y quebradas, a consecuencia del bajo desnivel, conforman tierras pantanosas y pequeñas lagunas, que, a su vez, permite desarrollar el humedal. Esta condición ecológica muestra un sistema físico biótico que es de suma importancia para el centro costero del país, ya que le otorga a toda esta planicie aluvial un alto potencial escénico, un espacio ideal y favorable para la observación directa, de variadas

especies de la fauna silvestre, asociadas a estos ámbitos ecológicos, (Salas, H., 2003).

Avance de la Gestión:

En Venezuela, en la última década, se han producido avances en cuanto al cumplimiento de los objetivos del Programa de Trabajo sobre Áreas Protegidas del Convenio de Diversidad Biológica (Decisión VII/28 COP 7, 2004). Sin embargo, se requieren mayores esfuerzos para cumplir con el objetivo general de este programa de trabajo, que es apoyar el establecimiento y mantenimiento, al 2010, para las zonas terrestres y al 2012, para las zonas marinas de sistemas nacionales y regionales completos, eficazmente gestionados y ecológicamente representativos de AP, (Castillo, R. y Salas, V., 2007).

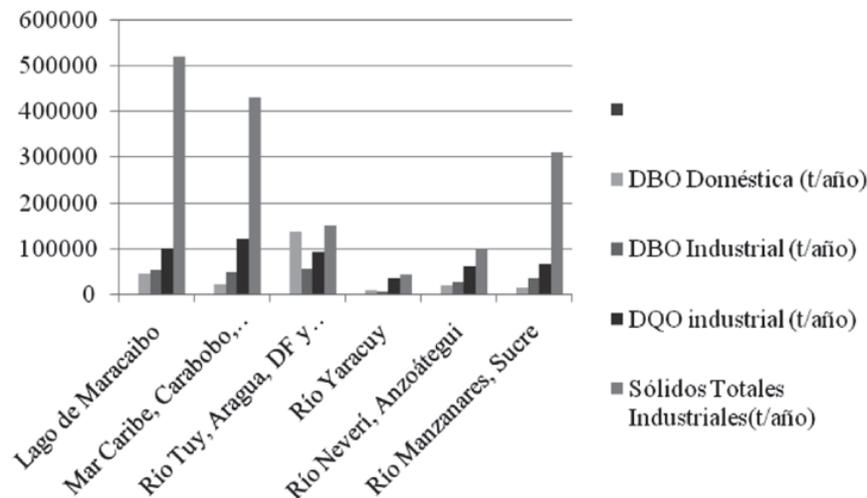
Conclusiones

La riqueza de humedales en Venezuela, corresponde a 184; de los cuales, 158 se clasifican como humedales relevantes, lo que define una relación de un 85%, que ocupa un 3,8% del territorio nacional; adicionalmente, se ha logrado la creación de cinco (5) áreas Ramsar, como hábitat de importancia internacional para la conservación de humedales.

En las nueve regiones se ubican 212 áreas decretadas como áreas bajo régimen de administración especial (ABRAE), que representan el 43% de superficie de Venezuela, de acuerdo a la política de ordenación del territorio como instrumento regulador y promotor de los asentamientos urbanos, actividades económicas y sociales, que proporcionan una base para la creación de áreas protegidas.

El humedal Urama, dada sus características físicas y bióticas, proporciona las condiciones para su

Figura 2: Descargas Contaminantes según valores de DBO, DQO y sólidos totales industriales, en (Ton/año). (MARN, 1995)



Fuente: Rodríguez, R. 1999, elaboración propia.



declaración como paisaje protegido, gestión que requiere iniciarse considerando las actividades antrópicas que se desarrollan en la zona que amenazan el equilibrio y sostenibilidad del ecosistema.

Reconocimiento:

El trabajo se ha llevado a cabo con el apoyo logístico del Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales (CIHAM-UC), de la Universidad de Carabobo

Referencias

1. Acevedo, C., Vásquez, N. y Rojas G. (2006). Capacitación para el manejo de áreas protegidas en América Latina. Una aproximación de la demanda de los autores. Recuperado el 18 de Mayo de 2010, en: wwfca_areas_protegidas.
2. Castillo, R. y Salas, V. (2007). Avances en la gestión de las Áreas Protegidas en Venezuela. Recuperado el 18 de Mayo de 2010, en: www.desarrollo_sustentable.com.ve.
3. Díaz, F., Femenias, C., Huss, E., Mayorga, I., Galaz, J. L., Figueroa, L., y Puentes, O. (2006). Plan integral de gestión ambiental del humedal del Río Cruces. Valdivia, Chile. Recuperado el 23 de Marzo de 2010, en: www.conaf.cl.
4. Morales, L., (s.f). Conservación de humedales y aves acuáticas de Venezuela. Recuperado el 25 de Enero de 2010 en www.desarrollo_sustentable.com.ve.
5. Olivares, V. (2009). Reseña de “Gestión Sostenible de Humedales” de Milka Castro Lucic y Lucas Fernández Reyes. Revista de Geografía Norte Grande Nro. 42, p.p. 103-104. Pontificia Universidad Católica de Chile. Recuperado el 23 de Marzo de 2010, en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=30011631008>.
6. Ortega M., Martínez F. y Padilla F. (s.f). Aspectos Metodológicos para Evaluar la Calidad Ambiental de los Humedales. Recuperado el 24 de Marzo de 2010, en: www.dialnet.unirioja.es
7. Salas, H., (2003). Paisaje Protegido La Raya - Río Yaracuy - Alpargatón: Propuesta plan de manejo y reglamentación. Gobernación del Estado Carabobo.
8. Rodríguez, R. (1999). Conservación de Humedales en Venezuela: Inventario, diagnóstico ambiental y estrategia. Comité Venezolano de la Unión Mundial para la Naturaleza, Caracas, Venezuela.



Disminución del Tiempo de Cambio de Medida en una Empresa Fabricante de Cauchos, Bajo la Metodología Smed

Adriana Hernández, Ana Palacios y Emilsy Medina
Dpto. de Ingeniería de Métodos, Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de Carabobo
emedina121@gmail.com

Resumen

Los tiempos de cambio de herramientas, en las operaciones de producción, son grandes oportunidades de mejoras para disminuir costos y aumentar la capacidad de máquinas dentro de las empresas. En el caso específico del estudio, se planteó como objetivo la reducción de los tiempos necesarios para el cambio de medida del caucho, de tal modo que, este tiempo no sobrepasara el 4% del tiempo total operativo. Se considera como un proyecto factible, de corte transversal, con un enfoque de trabajo de campo y documental, aplicándolo a dos máquinas del área de armado radial, siendo consideradas éstas como representativas de la población, por su mayor antigüedad y complejidad para el cambio. Se aplicó la metodología Single Minutes Exchange Die (SMED), para la identificación de oportunidades de mejoras, en el modo operatorio del cambio de medida y se diseñaron propuestas que influyeron en la consecución del objetivo de la investigación, lográndose una reducción del porcentaje del tiempo de cambio de medida, de 8,18 a 1,94%, para una de las máquinas evaluadas y de 5,96 a 1,27%, en la otra, lo cual se traduce en un incremento en la capacidad de producción de 37% y 16%, respectivamente.

Palabras clave: Tiempo de cambio de herramientas, SMED, Capacidad de Producción.

Decrease of measure change times on a tire manufacturing company, under the smed methodology

Abstract

Tooling change times in production operations are great opportunities for improvement of cost reducing and increase machine capacity within companies. In the specific case of the current study, the reduction of the time required for changing the size of the tire was chosen as objective, so that lapse should not exceed 4% of operating time. To this end, the study was structured as a feasible project, cross-sectional, with a focus on fieldwork and documentary, applied to a pair of machines in the radial assembly area, these being considered as representative of the population because of their greater antiquity and complexity for change. The methodology Single Minutes Exchange Dies (SMED) was applied and proposals were designed that influenced to achieve the objective of the research, resulting in a reduction in the percentage of time for resizing of 8.18% to 1.94% for one of the machines tested and 5.96% to 1.27% in the other, which results in increased production capacity of 37% and 16% respectively.

Keywords: Tool change time, SMED, Production Capacity.

Introducción

La industria manufacturera de hoy, se enfrenta al reto de un mercado con exigencias que apuntan hacia la producción de lotes cada vez más pequeños, teniendo que enfocarse en optimizar el rendimiento de las máquinas e instalaciones para reducir los tiempos de cambio; así, surge en los años 50 una técnica desarrollada por el ingeniero Shingo, S. (Shingo, 1997), conocida como Single Minute Exchange of Die (SMED), la cual persigue una reducción de los tiempos de cambio a menos de diez minutos.

La empresa en estudio produce neumáticos de alta tecnología, para el mercado nacional y de exportación. En los últimos 14 meses, la programación de la planta se mantiene en alrededor de 4000 cauchos diarios, pero, escasamente se alcanzan a producir 3100 cauchos, ocasionando serios problemas de retraso e incumplimiento de la empresa con sus clientes. Dentro de las causas que impactan la baja eficiencia, se encuentra el tiempo de cambio de medida del caucho en el área de armado, por lo que se planteó como objetivo general la reducción de estos tiempos, de tal modo que no sobrepasara el 4% del tiempo total operativo.

Diversos estudios se han desarrollado para mejorar los tiempos de cambio o “set up” en diversas empresas, mostrados en casos expuestos por Shingo (1997), y Shimbun (1993). También, en Venezuela, se han aplicado estas herramientas de mejora continua; entre ellos se encuentra la investigación de Ancines y Contreras, (2006), en la cual emplean la metodología SMED, combinada con otras técnicas, como análisis de ECRS, diagrama causa-efecto, benchmarking, alcanzándose una reducción del 50% en los tiempos de “set-up” de la máquina estudiada e incrementando la producción a 83 cauchos diarios.

Por otra parte, Castillo y Uribe (2006), en una empresa del mismo sector, lograron un aumento del volumen de producción, de la máquina denominada calandra, de un 59 % al 63%, reduciendo el tiempo de puesta a punto en un 50%. Estas investigaciones demuestran el impacto, sobre los procesos de cambio, con la aplicación de técnicas de Ingeniería Industrial, para la reducción de tiempos de puesta a punto de máquinas y herramientas.



Metodología

El nivel de investigación es de tipo descriptivo, (Méndez, 2002) y, se enmarca dentro del tipo de investigación de campo, (Sabino, 2000), debido a que se recoge información directamente de los puestos de trabajo del área de armado radial del caucho, a través de entrevistas no estructuradas a los operadores, los ingenieros de eficiencia y los programadores; además, se toman datos empleando técnicas de medición directa, como cronometrado intermitente, (Burgos, 2005), tomando siete (07) ciclos para la obtención de la media del tiempo de duración de los cambios de medida, para cada fase del proceso.

Las actividades se analizaron a través de la técnica SMED, según Shingo (1997) y el procedimiento empleado se puede resumir de la siguiente manera: al inicio, se realizó una observación de una serie de cambios de medida y se identificaron cada una de las actividades que se llevan a cabo, para este proceso, en el área de Armado Radial. Luego, se identificaron las actividades internas y externas del método actual; posteriormente, se convirtieron todas las actividades internas posibles en actividades externas, permitiendo incrementar el tiempo operativo neto de las armadoras; finalmente, se plantean propuestas para el perfeccionamiento de todas las actividades del proceso de cambio.

También, se sustentó sobre bases documentales, debido a que se recopiló información a través de diversas fuentes, como libros, revistas de investigación, manuales y trabajos de investigación, además de datos históricos, obtenidos de la empresa en estudio. Lo anterior llevó a los investigadores a identificar las causas del retraso en los tiempos de cambios de medida del caucho, con el fin de reducir las paradas por este motivo y aumentar la capacidad de producción del área de armado, considerando, entonces, el estudio como un proyecto factible, (Méndez, 2002).

La unidad de estudio está representada por los siete modelos de armadoras, que operan en los 19 módulos de cada fase del área de armado radial del caucho. Para la muestra, se tomó en cuenta las características de las armadoras, separándolas por fases (1ra Fase y 2da. Fase). Estas armadoras son muy similares, es por esto que, el criterio para la selección de la muestra fue la mayor complejidad en el cambio de utillaje, seleccionando, entonces, la armadora denominada A70, para la Primera Fase y la TR10, para la Segunda Fase del armado del caucho.

Resultados

El tiempo medio para los cambios de medida de la Primera Fase, de la línea radial y para la Segunda Fase, se determinó en 3,23 h y 2,33 h, respectivamente, lo cual indica que el 43,1% del tiempo disponible, en un turno de trabajo de 8 h, en la Primera Fase de Armado Radial y

el 31,1%, en Segunda Fase, son tiempos no productivos de la máquina.

Una vez identificadas las actividades del cambio, se aplicó la segunda etapa de la metodología SMED, la cual consistió en separar las actividades internas y externas. La clasificación de estas actividades, se hizo con base en las definiciones de la metodología, la cual expresa que las actividades externas son todas aquellas que se pueden ejecutar mientras la máquina está en funcionamiento, mientras que todas las actividades que se realizan con la máquina detenida son actividades internas.

Al final de la aplicación de esta etapa, se encontró que en Primera Fase se realizan 42 actividades internas, requiriendo un tiempo de 2,58 h y en Segunda Fase, se encontraron 38 actividades internas consumiendo un tiempo de 1,49 h, este tiempo de cambio de puesta a punto, se realiza con la máquina parada y por tanto, es tiempo improductivo. En relación con las actividades externas, en ambas fases sólo se realizan cuatro de este tipo, lo anterior se resumen en que el 80% y el 64% del tiempo de cambio, en Primera y Segunda Fase, se realiza con la máquina inactiva y además, es importante resaltar que las realiza un solo operario.

Posteriormente, se aplicó la fase 3 de la metodología, la cual consiste en identificar todas aquellas actividades que, en la situación actual, se consideran como internas, pero que haciendo ajustes y modificaciones sobre ellas, pueden convertirse en actividades externas. Luego del análisis, se encontró que una posibilidad válida, era la inclusión de un ayudante para el operador, a fin que algunas actividades pudiesen ser realizadas en paralelo y con la máquina operativa, con lo cual se logró pasar de 42 actividades internas a sólo 19. Es importante resaltar que, a pesar que los costos del ayudante se reflejaron en la inversión, este ayudante no será un nuevo ingreso, es decir, no representará un incremento en los costos de nómina de la empresa, sino que este operario será asignado por medio programa de reubicación de personal limitado, que actualmente están llevando a cabo los departamentos de Seguridad y Salud y Eficiencia.

Además, se eliminaron 4 actividades, correspondientes a traslados innecesarios en búsqueda de utillaje para el cambio, ya que se realizó una efectiva preparación de las herramientas y útiles necesarios por el ayudante del área.

La Etapa 3, de la metodología SMED, logró conseguir que el tiempo de cambio de las actividades externas en la Primera Fase, se incrementara de un 20 a un 59%; es decir, se logra mayor tiempo operativo de máquina, mientras que el tiempo consumido en actividades internas se redujo de un 80 a un 41%. De igual manera, para la Segunda Fase, el tiempo en actividades externas se llevó de un 36 a un 63% y el tiempo de las actividades internas, se llevó de un 64 a un 37%.



En la Cuarta Etapa de la metodología SMED, se aplican mejoras a las actividades internas, que quedan definidas como tales. Entre las mejoras, se plantea trabajar con actividades en paralelo, distribuidas entre el operario y el ayudante que se propuso, con lo cual se logró una disminución del tiempo de cambio de 41 a un 35% en Primera Fase y de 37 a un 30%, para la Segunda Fase del área de armado.

También, se diseñó un dispositivo para ayudar al operador, de puesta a punto en el posicionamiento correcto de la talonera de la máquina armadora de Primera Fase. Igualmente, se propuso la compra de herramientas eficientes, como un destornillador eléctrico, a fin de agilizar la realización de ajustes y cambios de medidas en las armadoras, lográndose hasta un 80% en la reducción del tiempo total de ajustes en el cambio de utillaje.

Otra las mejoras propuestas, está basada en la reubicación del área de puesta a punto y los almacenes de utillaje y vejigas, aplicación del programa 5'S en el área de puesta a punto, la Gestión en el Almacén de Utillaje y Vejigas, un procedimiento para la preparación previa del trabajo en el cual se incluye una lista de chequeo y la normalización del modo operatorio, para el cambio de puesta a punto.

Discusión

Al aplicar la metodología SMED, se observó una disminución en los tiempos de parada de la máquina, lo que incrementó el tiempo disponible de la misma para operar y disminuyó el número de actividades que se realizan durante el cambio. Como resultado, se pudo observar que después de la aplicación de SMED, para cada una de las máquinas se obtuvo una reducción de tiempos de preparación, montaje y desmontaje en los cambios de medida. En la máquina A70, (Primera Fase) se redujo el tiempo en un 71%, que equivale a 1,82 h. En la máquina TR10 (Segunda Fase), en un 66%, que equivale a 0,99 h. En las tablas No.1 y No.2, pueden observarse los tiempos finales del proceso para las máquinas A70 y TR10, respectivamente.

Tabla 1: Resumen de los Tiempos Finales del proceso Máquina A70 (Primera Fase).

TIEMPO DEL PROCESO			
ETAPAS	TIEMPO		% Respecto al total
	Segundos	Horas	
Antes	9301,5	2,58	100%
Conversion de elementos	4643,4	1,29	50%
Meioramiento de elementos	3610,8	0,76	29%

Tabla 2: Resumen de los Tiempos Finales del proceso Máquina TR10 (Segunda Fase).

TIEMPO DEL PROCESO			
ETAPAS	TIEMPO		% Respecto al total
	Segundos	Horas	
Antes	5350,8	1,49	100%
Conversion de elementos	3050,4	0,85	57%
Meioramiento de elementos	2251,8	0,50	34%

También, se obtuvo una reducción de los tiempos de preparación, montaje y desmontaje, traduciéndose en un potencial incremento de la capacidad de producción, lo cual se refleja en la tabla No.3 para la máquina A70 y en la tabla No.4 se muestran los resultados para la máquina TR10.

Tabla 3: Aumento de la Capacidad de Producción en la Máquina A70 (Primera Fase).

		ANTES	DESPUES
Duración turno de trabajo (min.)		450	450
CANTIDAD	Carcasas promedio por minuto (carcasas/min)	1,78	1,78
	Cambios al mes	14	14
TIEMPO	Producción sin cambios (min.)	450	450
	Duración de cada Cambio (min.)	154,8	45,6
	Producción con cambios (min.)	295,2	404,4
Producción (carcasas/mes)		2321,80	3180,67
Incremento de la Producción (%)		37%	

Tabla 4: Aumento de la Capacidad de Producción en la Máquina TR10 (Segunda Fase).

		ANTES	DESPUES
Duración turno de trabajo (min.)		450	450
CANTIDAD	Cauchos crudo promedio por minuto (cauchos crudo/min)	1,54	1,54
	Cambios al mes	14	14
TIEMPO	Producción sin cambios (min.)	450	450
	Duración de cada Cambio (min.)	89,4	30
	Producción con cambios (min.)	360,6	420
Producción (cauchos crudo/mes)		3278,18	3818,18
Incremento de la Producción (%)		16%	

El SMED hizo posible responder, rápidamente, a los cambios en la demanda, aumentando la flexibilidad de los procesos de producción; además, al reducir los tiempos de cambio de medida, es posible realizar más cambios durante el tiempo disponible, de ser necesario. los resultados se muestran en las tablas No. 5 y No.6, para las máquinas A70 y TR10, respectivamente.

Una vez estimada la duración de los cambios de medida, después de aplicar la metodología SMED, en Primera Fase, el tiempo de cambio de medida disminuyó de 3.23 a 0.76 h, representando una reducción de los tiempos de cambio respecto al mes anterior, de un 76,28%, los resultados sobrepasaron la meta propuesta en un 51,5%, puesto que se logró una disminución de los porcentajes de tiempo de cambio de medida de 8,18 a 1,94%.



Tabla 5: Flexibilidad de la Máquina A70 (Primera Fase).

		ANTES	DESPUES
TIEMPO	Producción sin cambios (min.)	450	450
	Duración de cada Cambio (min.)	154,8	45,6
	Producción con cambios (min.)	295,2	404,4
	Disponible para realizar mas cambios (min.)	109,2	
Cantidad de cambios adicionales		2,4	
Cantidad de cambios al mes		14	16,4

Tabla 6: Flexibilidad de la Máquina TR10 (Segunda Fase).

		ANTES	DESPUES
TIEMPO	Producción sin cambios (min.)	450	450
	Duración de cada Cambio (min.)	89,4	30
	Producción con cambios (min.)	360,6	420
	Disponible para realizar mas cambios (min.)	59,4	
Cantidad de cambios adicionales		2,0	
Cantidad de cambios al mes		14	16

En Segunda Fase, el tiempo de cambio de medida disminuyó de 2,33 a 0,50 h, representando una reducción de los tiempos de cambio respecto al mes anterior, de un 78,69%. Los resultados sobrepasaron la meta propuesta en un 65,21%, puesto que se logró una disminución de los porcentajes de tiempo de cambio de medida de 5,96 a 1,27%.

Con el aumento en la capacidad de producción, en el área de armado radial, se podrían obtener unidades de cauchos extras para compensar un estimado de 12% de demanda insatisfecha, que tiene, actualmente, la empresa cauchera.

Otro aspecto importante a resaltar, es que, a consecuencia de la ausencia de actividades normalizadas para los cambios de medida antes de la aplicación del SMED, los tres operadores de puesta a punto (1 operador por turno), eran los únicos que podían llevar a cabo las operaciones de cambio de medida, producto de la experiencia de más de 15 años de trayectoria desempeñándose en el cargo. Después de aplicada la metodología SMED, se normalizaron las actividades del cambio de medida y cualquier persona podrá capacitarse y desempeñar en el cargo de operador de puesta a punto.

El costo estimado de la implantación del sistema SMED, se evaluó en Bs. 86133,75 y será recuperado durante los primeros 6 meses de la implantación, calculado en base al valor de los semielaborados, y no del producto final.

Conclusiones

El estudio de la situación actual de los cambios de medida del área de armado, de una empresa cauchera,

demonstró que antes de la implantación del SMED, no se contaba con un sistema de producción que minimizara los tiempos improductivos en cada cambio de medida y maximizara la capacidad instalada de las armadoras utilizadas en el proceso.

En relación a la metodología empleada para la ejecución de los cambios de medida, no se tenía una secuencia lógica ni planificada, razón por la que se desconocía el tiempo promedio requerido para un cambio de trabajo.

Los beneficios del SMED se alcanzaron tras el análisis de las operaciones de cambio de medida y la identificación de las cuatro etapas conceptuales de la metodología, para el proceso de cambio de medida de ambas fases de Armado Radial.

Una de las propuestas planteadas, se basó en la realización de un conjunto de actividades en paralelo, lo cual demandó la presencia de un operador ayudante del área de puesta a punto.

A través del uso de herramientas sencillas, como la utilización de un destornillador automático, se obtuvo una disminución de, al menos un 80%, en los tiempos de ajustes de utillaje.

Otras de las mejoras realizada está basadas en la reubicación del área de puesta a punto y los almacenes de utillaje y vejigas, del programa 5'S, en el área de puesta a punto, la Gestión en el Almacén de Utillaje y Vejigas, la implementación de los "Check List" de cambio de medida de armado radial y la implementación de dispositivos de sujeción.

Al implementar el Sistema SMED, se logró llevar el tiempo de cambio en primera fase a 0,77 h, representando una reducción de 71 % del tiempo promedio, tomado como base del estudio; mientras que, para Segunda Fase, se llevó a 0,50 h, siendo la reducción del tiempo de cambio de un 66%. Esta reducción del tiempo de puesta a punto, repercutió en un aumento en la producción de 37%, en Primera Fase y un 16%, para Segunda Fase, del área de armado radial, traduciéndose en un ahorro de Bs. 156.522,27 al año.

Referencias

- Shingo, S. (1997). Preparaciones rápidas de máquinas. El sistema SMED. Madrid: España.
- Shimbun, K. (1993). Cuadernos de dirección de fábricas. Estudios de casos de mejoras. Madrid, España: Productivity Press.
- Ancines, R., y Contreras, L. (2006). Reducción de tiempos de "set-up" en TUG I. Valencia: Trabajo Especial de Grado, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo.
- Castillo, A., y Uribe, M. (2006). Reducción de tiempos de set-up en Calandra Kitchener. Valencia, Venezuela: Trabajo de grado presentado en la



Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de Carabobo.

Méndez, C. (2002). Metodología, diseño y desarrollo del proceso de investigación. Bogotá, Colombia: Mc Graw Hill.

Sabino, C. (2000). El proceso de la Investigación Científica. Valencia: Panapo.

Burgos, F. (2005). Ingeniería de Métodos, Calidad y Productividad. Valencia: 5ta. Edición. Universidad de Carabobo.



Efecto del manejo agronómico sobre algunas características físicas de un suelo

Resumen

Con el fin de evaluar el efecto del manejo agronómico sobre las características físicas de un suelo perteneciente a la serie Maracay, se tomaron muestras disturbadas y sin disturbar para determinar las variables: distribución del tamaño de partículas, índice de plasticidad, conductividad hidráulica, módulo de ruptura, porosidad, densidad aparente, y agregados estables al agua. La evaluación de estas propiedades es de gran relevancia, debido a que suministran información del comportamiento del suelo en relación al almacenamiento y disponibilidad de agua, aire, nutrientes y energía para los cultivos.

El análisis de las propiedades consideradas señala que el manejo que se le ha dado a este suelo produjo su degradación, lo que se evidenció por la compactación creciente en sus estratos y la alta resistencia mecánica que dificulta la capacidad de penetración de las raíces y el laboreo del mismo. Se requiere que a este suelo se le de una preparación adecuada, bajo un manejo sostenible, que le permita mejorar las condiciones estructurales del suelo.

Palabras clave: manejo agronómico, características físicas de un suelo, enfoque sostenible.

Effect on some agricultural management on soil physical characteristics

Abstract

To evaluate the effect of agricultural practices in the soil physical characteristics, samples were taken from soil disturbed and undisturbed to determine the following variables: particle size distribution, plasticity index, hydraulic conductivity, modulus of rupture, porosity, bulk density and water stable aggregates. The evaluation of these properties is of great relevance, because they provide information on the behavior of soil in relation to storage and water hold capacity, air, nutrients and the energy for crops. The analysis of soil physical properties indicates that management practice in this soil produced its degradation, as evidenced by the increased in layers compaction and the high mechanical resistance that blocks the capacity of root penetration and tillage. It is required sustainable management to improve structural conditions of the soil.

Key words: crop management, soil physical characteristics, sustainable approach.

Introducción

La intensificación de la actividad agrícola, aunada al manejo inadecuado de los suelos, ha traído como consecuencia el deterioro de su estructura con una marcada disminución en la fertilidad química y física (Martens & Frankenberger, 1992; Díaz Zorita et al., 2002). Para el uso sostenible de los suelos se requiere de la conservación de las propiedades edáficas que son importantes desde el punto de vista de manejo y de fertilidad.

La calidad física de los suelos se puede medir a través de parámetros que indiquen la capacidad que tienen estos para el suministro adecuado de agua, nutriente y aire en la zona de exploración de las raíces (Reynolds et al., 2002; Dexter, 2004) para promover el máximo desarrollo de los cultivos con mínima degradación ambiental (Topp et al., 1997).

Entre los parámetros que se utilizan para la caracterización física del suelo se encuentran: la textura, el índice de plasticidad, la conductividad hidráulica, el espacio poroso total, la densidad aparente y porcentaje de agregados estables al agua. La textura es un atributo del suelo básico para el análisis de los otros parámetros. El índice de plasticidad proporciona una medida de la resistencia mecánica del suelo a la deformación y a fluir bajo la acción de fuerzas mecánicas y se determina por diferencia entre el límite superior e inferior de plasticidad. El límite inferior de plasticidad indica el contenido de humedad máximo que puede tener el suelo para poder ser manejado, sin producir compactación y sellado, en

tanto que el límite superior de plasticidad, se asocia a la resistencia del suelo al corte, cambios en la estructura y en la penetración de agua.

La conductividad hidráulica expresa la lentitud o rapidez con la cual se mueve el agua en el suelo. El módulo de ruptura, por su parte, es indicativo de la fuerza con que las partículas del suelo se mantienen unidas (cohesión), y está íntimamente relacionado con el contenido de arcilla. De estas fuerzas depende la resistencia de los suelos a la roturación o formación de costra y por tanto al movimiento del agua y nutrientes.

El espacio poroso total, la densidad aparente y porcentaje de agregados estables al agua se utilizan para diagnosticar la dinámica estructural del suelo superficial, siendo de gran importancia en el movimiento del aire y del agua, así como también en la penetración de las raíces al suelo (Casanova, 2005). La distribución del tamaño de agregados estables al agua, se utilizan para diagnosticar la dinámica estructural de suelo superficial.

Una de las regiones de Venezuela donde los suelos han sido sometidos a un uso agrícola intensivo durante las últimas décadas, con el consecuente deterioro de la calidad de éste recurso es la cuenca del Lago de Valencia (CLV), es por ello que existe la necesidad de evaluar el impacto que han tenido las prácticas de manejo en estos suelos. El objetivo de este trabajo es la caracterización física de un suelo de la Serie Maracay, representativo de la CLV, a fin de evaluar el efecto del manejo agronómico sobre su calidad física. Esto con la finalidad de dar a conocer las condiciones de este recurso, de manera que



se puedan establecer prácticas de manejo bajo un enfoque sostenible que permitan aumentar la productividad del suelo y que garantice satisfacer los requerimientos de la población humana presente y futura (Doran & Zeiss, 2000).

Metodología

El suelo en estudio se encuentra ubicado en la CLV y pertenece a la serie Maracay. Su formación proviene de deposiciones aluviales probablemente del cuaternario, por lo que se considera un suelo muy joven. Presenta topografía casi plana ligeramente ondulada con pendientes menores de 1,5 %, y material aluvial producto del desborde del río Guey. Dicho desborde ha permitido que se formen diferentes capas con distintas estructuras. En cuanto al manejo es un suelo bajo labranza convencional, mecanizado con rastra y sometido a monocultivo.

La extracción de las muestras de suelo se realizó con barreno a tres profundidades (0 a 12; 12 a 22 y > a 22 cm). La caracterización física del suelo se realizó siguiendo la metodología descrita por Pla (1977). Para el análisis de distribución del tamaño de partículas se realizó el fraccionamiento, mediante tamizado para la fracción gruesa y sedimentación para la fracción fina. En función de los porcentajes de cada una de las fracciones (arena, limo y arcilla), se clasificó el suelo mediante el triángulo textural.

El índice de plasticidad se obtuvo de la diferencia entre el límite superior e inferior. El límite superior de plasticidad se determinó como el porcentaje de humedad a la cual el suelo adquiere respectivamente fluidez y pierde su capacidad de mantener la forma y el límite inferior como el porcentaje de humedad a la cual el suelo se vuelve quebradizo, y no se puede moldear.

La conductividad hidráulica, porosidad y módulo de ruptura se determinaron por triplicado con muestras de suelos no alteradas, utilizando las mismas muestras para los tres análisis. El primer indicador evaluado fue la conductividad hidráulica, posteriormente la porosidad y por último el módulo de ruptura. La densidad aparente se determinó por los métodos del hoyo en campo y el método del cilindro (uhland). La distribución de

agregados estables al agua se determinó por el método de Yoder modificado y se realizó únicamente para el primer estrato del suelo, ya que el estrato superficial es el más afectado por factores atmosféricos, prácticas de manejo etc., que influyen en la estabilidad de los agregados.

Resultados

Los resultados obtenidos en la distribución de tamaño de partícula para las diferentes fracciones de arena, limo y arcilla, así como la clasificación textural a diferentes profundidades se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1: Distribución del tamaño de partículas y clasificación textural del suelo.

Partículas	Profundidad (cm.)		
	0 – 12	12 – 22	> 22
Esqueleto grueso (%)	0	0	0
Arcilla < 2 μ (%)	16,0	16,0	16,5
Limo fino 2-5 μ m (%)	10,0	20,0	17,5
Limo medio 5-20 μ m (%)	20,7	23,0	24,0
Limo grueso 20 - 50 μ m (%)	33,0	22,0	29,0
Arena muy gruesa (%)	0	0	0
Arena gruesa (%)	0,5	0,5	7,5
Arena media (%)	1,8	0,5	3,5
Arena fina (%)	8,0	8,0	1,5
Arena muy fina (%)	10,0	10	0,5
Clasificación textural	Franco limoso	Franco limoso	Franco limoso

En la Tabla 2, se presentan los índices de plasticidad, conductividad hidráulica y el módulo de ruptura para los diferentes estratos del suelo.

Los valores de la densidad aparente determinados por los el método del hoyo y del cilindro, junto con la porosidad expresada en porcentaje por volumen de suelo aparecen en la Tabla 3. En la Tabla 4 se presenta el porcentaje de agregados estables al agua.

Discusión

De acuerdo a la proporción relativa de arena, limo y arcilla [Tabla 1] expresada como porcentaje en peso, el suelo se clasifica como suelo de textura franco limoso en todos sus horizontes. Este tipo de suelos con predominio de la fracción limo generalmente presenta

Tabla 2: Límite superior e inferior de plasticidad, índice de plasticidad, conductividad hidráulica y módulo de ruptura.

Estrato (Prof. en cm)	Límite superior de plasticidad (%)	Límite inferior de plasticidad (%)	Índice de plasticidad (%)	Conductividad hidráulica K _{sat} (mm/h)	Módulo de ruptura (kPa)
0 – 12	40,50	37,74	2,76	0,275	66,28
12 – 22	43,50	34,88	8,62	Ni	299,12
>22	46,50	34,62	11,88	Ni	233,07

Ni: No infiltró

**Tabla 3:** Porosidad (% volumen de suelo) y densidad aparente.

Estrato (Profundidad en cm)	Porosidad		Densidad		
	Total	r > 15 μ m	Método del cilindro	Método del Hoyo	Densidad Aparente relativa (%) (DAR)
0 – 12	51%	8%	1,42	1,36	10
12 – 22	48%	3,9%	1,57	1,48	85
>22	47%	4,3%	1,66	----	130

riesgo de sellado y encostramiento superficial con alta erosionabilidad e inestabilidad estructural, baja velocidad de infiltración, permeabilidad de media a baja, fertilidad física deficiente y moderado almacenamiento de nutrientes. (Porta et al 1999).

Tabla 4: Agregados estables al agua.

Prof. (cm)	Distribución de agregados (%)			Agr. Est.
	> 0,833 (mm)	> 0,417 (mm)	> 0,104 (mm)	
0 – 12	6,23	11,27	23,30	22,22

El índice de plasticidad [Tabla 2] aumenta con la profundidad del suelo, debido fundamentalmente al aumento del límite superior de plasticidad. Los valores del mismo reflejan que el suelo analizado presenta baja plasticidad en el primer estrato, moderada en el segundo y alta en el tercer estrato (Pla, 1977). Lo anterior está de acuerdo con la observación directa realizada en campo donde se apreció grietas en la superficie del suelo, lo cual es indicativo de la presencia de arcillas expansibles. El contenido máximo de humedad que puede contener el suelo para poder ser manejado, sin peligro de producir compactación y sellado es 40,50% en el primer estrato.

Los valores de conductividad hidráulica [Tabla 2] fueron relativamente bajos en el primer estrato (0,275mm/h) y no medibles en los estratos siguientes. De acuerdo a los índices establecidos por Florentino (1998) para conductividad hidráulica saturada, este valor es muy bajo, lo que indica un movimiento lento del agua en el suelo que ocasiona pérdidas de agua por escorrentía, aguachinamiento en corto tiempo y limita el crecimiento radical. Aún cuando el método utilizado no es el más recomendable para suelos poco permeables, los valores obtenidos son un reflejo del comportamiento del suelo.

El módulo de ruptura aumenta con la profundidad del suelo [Tabla 2], lo que refleja que los estratos más profundos de este suelo presentan mayor resistencia al efecto cortante. El primer estrato del suelo posee una menor fuerza de cohesión, entre las partículas cuando el suelo se seca por estar menos compactado (menor densidad aparente), por lo que este estrato ejerce poca

resistencia al ser trabajado y a la penetración de las raíces de las plantas, además su baja resistencia a la separabilidad en seco podría traducirse en baja estabilidad estructural al agua y por ende fácilmente erosionado por acción de las lluvias.

La porosidad del suelo [Tabla 3] disminuye con la profundidad, esto concuerda con los resultados obtenidos de la densidad aparente. Un aumento de la densidad con la profundidad debido a la disminución del volumen de aire en el suelo (disminución del espacio poroso). Los valores de macroporos (porosidad con radio equivalente >15 μ m) son menores al 10 %, esto, según Pla (1996) suele indicar problemas en la distribución del agua a través del perfil. El bajo contenido de macroporos en todos los estratos puede atribuirse al grado de compactación del suelo y al arreglo espacial de las partículas más finas. Esto concuerda con los índices establecidos por Florentino (1998), donde indica que porcentajes de poros no capilares entre 5-10 %, corresponde a contenidos bajos de macroporos (horizonte de 0-20 cm), y valores menores de 5 corresponden a porcentajes muy bajos como los obtenidos para los otros estratos.

La densidad aparente del suelo se incrementa con la profundidad, resultados que se corroboran por los dos métodos (cilindro y hoyo) utilizados para su determinación [Tabla 3]. Esto es de esperarse debido al efecto de compactación que ejercen las capas superficiales sobre los estratos más profundos del suelo (Florentino, 1998). Con el método del cilindro, se obtuvieron valores más altos, lo que puede atribuirse a posible compactación del suelo al introducir los cilindros para la obtención de la muestra no disturbada. De acuerdo al índice de densidad aparente relativa, podemos decir que el nivel de compactación para cada estrato del suelo analizado es muy bajo, alto y muy alto respectivamente. Las labores de labranza que se realizan en este suelo, pueden haber contribuido a la disminución de la densidad aparente, debido a que la roturación que se genera de estas prácticas produce una mayor desagregación, aumentando el espacio poroso y como consecuencia la disminución la densidad aparente.

La distribución de agregados estables al agua [Tabla 4], indican una muy baja estabilidad estructural



frente al humedecimiento, según valores reportados por Florentino (1998). La presencia de un mayor porcentaje de agregados con tamaño superior a 0,104 mm indica un predominio de poros pequeños. La alta inestabilidad de este suelo al humedecerse se debe a la fracción limo, la cual ocupan el mayor porcentaje dentro de las partículas de este suelo. De acuerdo a esto, se puede inferir que este suelo posee una alta susceptibilidad a la compactación superficial (costra o sello).

Con base a las condiciones físicas de este suelo, se hace necesaria una preparación adecuada del mismo, bajo un manejo sostenible que permita al suelo poseer una calidad física aceptables que lo haga productivo. Las prácticas de manejo deben estar dirigidas de manera tal, que controlen los factores que determinan la estructuración del suelo así como, el tráfico de maquinarias y el contenido de agua. Esto puede lograrse con cultivos capaces de romper las capas compactadas, añadiendo materia orgánica y manejando las lombrices de tierra para estimular la actividad estructural del suelo al promover la formación de agregados estables que aumente la infiltración. Por otra parte el uso de sistema de riego en forma intermitente, ayudaría a mejorar la penetración del agua en este suelo.

Referencias

- Casanova, E. 2005. Introducción a la Ciencia del Suelo. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Segunda edición. Universidad Central de Venezuela,. Caracas. Venezuela 482 p.
- Dexter, AR. 2004. Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. *Geoderma* 120: 201-214.
- Díaz-Zorita, M; GA Duarte & JH Grove. 2002. A review of no-till systems and soil management for sustainable crop production in the subhumid and semiarid Pampas of Argentina. *Soil Till. Res.* 65: 1-18.
- Florentino de A, A. 1998. guía para la evaluación de la degradación del suelo y de la sostenibilidad del uso de la tierra: Selección de indicadores físicos. Valores críticos. Facultad de Agronomía. UCV. Maracay. 9 p.
- Martens & Frankenberger, 1992; Salinas-García et al., 1997; Díaz Zorita et al., 2002).
- Micucci, F & MA Taboada. 2006. Soil physical properties and soybean (*Glycine max*, Merrill) root abundance in conventionally- and zero-tilled soils in the humid Pampas of Argentina. *Soil Till. Res.* 86: 152-162.
- Pla, I. 1977. Metodología para la caracterización física con fines diagnósticos de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. Facultad de Agronomía. UCV. 93 pp.
- Porta, J; Lopez-Acevedo, Roquero, C. 1999. Edafología para la Agricultura y el medio ambiente. 2da edición. Ediciones Mundi . 849 pp.
- Reynolds, WD; BT Bowman; CF Drury; CS Tana & X Lu. 2002. Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters. *Geoderma* 110: 131-146.
- Topp, GC; WD Reynolds; FJ Cook; JM Kirby & MR Carter. 1997. Physical attributes of soil quality. In: EG Gregorich & MR Carter (eds.). *Soil quality for crop production and ecosystem health. Developments in Soil Science*, Elsevier, NY, 25: 21-58



Evaluación Ergonómica en los Puestos de Trabajo de una Planta Manufacturera de Tambores Metálicos

María A. Navarro¹, Keila J. Rumbos², Crisdalith Cachutt³

¹Departamento de Servicios Generales en Industrias VENOCO C.A.

²Departamento de Compras en Industrias VENOCO C.A.

³Dpto. de Gerencia, de la Escuela de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo.

crisdalith@gmail.com

Resumen

El objetivo del estudio consiste en evaluar las condiciones de trabajo de una planta de tambores metálicos, la cual tiene sólo un año en operación y ya se presentan dolencias por parte de los operadores. Para el análisis, se aplicaron los métodos: LEST, REBA, NIOSH e ISTAS21. Con el método LEST, se evaluó, de manera global, cada puesto, encontrando que el 100%, presentan nocividad en el ambiente sonoro, así como molestias fuertes en carga estática. La evaluación REBA arrojó el 9.1% de puestos con nivel de riesgo muy alto de padecer TME, 36.4% con nivel alto y 54.5% con nivel medio. La ecuación de NIOSH se aplicó en la salida del horno y en serigrafía, arrojando un índice de levantamiento menor a uno, por tanto, la tarea puede ser realizada sin problemas. El ISTAS21 mostró que el nivel de riesgo psicosocial más desfavorable, fue la inseguridad, con un 88.24%. Se diseñaron las mejoras técnicas y administrativas para disminuir la nocividad y los niveles de riesgo encontrados. Dentro de las principales propuestas se encuentra el sistema de rotación, basado en la alternancia, según el consumo de kcal/h y los niveles de riesgo biomecánico. Queda demostrado que el análisis ergonómico, combinado con las competencias técnicas de ingeniería, permite mejorar las condiciones de trabajo existentes, en pro de elevar el nivel de vida de los trabajadores y aumentar la productividad de las empresas.

Palabras clave: Ergonomía, trastornos músculo-esqueléticos, factores psicosociales, biomecánica.

Ergonomic evaluation on the working place of a metallic drum manufacturing plant

Abstract

The objective of this study is to evaluate the working conditions of a steel drum plant, which has only one year in operation and already shows complaints on the part of operators. For the analysis methods were applied: LEST, REBA, NIOSH and ISTAS21 techniques. The LEST method was evaluated globally on each position, finding that 100% show harm in sound environment as well as strong due to static charges. REBA assessment showed 9.1% of positions at very high risk of developing MSDs, 36.4% to 54.5% high and medium level. The NIOSH equation was applied to the output of the furnace and screen, giving a rate rising less than one, so the task can be performed without problems. The ISTAS21 showed that the level of psychosocial risk most undesirable was uncertainty with 88.24%. Administrative and technical improvements were designed to reduce harm and risk levels found. Among the main proposals lies the rotation system, based on the alternation as consumption kcal / hr and biomechanical risk levels. We demonstrate that the ergonomic analysis, combined with engineering skills, allows improving working conditions existing in favour of raising the living standards of workers and increase business productivity.

Key words: Ergonomics, musculoskeletal, psychosocial factors, biomechanics.

Introducción

En los últimos años, la evaluación ergonómica de los puestos de trabajo, se ha ido incrementando considerablemente, debido a la reforma, hecha en el año 2005, a la Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo (LOPCYMAT), la cual exige a todo empleador realizar evaluaciones para identificar y medir el nivel de riesgo asociado a cada puesto de trabajo, sin embargo, estas mediciones, pueden convertirse en algo más que un requisito, ya que éstos representan una oportunidad para jerarquizar situaciones que, por su criticidad, deben ser corregidas o controladas de inmediato, de esta manera, se ofrecen soluciones oportunas a aquellos casos que así lo requieran, (Cachutt, Rodríguez, Vargas y Aravena, 2009).

Son muchas las evidencias de estudios ergonómicos en puestos de trabajo, en los cuales se aplican distintos métodos, según las características de trabajo que se realiza.

En algunos casos se aplican herramientas de análisis general, como el método LEST, (Torres y Rodríguez, 2007), (Escalante, 2009), los cuales determinan aquellos aspectos con niveles de riesgo importantes, que luego deben ser evaluados a través de métodos específicos, (Gasca, Rengifo y Rodríguez, 2007), (Arana, Sáenz y Floriano, 2007).

El presente estudio se desarrolló en una de las industrias más importantes a nivel nacional, fabricante de grasas, lubricantes, aceites y productos asfálticos. En el año 2009 comienza sus operaciones una nueva planta para la elaboración de contenedores metálicos de hasta cincuenta y cinco galones de capacidad, los cuales están destinados a cubrir la demanda interna del complejo industrial. La nueva planta está conformada por cuatro líneas de producción: tapa y fondo, corte de lámina, armado y ensamble del cuerpo del tambor y serigrafía.



La mayoría de las operaciones son manuales, adoptándose posturas alejadas de la neutralidad que, en algunos casos, van acompañadas de manipulación de cargas y alta repetitividad. Según los datos de morbilidad, llevada por el servicio médico de la empresa, en este corto periodo de operación ya se han presentado quejas por parte de los trabajadores, referidas a molestias en el sistema osteomuscular.

Por tanto, el objetivo de esta investigación consiste en evaluar las condiciones de trabajo de la planta de tambores, a fin de medir los niveles de riesgo actuales a los que se encuentran expuestos los trabajadores y posteriormente, hacer los ajustes pertinentes, con la finalidad de reducir el impacto nocivo sobre la salud de los trabajadores.

Metodología

En el año 2008, por petición del Instituto Nacional de Prevención, Salud y Seguridad Laborales (INPSASEL), se conformó un equipo integrado por profesores de la Universidad de Carabobo y especialistas en ergonomía de una de las empresas privadas más importante del país. Este equipo elaboró el Programa Nacional de Prevención de Trastornos Músculo Esqueléticos en el Lugar de Trabajo, En el caso de Venezuela, según el registro de enfermedades ocupacionales de la Dirección de Epidemiología e Investigación del INPSASEL, para el año 2006, estos trastornos representaron el 76.5% de los diagnósticos ocupacionales. En este programa de prevención se propone un plan de intervención, el cual ha sido dividido en nueve pasos, que van desde el comprender que es un TME hasta la intervención. En la figura 1, se muestra dichos pasos (INPSASEL, 2008).

Este estudio está enfocado a un análisis integral de los puestos de trabajo, sin embargo, se usó como referencia, el programa de prevención de TME, para la jerarquización de los puestos de trabajo a estudiar, así como en la selección de los métodos específicos usados, ya que las quejas de los operadores en este año de operación están todos referidos a dolencias en sistema osteomuscular.

La selección de los puestos de trabajo a evaluar, se llevó a cabo a través de la aplicación de los pasos 1, 2, 3, 4 y 5 del programa de prevención de TME, en los cuales se consideró la morbilidad de los puestos, los procesos peligrosos identificados por los operadores, así como las molestias que éstos sienten al final de cada jornada. Estos datos provienen de registros de la empresa y la consulta a los propios operadores. En la tabla 1, se muestran los ocho puestos de trabajo estudiados. Es importante resaltar que, dos de los puestos se dividieron en actividades, ya que las características del trabajo son distintas, por tanto, fue necesario evaluarlas por separado.

Tabla 1: Puestos de trabajo evaluados.

Nº	Puesto de Trabajo	Actividades
1	Selladora	Alimentación de la selladora
		Colocación de las tapas en la paleta
2	Remachadora	
3	Soldadora	
4	Grafadora	
5	Aplicación de solución jabonosa	
6	Colocación del tapón	
7	Salida del horno	
8	Serigrafía	Alimentación del conjunto de serigrafía
		Serigrafiar
		Bajar el tambor del conjunto de serigrafía

(Los puestos de trabajo numerados desde el 2 hasta el 7, no fueron divididos en actividades)

El estudio corresponde a un proyecto factible, sustentado en una investigación de campo. En los ocho puestos estudiados laboran diecisiete trabajadores, los cuales no tienen tareas fijas, sino que, diariamente, son asignados a las estaciones de trabajo, según los requerimientos de producción de cada jornada.

Siguiendo con los pasos establecidos en el programa de prevención, el paso 6 corresponde a la determinación de los responsables de la intervención, siendo éstos el departamento de ergonomía de la empresa en estudio. En el paso 7, se identifica el modelo de evaluación. Para el análisis de los puestos de trabajo se aplicaron métodos de evaluación, partiendo, primeramente, de una visión global, hasta la evaluación específica de aquellos elementos más críticos, éstos ajustados a las características de cada uno, así como a los tipos de procesos peligrosos encontrados. A continuación, se explica cada uno de los métodos usados:

Método LEST

El método LEST, desarrollado por Guélaud, Beauchesne, Gautrat y Roust (1977), evalúa, de forma global, las condiciones del puesto de trabajo. Este método valora dieciséis variables, agrupadas en cinco dimensiones: entorno físico, carga física, carga mental, aspectos psicosociales y tiempo de trabajo. La información recogida del puesto permite valorar cada una de las dimensiones, con una puntuación que oscila entre 0 y 10. En la tabla 2, se muestra la interpretación éstas.

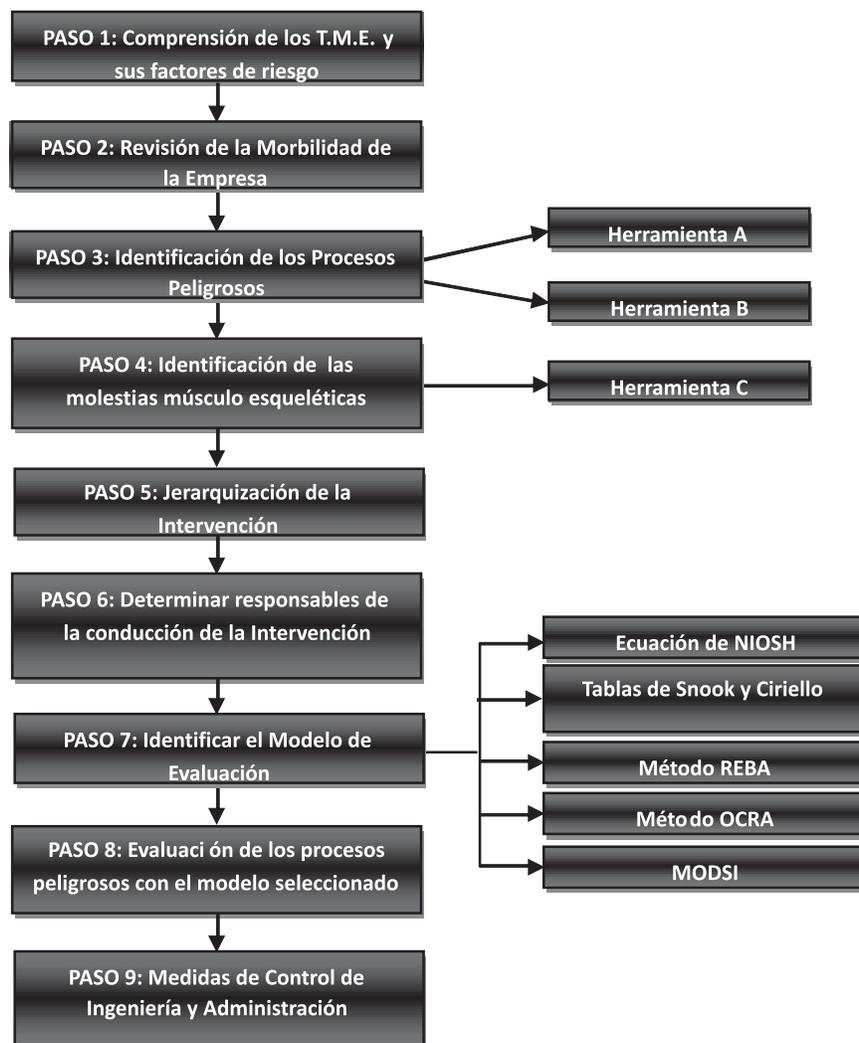
Tabla 2: Sistema de puntuación del Método LEST.

0,1,2	Situación satisfactoria
3,4,5	Molestias débiles. Algunas mejoras podrían aportar más comodidad al trabajador
6,7	Molestias medias. Existe riesgo de fatiga.
8,9	Molestias fuertes. Fatiga
10	Nocividad

Fuente: Guélaud et al. (1977)



Figura 1: Pasos para la Prevención de TME en el Lugar de Trabajo.



Tomado del Programa Nacional de Prevención de TME (INPSASEL, 2008)

En este estudio se analizaron los factores relativos al entorno físico y la carga física de trabajo. Se realizaron mediciones cuantitativas, usando equipos, como: anemómetro, medidor de ambiente térmico, sonómetro, luxómetro y cronómetro. Para el análisis de la carga física se realizaron grabaciones en cada uno de los puestos de trabajo. Es importante señalar, que debido a que el operador no realiza la misma tarea durante toda la jornada, el cálculo del consumo energético se obtuvo sumando el gasto calórico de los puestos en los cuales laboró en el día.

Método REBA

El Método REBA es una herramienta para el análisis postural de puestos de trabajo sensible a riesgos músculo – esqueléticos, en una variedad de tareas. Divide el cuerpo humano en segmentos que pueden ser codificados individualmente, con referencia a planos de movimiento. Adicionalmente, provee de un sistema de

escala para actividades musculares causadas por cambios rápidos, estáticos, dinámicos y/o posturas inestables. Este método refleja la importancia del acoplamiento o agarre en el manejo de herramientas o controles y proporciona un nivel de acción, con un indicador de urgencia, (Hignett y McAtamney, 2000).

El REBA fue aplicado en todos los puestos estudiados, con la finalidad de determinar los niveles de riesgos asociados a las posturas asumidas por los trabajadores. Para su aplicación, se filmaron las actividades realizadas por los trabajadores en cada puesto de trabajo, desde que inicia la operación hasta que sale una unidad; luego, se extrajeron las posturas más frecuentes y se evaluaron según la metodología.

Ecuación de NIOSH

Este método revisa la metodología sobre manipulación de cargas y levantamiento de pesos. Tiene como principal característica, la combinación de aspectos



biomecánicos, fisiológicos y psicofísicos, con lo cual se establece una carga máxima que responde al menor peso obtenido, (Niosh, 1981). Con esta ecuación se consigue obtener un límite de peso recomendado RWL, (por sus siglas en inglés), para tareas con condiciones de trabajo específicas. El resultado es el peso de la carga que la mayoría de los trabajadores pueden manipular durante una jornada de trabajo o menor (8 h o menos), sin que exista un aumento del riesgo de sufrir lesiones en la columna, (Niosh, 1981), (Waters, 1994).

La ecuación de NIOSH se aplicó en los puestos donde existe manipulación de cargas: salida del horno y serigrafía. Para la aplicación del método, se hizo uso de las grabaciones realizadas de estas actividades, que permitieron la observación y estimación de los ángulos y distancias, los cuales fueron luego verificados en el propio puesto de trabajo, con la ayuda del operador.

Método ISTAS21 (CoPsoQ)

Cuestionario Psicosocial de Copenhague (CoPsoQ) es un cuestionario individual, que evalúa la exposición de riesgo para la salud de naturaleza psicosocial (ISTAS, 2002). Debido a que se estudiaron diecisiete trabajadores, se utilizó la versión corta del cuestionario, el cual mide la exposición a seis grandes grupos de factores de riesgo para la salud de naturaleza psicosocial en el trabajo: exigencias psicosociales, trabajo activo y posibilidades de desarrollo, inseguridad, apoyo social y calidad de liderazgo, doble presencia y estima.

El cuestionario fue aplicado a los diecisiete trabajadores, los cuales, de manera individual y anónima, contestaron las preguntas, que luego, colocaron en un cajón dispuesto para ello, para su posterior procesamiento y análisis.

Resultados

Luego de determinar los métodos a usar en la evaluación de los puestos, según las características de los mismos, se sigue con el paso 8 del programa de prevención, que consiste en la aplicación de dichos métodos y obtener así la evaluación de los puestos. Los resultados del análisis del ambiente físico, usando el método LEST, en los ocho puestos estudiados, arrojó que en todos existe nocividad en cuanto al ambiente sonoro, ya que el nivel de ruido sobrepasa los 92 dB y las tareas requieren un nivel de atención medio. De igual modo, se encuentra por encima de los niveles técnicos de referencia (85 dB), establecidos en la norma COVENIN 1565-95, por lo que no es posible trabajar ocho horas sin protección auditiva. Este ruido procede de las distintas máquinas existentes en el área (remachadora, selladora, soldadora, grafadora, entre otras).

Con relación a la carga estática, se encontraron molestias fuertes, con riesgo de fatiga, en seis de los puestos, en los dos restantes se presentaron molestias

medias, todo esto debido a las posturas exigidas por las tareas, que demandan movimientos repetitivos, con dorsoflexión, elevación de brazos por encima del hombro y rotación de tronco.

En cuanto al ambiente térmico, todos los puestos a excepción de uno, presentaron molestias medias, esto considerando el tiempo de exposición, el consumo energético y la temperatura efectiva. La salida del horno, fue el puesto donde se encontró nocividad, debido a la proximidad a dicho equipo. Además del horno en la planta, existen otros equipos que irradian calor, como las soldadoras y prensas. Unido a esto, los sistemas de ventilación no son lo más adecuados, restringiendo el intercambio adecuado del aire.

En cuanto a las vibraciones se presentaron molestias débiles en seis de los puestos estudiados, esto debido al manejo de herramientas y la proximidad a máquinas que trabajan con el metal y generan ruido. En cuanto a la iluminación de la planta todos los puestos de trabajo presentan buena iluminación natural (situación satisfactoria). Los operadores no tienen un puesto de trabajo asignado, un mismo trabajador labora en dos puestos de trabajo durante su jornada, las primeras tres horas permanecen en la línea de corte y estampado de tapas y fondos, mientras que las cuatro y media (4.5) horas restantes se ocupan en un puesto de la línea de armado del tambor. En la tabla 3, se muestra un ejemplo del cálculo del consumo energético para un trabajador en una jornada de trabajo.

El análisis biomecánico REBA, muestra que el nivel de riesgo a sufrir, TME, se encuentra entre un nivel medio, alto y muy alto, por lo que se puede afirmar que la exigencia postural de los puestos es importante. En la tabla 4, se muestran los niveles de riesgo por puestos de trabajo.

Se observa que entre los puestos más críticos, se encuentra la grafadora, con un nivel de riesgo muy alto, debido a la flexión de tronco y cuello con lateralización, cambios bruscos en posturas, extensión de brazos con rotación. El operario se mantiene en bipedestación durante la jornada laboral, estas posturas no son asumidas sino exigidas por el puesto de trabajo. En cuanto al análisis de los factores de riesgo psicosocial, realizado a través del método ISTAS21 en su versión corta, se obtuvo que el factor de riesgo de mayor nocividad para los trabajadores fue la inseguridad, con un 88% de condición desfavorable para los trabajadores; una de las causas que expresan los operadores, es que por ser una planta nueva, la mayoría ellos trabajan bajo contrato temporal, por tanto, sienten que la relación laboral puede terminar en el corto plazo.

La ecuación de NIOSH fue aplicada en los puestos de salida del horno y en Serigrafía, arrojando un índice de levantamiento individual menor a uno, por tanto, dichas tareas pueden ser realizadas sin problemas para la mayoría de los trabajadores que allí laboran.



Tabla 3: Combinación del consumo energético de dos puestos de trabajo.

Factores	Colocación de tapas y fondo con sellante en la paleta	Salida del horno	Combinación
Gasto kcal./hr	122,84 kcal./hr	192,60 kcal./hr	1235.22 kcal/hr
Temperatura efectiva	27 °C	27 °C	27 °C
Tiempo de Exposición	3 horas	4.5 horas	7.5 horas
Ambiente térmico	5 Molestias débiles	7 Molestias medias	9 Molestias fuertes
Carga estática	6 Molestias medias	9 Molestias fuertes	9 Molestias fuertes
Carga dinámica	0 Situación satisfactoria	5 Molestias Débiles	5 Molestias Débiles

Tabla 4: Nivel de riesgo biomecánico por actividad evaluada. Método REBA.

Nº	Actividad evaluada	Puntuación REBA	Nivel de riesgo (REBA)
1	Alimentación de la selladora	5	Nivel medio
	Colocación de las tapas en la paleta	9	Nivel alto
2	Remachadora	4	Nivel medio
3	Soldadora	4	Nivel medio
4	Grafadora	11	Muy alto
5	Aplicación de solución jabonosa	10	Nivel alto
6	Colocación del tapón	8	Nivel alto
7	Salida del horno	6	Nivel medio
8	Alimentación del conjunto de serigrafía	10	Nivel alto
	Serigrafiar	5	Nivel medio
	Bajar el tambor del conjunto de serigrafía	6	Nivel medio

Oportunidades de Mejora

Una vez analizados los puestos de trabajo (corresponde al paso 8), se procedió a diseñar y proponer las mejoras técnicas y administrativas para disminuir la nocividad y los niveles de riesgo encontrados, esto corresponde al paso 9 del programa de prevención. En la tabla 5, se muestra un resumen de las oportunidades de mejoras planteadas.

Cabe destacar que dichas mejoras fueron diseñadas desde el punto de vista técnico y administrativo, se realizó un análisis beneficio costo, a fin de mostrarle a la empresa las bondades de las mismas. La empresa debe implementar las mejoras técnicas propuestas, con el fin de disminuir los niveles de riesgos biomecánicos encontrados, especialmente, en los puestos de trabajo: grafadora, aplicación de solución jabonosa y alimentación del conjunto de serigrafía. La adopción de dichas mejoras impacta positivamente en la disminución del consumo energético en cada puesto.

Sin embargo, debido a la naturaleza manual de las actividades, la exigencia de las tareas sigue siendo

importante, por lo que es necesario complementar las propuestas técnicas con una mejora administrativa, referida al diseño de un sistema de rotación, basado en la alternancia, según el consumo de kilocalorías por hora (kcal/h) y los niveles de riesgo biomecánico. Actualmente, los operadores durante las tres primeras horas de la jornada, se dividen en dos grupos de trabajo, un grupo elabora 150 tapas/día y los otros fabrican 150 fondos/día. Posteriormente, las 4,5 h restantes se dedican todos a completar el ensamble y acabado de los 150 tambores/día, la producción esperada por semana es de 750 tambores.

Con base en el cálculo del consumo energético y el compromiso postural de las tareas, se propone un sistema de rotación en el cual se combinan dichas variables, a fin de controlar los riesgos a los cuales se exponen los operarios y evitar que algunos se sobrecarguen más de lo necesario. En la tabla 6, se muestran las posibles combinaciones.



Tabla 5: Oportunidades de Mejora en los puestos de trabajo estudiados.

Oportunidad de Mejora	Puesto de trabajo
Tres mesas giratorias portadora de tapas	Selladora, Paletizado de tapas, Grafadora
Botonera dual	Remachado
Dispensador de solución jabonosa	Aplicación de solución jabonosa
Máquina de serigrafía automática	Serigrafiado
Tapete ergonómico	Sellado en Tapas, Remachado y Grafadora
Rotación de puestos según el Gasto Energético	Todos los Puestos
Taller en piso de higiene postural	Todos los Puestos
Estrategias para minimizar el impacto del ambiente Físico	
Dispositivo amortiguador	Para las aéreas de estampado
Material absorbente K-13	Áreas de estampado, soldado y grafado
Extractores eólicos de turbina	Para toda la Planta

Tabla 6: Sistema de Rotación entre puestos de trabajo.

Horas/jornada	Combinación de trabajo 1	Combinación de trabajo 2
Primeras 3 hr	Selladora	Remachadora
4,5 hr restantes	Soldadora Serigrafía Colocación de tapón	Salida del horno Subir o bajar el tambor al conjunto de serigrafía Grafadora Soldadora

Discusión

Siendo la primera vez que se utiliza el Programa Nacional para la Prevención de los Trastornos Músculo Esqueléticos en el lugar de trabajo, en un caso real, demostró ser una herramienta muy útil en la organización de la intervención, ya que describe paso a paso las herramientas que deben usarse y en el momento en que deben hacerse. Es un documento en el cual se considera las exigencias de intervención de la LOPCYMAT, ya que se toman en cuenta, tanto los registros de la empresa, la opinión de los trabajadores y el criterio del analista. De igual modo, facilitó la identificación y selección de los métodos de evaluación adecuados a las características de los puestos de trabajo. Se recomienda que dicha herramienta siga siendo utilizada en investigaciones similares a fin de validar su contenido y así colaborar la revisión de este documento por parte del INPSASEL. En este sentido, las mejoras técnicas propuestas en este estudio, permiten disminuir las nocividades y los niveles de riesgo encontrados. La propuesta del sistema de rotación busca controlar la exposición a los riesgos que aún persisten en la empresa.

A través de este estudio, se demuestra como el análisis ergonómico, combinado con las competencias técnicas de la ingeniería, permiten diseñar y mejorar las condiciones de trabajo existentes, en pro de elevar el nivel

de vida de los trabajadores y aumentar la productividad de las empresas.

Referencias

- Arana, N., Sáenz, D. y Floriano, C. (2007). Evaluación ergonómica de la empresa Procesos y Servicios Industriales utilizando los métodos RULA, LEST y procesamiento de imágenes. IX Congreso Internacional de Ergonomía (págs. 1-21). México D.F.: Sociedad de Ergonomistas de México A.C. (SEMACE).
- Cachutt, C., Rodríguez, E., Vargas, E. y Aravena, E. (2009). Demanda Biomecánica en el Ensamblaje de un Vehículo Camioneta Deportiva. *Ciencia & Trabajo*, N° 34, 177-183.
- Escalante, M. (2009). Evaluación Ergonómica de Puestos de Trabajo. Seventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology "Energy and Technology for the Americas: Education, Innovation, Technology and Practice". San Cristóbal-Venezuela.
- Gasca, M., Rengifo, M. y Rodríguez, E. (2007). Evaluación Ergonómica de los Puestos de Trabajo en el Área de Tapas de una Empresa Metalúrgica. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, Año 1, Vol. I, N° 1, 31-42.



- Guélaud, F., Beauchesne, M., Gautrat, J. y Roust, G. (1977). Pour une analyse des conditions du travail ouvrier dans l'entreprise. Paris: A. Colin .
- Hignett, S. y McAtamney, L. (2000). Rapid Entire Body Assessment (REBA). Applied Ergonomics. 31: 201-205.
- Instituto Nacional de Prevención, Salud y Seguridad Laborales (2008). Programa Nacional para la Prevención de Trastornos Músculo Esqueléticos (TME) en el lugar de trabajo. Trabajo no publicado, aun en revisión por el INPSASEL. Caracas, Venezuela.
- Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS) (2002). Manual para la evaluación de riesgos psicosociales en el trabajo. España.
- Niosh. (1981). Work practices guide for manual lifting. NIOSH Technical Report n° 81-122. Cincinnati. Ohio: National Institute for Occupational Safety and Health.
- Torres, T. y Rodríguez, M. (2007). Evaluación Ergonómica de Puestos de Trabajo de la Industria Pesquera del Ecuador. Revista Tecnológica ESPOL , Vol. 20, N° 1, 139-142.
- Waters, T. (1994). Applications manual for the revised NIOSH lifting equation. U.S. Department of health and human services. Centers for disease control and prevention NIOSH. Division of biomedical and behavioral science. Cincinnati, Ohio.



Revisión de las bases teóricas de Modelos de Gestión y Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas para Proyectos con Enfoque Participativo

Nancy Bolívar
Estación de Investigaciones Agropecuarias y Extensión EDIAGRO.
Fundación La Salle de Ciencias Naturales. Campus Cojedes.
nancybdo@cantv.net

Resumen

Las cuencas hidrográficas son los espacios donde factores biofísicos y socioeconómicos, generan balances favorables o no sobre uno o varios recursos, producto de la interacción de los mismos, lo que a veces depende de la concepción o enfoque que el Ser Humano da al uso de éstos, el cual es implementado a través de modelos. Revisar las bases teóricas de Modelos de Gestión y Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas, con énfasis en Enfoques de carácter Participativo, contribuirá a la mejor comprensión y difusión de los mismos en pro del uso racional y eficiente de los citados espacios, para ello se realizó una revisión y análisis documental de información sobre experiencias del caso. Los enfoques, Estatal y Mercantil, visualizaban a la cuenca únicamente como productora de agua, determinando modelos operativos de manejos centrados en la atención exclusiva sobre ese recurso. Mientras que, los enfoques de Concertación, Fortalecimiento a las Comunidades y Socio-Ambiental consideran otros aspectos como la relevancia del Factor Humano, sin embargo, no existe un único modelo de gestión de cuencas que logre adaptarse a las todas necesidades de uso de recursos y búsqueda de soluciones. A pesar de la necesidad de planes de gestión y manejo de cuencas hidrográficas, hay pocas experiencias y aún en casos donde se han elaborados planes con metodologías participativas que responden a las necesidades de las poblaciones, la falta de acciones o continuidad y eficiencia de las mismas, para la obtención de recursos y medios, son causas de tal situación.

Palabras clave: cuencas hidrográficas, modelo de gestión, manejo integrado.

Review of the Model theoretical bases of Management and Integral Managing of Hydrographic Basins for Projects with Participative Approach

Abstract

The hydrographic basins are the spaces where factors biophysicists and socioeconomic, generate advantageous balance sheets or not on one or more resources, product of the interaction of the same ones, which sometimes depends on the conception or approach that the Human Being gives to the use of these, which is implemented across models. To check the Model theoretical bases of Management and Integral Managing of Hydrographic Basins, emphatically in Approaches of Participative character, he will contribute to the best comprehension and diffusion of the same ones in favor of the rational and efficient use of the mentioned spaces, for it a review and documentary analysis was realized of information about experiences of the case. The first approaches, State and Mercantile, were visualizing to the basin only as water producer, determining operative models of managing centered on the exclusive attention on this resource. Nowadays the approaches of Conciliation, Strengthening they consider the communities and Environmental-Social to be other aspects as the relevancy of the Human Factor, nevertheless, there does not exist the only model of management of basins who manages to adapt all needs of use of resources and search of solutions. In spite of the need of plans of management and managing of hydrographic basins, there are little experiences and still in cases where plans have been elaborated by participative methodologies that answer to the needs of the populations, the lack of actions or continuity and efficiency of the same ones, for the obtaining of resources and a half, are reasons of such a situation.

Key words: hydrographic basins, model of management, integrated managing.

Introducción

Si bien se tienen contrastes de crecimiento de la población humana por regiones a escala mundial, así como de desigualdades económicas, en cualquiera de los casos es fenómeno común la competencia por recursos, ya sea por escasez o por deterioro de los mismos, siendo significativo el recurso agua, no obstante, con ella, por razones del encadenamiento de la naturaleza, están en estrecha interdependencia otros recursos igualmente vitales para la humanidad, suelo, flora y fauna, todos los cuales, incluida la propia población humana deben coexistir en un espacio igualmente común conocido como Cuenca Hidrográfica, de cuya capacidad de sustentación depende en buena parte la posibilidad de vida para futuras

generaciones, capacidad que hoy en día depende del adecuado manejo que en ella se opere. La visión holística de las cuencas hidrográficas, es en parte el resultado de una integración de conocimientos y experiencias derivadas de particularidades de espacio y tiempo donde coexisten e interactúan variables biofísicas y socioeconómicas, que partiendo de conceptos en principio de carácter físico, evolucionan hacia Enfoques y Modelos tanto de Estudio como de Manejo de mayor amplitud que consideran al aspecto humano como relevante. El presente trabajo resume una revisión documental, sobre publicaciones de trabajos en la región latinoamericana. El objetivo es revisar las bases teóricas de modelos de gestión y manejo integral de cuencas hidrográficas para proyectos con



enfoque participativo. Los modelos son los esquemas operativos consecuencia de los enfoques u ópticas desde y con las cuales se pretende manejar las cuencas, entre ellos se tienen: Estatal, Mercantil, Concertado, Organizativo y Socio-ambiental, a los que se les asocian los modelos: En función del Agua, En función de Todos los Recursos Naturales, En función del Riesgo, En función de Potenciales Específicos, los enfocados en la Oferta y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos (Horizontal y Vertical).

Definiciones

Cuencas Hidrográficas

Entre las conceptualizaciones genéricas de cuenca hidrográficas, puede inicialmente señalarse la de García, 2005 "...unidades biogeográficas comprendidas al interior de una divisoria de aguas y que se prestan a un manejo sistémico del ambiente abarcando todas sus componentes y sus interacciones con los factores sociales, culturales y económicos."

Así también, son un sistema constituido por partes que se relacionan entre sí; tiene un límite definido (divisoria de aguas y su entorno); con entradas y salidas, como el ciclo hidrológico, dándose en su ámbito interacciones cobertura vegetal - suelo - precipitación, y comportamientos en cadena que relacionan las subdivisiones de la cuenca como en el caso de sus partes alta, media y baja. (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza – CATIE- s.f. a).

Conforme a esta última definición, los componentes básicos del sistema cuenca hidrográfica son el biofísico y el socioeconómico, que disgregar en:

a. Biofísico, generalmente divididos en físico y biológico. Los biológicos constituidos por los componentes bióticos, seres humanos, fauna, y flora. Y los físicos, constituidos por los componentes abióticos, suelo, subsuelo, relieve, agua, minerales, aire y clima.

b. Socioeconómico, incluye aspectos demográficos (calidad de vida) y organizacionales; culturales (aspectos religiosos, costumbres, tradiciones, historia y etnias); tecnológicos (tipos y niveles de tecnologías en diferentes campos); productivos (uso de la tierra, sistemas y medios, distribución de la tierra); económicos (ingresos, rentabilidad, inversiones, servicios ambientales); institucionales (aspectos gubernamentales de nivel central y local, responsabilidades, rol de municipios y entidades de cuencas); legales (tenencia de la tierra, marco regulatorio, normas, reglamentos, competencia del manejo de cuencas).

Por otra parte desde el punto legal, La Ley de Aguas de la República Bolivariana de Venezuela establece en su artículo N° 2 de Título I de las Disposiciones Generales, de las Definiciones.

Cuenca hidrográfica: Unidad territorial delimitada por las líneas divisorias de aguas superficiales que

convergen hacia un mismo cauce, y conforman espacios en el cual se desarrollan complejas interacciones e interdependencias entre los componentes bióticos y abióticos, sociales, económicos y culturales, a través de flujo de insumos, información y productos.

En este contexto, y sobre la base de las referidas definiciones, es razonable prever las potencialidades de recursos factibles de aprovechamiento, así, de acuerdo a las conclusiones del III Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas "Desarrollo Sostenible en Cuencas Hidrográficas" (2003), se tiene "...la producción potencial de las cuencas hidrográficas es considerable en términos de energía, producción forestal, recursos genéticos, cantidad, calidad y control del agua, y en la producción agrícola sostenible utilizando las tecnologías adecuadas."

Cabe indicar que, a pesar de la extensa connotación espacial de cuenca hidrográfica, derivada de las anteriores definiciones, es posible referir y diferenciar una de mayor alcance "...Cuencas Hidrológicas... unidades morfológicas integrales... además de incluir todo el concepto de Cuenca Hidrográfica, abarcan en su contenido, toda la estructura hidrogeológica subterránea del acuífero como un todo" Instituto Nacional de Ecología (2006), no obstante, no considerada en el alcance del presente trabajo.

Las cuencas hidrográficas: su problemática ambiental

Cada cuenca Hidrográfica presenta problemas ambientales particulares, sin embargo algunos son comunes como la erosión del suelo, arrastre de sedimentos, incremento de crecidas torrenciales e inundaciones, deforestación, reducción del agua en época de estiaje, pérdida de biodiversidad, contaminación de aguas y suelos. (Grupo de Estudios en Cuencas Altas Tropicales - GECAT y Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado - CEFAP, 2007)

Independientemente de los problemas ambientales que afecten a la cuenca, el objetivo principal de su manejo debe ser la conservación de sus recursos naturales y sociales, que deberá estar orientado por los principios regulatorios de la gestión de cuencas, que según CATIE, (s.f. b), son: a) integralidad: visión sistémica, integral, integrada y holística; b) eficiencia: cumplimiento de objetivos; c) uso racional de los recursos, con enfoques empresariales orientados a lograr equilibrio entre el desarrollo económico y social; d) flexibilidad: cambios a raíz de las necesidades del entorno y de la organización; e) perfectibilidad: no es infalible, sino perfectible, bajo un enfoque adaptativo; f) responsabilidad social: se promoverán y enfatizarán los derechos y deberes de todos los actores que están dentro de la cuenca; g) participación activa de los actores clave: municipios,



organizaciones de base, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, que tienen relación directa.

Gestión y manejo integral de cuencas

Consiste en armonizar uso, aprovechamiento y administración de los recursos naturales y el manejo de los ecosistemas comprendidos en una cuenca hidrográfica, considerando las relaciones establecidas entre estos, objetivos económicos y sociales, prácticas productivas y formas de organización social para satisfacer sus necesidades y bienestar en términos sustentables. Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental (s.f).

Enfoques y modelos de gestión integral de cuencas

Por la cantidad y variedad de factores involucrados tales como actores, entorno territorial, políticas locales y regionales, características de la cuenca y visión del corto, mediano y largo plazo, también son múltiples las ópticas o enfoques del cómo abordarlos, cada uno de los cuales se refleja en una forma operativa o Modelo de tratamiento, sin que impliquen una solución única a las problemáticas de cada Cuenca. Entre estos Enfoques se tienen:

- Enfoque Estatal hacia un Modelo Centralista. El Estado tiene el control sobre la gestión del agua, adjudicación y adecuación de derechos del agua, el Estado debe cumplir un papel protagónico y decisivo en la regulación y ejecución de la gestión del agua.
- Enfoque Mercantil, hacia un Modelo Privado. Se basa en la descentralización y privatización de los servicios de gestión del agua y la privatización de los derechos de uso del agua. Según dicho enfoque la libre competencia entre usuarios y usos de agua permite la (re)distribución de los derechos del agua al sector, con el uso más rentable del recurso, incrementando de esa manera el valor del agua y la eficiencia de su uso.
- Enfoque Concertado, hacia un Modelo Comunitario. Promueve la negociación y colaboración entre los distintos actores, a fin de lograr establecer acuerdos y compromisos entre ellos, así como alcanzar una situación consensuada y equilibrada para todos. Su estrategia plantea como elemento central la creación y fortalecimiento de espacios de concertación para la gestión, creados con la integración de organismos gubernamentales y no gubernamentales, multisectoriales, endógenos y exógenos, que representen la diversidad de las necesidades e intereses de los actores que interactúan en la cuenca.
Este proceso requiere de tiempo para las adecuaciones institucionales y definición de nuevas normativas y regulaciones, mientras no se define con precisión los renovados roles del

estado y sus regulaciones, las organizaciones no gubernamentales vienen experimentando procesos interesantes de coordinación en el ámbito de las cuencas.

- Enfoque de Fortalecimiento Organizativo, hacia un Modelo Comunitario. Trata de incrementar el poder y capacidad de negociación de los grupos con menor capacidad de toma de decisión, a fin de que puedan defender y negociar sus intereses en cuanto a la gestión del agua en el escenario de la cuenca. Una de las estrategias empleadas para el empoderamiento de los grupos es la asociación de grupos con problemas y demandas similares, así como la organización por sectores. Los puntos centrales de este enfoque son la autovaloración, el fortalecimiento organizativo, la participación, el incremento de la capacidad de negociación y la capacidad de alianza con otras organizaciones.
- Enfoque Socio-Ambiental. Son el ciudadano, la familia y sus organizaciones los encargados del manejo de cuencas, ya que las decisiones, gestiones, el uso, manejo, conservación y protección de los recursos naturales y del ambiente. Pretende el cambio de actitudes y fortalecimiento de capacidades para el empoderamiento social, manteniendo una articulación adecuada entre los gobiernos regionales, las instituciones nacionales y otras organizaciones responsables del manejo de cuencas, como consejos comunales, mesas técnicas de aguas, comités de aguas, consejos de cuenca (Jiménez, 2006).

Estos Enfoques, derivan Modelos de Gestión, que según CATIE (s.f. b), deben ser aprovechados en todos sus aspectos, de tal manera que permitan manejar las variables de acuerdo a los objetivos planteados y decisiones a tomar. Esta consideración permite clasificar los modelos de la siguiente manera:

- Modelo en función del agua. Define una gestión compartida y establece que el recurso debe ser integrador por sus múltiples funciones prácticas, reconociendo que el agua es de interés colectivo y parte de los actores. Este modelo contrasta con el enfoque integral de cuencas, al centrarse solamente en este recurso, el cual no actúa solo. Por lo general tiende a ser sectorial, enfocándose única o principalmente en el agua potable, lo cual es prioritario, pero limita la visión y acción integral.
- Modelo en función de todos los recursos naturales. Integra la conservación y la producción lo cual permite desarrollar la visión integral mientras los actores incrementan en variabilidad por sus intereses y expectativas. Desarrolla propuestas que integran los aspectos socioeconómicos



resaltando los valores agregados, como por ejemplo el desarrollo del turismo en la cuenca como otra forma de ingreso socioproductivo, la competitividad al considerar los recursos naturales de la cuenca como únicos y singulares para el estado y la localidad, y por último la ampliación de la oferta de servicios derivados del manejo de la cuenca.

- Modelo en función del riesgo. Es una propuesta específica para cuencas con una alta vulnerabilidad a eventos naturales como inundaciones, sequías, deslizamientos, entre otras. En este modelo los actores locales expresan su visión y su acción colectiva para superar la problemática mediante alternativas técnicas, políticas y sociales.
- Modelo en función de potenciales específicos. Es una alternativa concreta, como es el caso de las cuencas que tienen potencial hidroenergético, como lo son en el caso de Venezuela la cuenca del río Caroní fundamental para el sistema Hidroeléctrico Simón Bolívar, la de Yacambú y la Santo Domingo. Otro potencial podría ser para el desarrollo de la modalidad del ecoturismo por presentar rasgos y recursos singulares por la biodiversidad que presenta.
- Modelos enfocados en la oferta y aprovechamiento de los Recursos Hídricos, los cuales se dividen en:
 - Modelo Horizontal. Enfocado en acciones orientadas a la oferta y aprovechamiento de los recursos hídricos. En este modelo, la estrategia central del estado ha sido tratar de solventar la demanda mediante el aprovechamiento del recurso agua, construyendo obras de captación, suministro y distribución, para que la sociedad pueda sentirse satisfecha con la dotación o asignación de agua para cubrir sus necesidades en la producción de bienes y servicios. Este modelo corresponde al modelo centralista descrito por CATIE (s.f. b), donde no se considera el enfoque sistémico de cuenca y sólo se estima el agua como el recurso central.
 - Modelo Vertical. Tiene un carácter fundamentalmente flexible e interactuante, aparece estructurado en tres módulos de acciones: el primero corresponde a los actores sociales, el cual presentan las acciones unilaterales orientadas a aprovechar los recursos hídricos, que en este modelo interactúan verticalmente con las otras etapas, lo cual permite darle otra dimensión a la gestión del agua. El segundo denominado ambiental, donde las acciones se encuentran orientadas al manejo de los recursos, y tienen un mayor grado de complejidad por su interacción con las demás etapas. Y el tercero es de sustentabilidad

del recurso, en el cual se plantean acciones de participación de actores en la gestión integral del agua por cuencas hidrológicas con el fin de tender hacia la equidad.

Discusión y Análisis

Del conjunto de definiciones de Cuencas Hidrográficas, esta corresponde al espacio donde se tienen e interactúan recursos, procesos y fenómenos, biofísicos y socioeconómicos, en la cual se generan diferentes balances o estados como limitaciones o escasez de unos o lo contrario en otros. En este contexto la forma como se conciba el uso de la Cuenca es determinante en la calidad y tiempo de aprovechamiento de esta. La concepción de uso corresponde al enfoque u óptica, que en la práctica se hace operativa a través de Modelos de Gestión y Manejo. Los enfoques, Estatal y Mercantil, visualizaban a la Cuenca únicamente como productora de Agua, determinado Modelos operativos de manejo centrados en la atención exclusiva sobre ese recurso. Los Enfoques de Concertación, de Fortalecimiento a las Comunidades y Socio-Ambiental han implicado la consideración de otros aspectos como la relevancia del Factor Humano. Las diferencias obedecen a la evolución del conocimiento sobre la interacción de los componentes de la Cuenca, no obstante la tendencia en Enfoques y Modelos, es a priorizar la forma Participativa de todos los Actores Sociales. Por la naturaleza compleja de las interacciones que acontecen en la Cuenca, ningún Enfoque y o Modelo soluciona totalmente los problemas presentes o potenciales en las mismas.

CONCLUSIONES

De acuerdo con las revisiones realizadas se pueden considerar las siguientes conclusiones:

- No existe un único modelo de gestión de cuencas que logre adaptarse a todas necesidades de uso de recursos y a la búsqueda de soluciones.
- La conservación de los recursos naturales con visión de manejo integral es un enfoque que considera los puntos neurálgicos para la supervivencia humana: ecología, sociedad y economía.
- Los modelos, son diseñados con distintos fines y requerimientos de información, por ello, debe tenerse especial cuidado en la selección del mismo, ya que el criterio de elección debe combinar la aplicabilidad del modelo a los objetivos del trabajo con los requerimientos y disponibilidad de información.
- A pesar de la necesidad de Planes de Gestión y Manejo de Cuencas hidrográficas, en Venezuela como en los países Latinoamericanos es notoria la falta de previsión de en dicho tópico y aún en casos donde se han elaborados planes con metodologías



participativas que responden a las necesidades de las poblaciones, la falta de acciones o continuidad y eficiencia de las mismas, para la obtención de recursos y medios, son causas de tal situación.

Referencias

- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) –
- Agencia Sueca para el Desarrollo Internacional (ASDI). 2003. Desarrollo Sostenible en Cuencas Hidrográficas. III Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas (9-13 junio).
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). s.f. a.
- Marco Conceptual del Manejo de Cuencas Hidrográficas. Unidad I. Curso de especialización en línea “Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas”
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). s.f. b. El Modelo de Gestión de Cuencas Hidrográficas. Curso de Especialización en Línea “Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas”.
- Fiori, E.M.C. y Hernández, A. 2006. El IICA y la Gestión Integral de Recursos Hídricos para el desarrollo territorial. El caso Yacambú – Quíbor en Venezuela. *ComunIICA*. 6(II):15-25
- Fondo para La Comunicación y La Educación Ambiental. s.f. La cuenca hidrográfica como territorio para la gestión integral del agua. Comisión Nacional del Agua. Coyoacán, México, D.F.
- García Duran, G. 2005. Propuesta de Clasificación y Manejo de Cuencas Hidrográficas Fronterizas. I Seminario / Taller Sobre Cuencas Hidrográficas Regionales. Fundación Río Urbano. Bogotá [Documento en línea] Disponible: www.riourbano.org [Consulta 2009, Septiembre]
- Grupo de Estudios en Cuencas Altas Tropicales (GECAT) y El Centro de Estudios Forestales Y Ambientales de Postgrado. 2007. Ordenación y Gestión de Cuencas Hidrográficas. Material para clases de Postgrado en Manejo de Cuencas.
- Instituto Nacional de Ecología (INE). 2006. Cuencas. México. [Documento en línea] Disponible: www.imacmexico.org/ev [Consulta: 2009, Agosto].
- Jiménez, F. 2006. Enfoques Básicos del Manejo y la Gestión de Cuencas Hidrográficas. Turrialba-Costa Rica.
- Ley de Aguas. 2007. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 38.595. Enero 02, 2007.
- Organización de Las Naciones Unidas para La Agricultura y Alimentación. 2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Boletín de Tierras y Aguas de la FAO. 8. p234



Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibra de coco mediante ensayos destructivos y no destructivos

Belén Paricaguán¹, Carmen Albano², Ronald Torres², Nelson Camacho², Jeison Infante², Migdalis Alvarado²

¹Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Estudios Básicos.

belenparicaguan@gmail.com

²U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.

ronald.torres@ucv.ve, carmen.albano@ucv.ve, nelson.camacho@ucv.ve,

jasoninfante@hotmail.com, migdagil@yahoo.com

Resumen

El concreto a base de cemento Pórtland ha sido siempre el material más ampliamente usado en la industria de la construcción en todo el mundo. Sin embargo, existen algunos entornos químicos bajo los cuales su vida útil se reduce, aún la del mejor concreto. En la búsqueda de la durabilidad de las estructuras en concreto, esta investigación se basó en la determinación de un diseño de mezcla óptimo de concreto reforzado con fibra de coco, con el objeto de disminuir el peso de las estructuras y proporcionarle un grado aceptable de resistencia, dándole de esta manera un uso comercial a los desechos naturales.

Se realizaron mezclas de concreto reforzado con fibra de coco, sustituyéndose parte del agregado fino (arena de río), para una relación en peso de agua/cemento igual a 0,48. Se variaron las proporciones de 2,5, 5 y 10 %, en volumen del agregado, así como la distribución de tamaño de la fibra añadida como refuerzo. Para brindarle una protección a la fibra del ataque alcalino del cemento, se le realizó un tratamiento químico con polimetilmetacrilato (PMMA) y se compararon los resultados obtenidos con las mezclas reforzadas con la fibra sin ningún tratamiento. Se determinaron las propiedades mecánicas de las probetas reforzadas con la fibra de coco mediante ensayos destructivos y no destructivos.

Se encontró que las fibras usadas como refuerzo del concreto que fueron tratadas químicamente con PMMA, ofrecen mejores resultados en la resistencia a la compresión, que las mezclas reforzadas con la fibra sin tratamiento químico. Las proporciones en volumen de fibra añadidas en el concreto, no afectaron significativamente el peso del mismo.

Palabras Clave: Concreto, Fibra de coco, Polimetilmetacrilato, Compósito.

Study of the mechanical properties of the concrete one reinforced with fiber of coconut by means of destructive testings and not destructive

Abstract

The concrete one with Pórtland cement has been always the material more widely used in the industry of the construction anywhere in the world. Nevertheless, some chemical surroundings exist under which its life utility is reduced, still the best the one of the concrete one. On the search of the durability of the structures in particular, this investigation was based on the determination of an optimal design of reinforced mixture of concrete with coconut of fiber, with the intention of diminishing the weight of the structures and providing an acceptable degree to him of resistance, giving him this way a commercial use to the natural remainders.

Mixtures of concrete reinforced with coconut of fiber, replacing itself were made part of the fine aggregate (sand of river), for a relation in weight of water/equal cement to 0,48. The proportions of 2,5, 5 and 10% were varied, in volume of the aggregate, as well as the distribution of size of the fiber added like reinforcement. In order to offer a protection to the fiber of the alkaline attack of the cement, a chemical treatment with polimetilmetacrilato (PMMA) was made to him and the results obtained with the mixtures reinforced with the fiber without treatment were compared. The mechanical properties of the test tubes reinforced with the fiber of coconut by means of destructive testings and nondestructive were determined.

One was that the used fibers as reinforcement of the concrete one that were dealt chemically with PMMA, offer better results in the compressive strenght, that the mixtures reinforced with the fiber without chemical treatment. The proportions in added volume of fiber in the concrete one, did not affect the weight of he himself significantly.

Key words: Concrete, Fiber of coconut, Polimetilmetacrilato, Composite.

Introducción

Las fibras naturales o vegetales pueden ser una posibilidad real para los países en desarrollo, ya que están disponibles en grandes cantidades y representan una fuente renovable continua. No obstante estas fibras son afectadas principalmente por la alcalinidad de la matriz cementante del concreto, haciendo que su durabilidad dependa de la protección que tenga la fibra. En el presente trabajo se empleó fibra de coco tratada químicamente

y se evaluaron las propiedades del concreto reforzado. Para garantizar que los resultados obtenidos se deba al tratamiento de la fibra, se evaluaron en primer término las mezclas de concreto con la fibra sin tratar. Para brindar protección a la fibra de coco del ataque alcalino, se realizó un tratamiento químico que consistió en el lavado de la fibra en soluciones diluidas de hidróxido de sodio (NaOH) y ácido acético, para eliminar los residuos de grasas o aceites remanentes y su posterior impregnación



con polimetilmetacrilato (PMMA). Esperando que este tratamiento disminuya la absorción de agua, así como la presencia de grupos oxidrilos (OH^-), logrando una mayor adhesión de las fibras a la matriz cementante, además de disminuir la degradación de la fibra. El comportamiento del fibroconcreto fue analizado a través de ensayos destructivos y no destructivos.

Metodología

Se usó 2 m³ de mezcla de concreto, constituidos por agregado grueso, agregado fino, agua, cemento, el aditivo Polyheed 1026 y fibra de coco.

Agregado grueso y fino:

Se usó 1772 Kg de agregado grueso (piedra picada) y 1702 Kg de agregado fino (arena lavada), según las Normas COVENIN 268, 255, 263.

Se usó 785 Kg de cemento Pórtland tipo III, que es de alta resistencia a edades tempranas. Se agregó a la mezcla de concreto, fibra de coco sin tratar con dos distribuciones de tamaño diferentes y fibra de coco tratada químicamente con NaOH, ácido acético y PMMA con distribución aleatoria en tres diferentes concentraciones de la fibra (2.5, 5 y 10% en volumen). Se usaron 21,1 Kg de fibra de coco sin tratamiento químico, y se cortaron a dos distribuciones de tamaño distintos, y 9,4 Kg de fibra de coco tratadas químicamente. Para el cálculo de la densidad de la fibra se usó la Norma COVENIN 268 con la que determina el peso específico del agregado fino a temperatura ambiente y se utilizó el método de diferencia de peso para la determinación de la absorción de agua de la fibra.

Se elaboraron diferentes tipos de mezclas:

Una mezcla para un $\alpha=0.48$ sin adición de fibra de coco como muestra control. Tres mezclas con un $\alpha=0.48$, con fibra de coco sin tratar a una proporción, 2.5%, 5% y 10% en volumen en sustitución del agregado fino y con una distribución de tamaño de longitud corta. Tres mezclas con las mismas condiciones, pero con una distribución de tamaño de longitud larga. Tres mezclas con un $\alpha=0.48$, con las concentraciones de fibra de coco tratada con NaOH y PMMA de 2.5%, 5% y 10% en volumen en sustitución del agregado fino y con una distribución de tamaño de longitud aleatoria.

Diseño de Mezclas:

Se partió de un diseño de la mezcla comercial y se evaluó el comportamiento verificando que cumpla con los siguientes parámetros: excelente asentamiento, buena trabajabilidad, alta resistencia a la compresión, buen acabado superficial y una segregación nula.

Con la cantidad de cemento 395 kg/m³ de mezcla y la relación agua/ cemento $\alpha=0,48$; se determinó el asentamiento de la mezcla mediante las relaciones fundamentales del concreto con o sin aditivo. Se corrigieron las cantidades de cada uno de los componentes

por humedad, se elaboraron 5 mezclas llamadas Mop1, Mop2, Mop3, Mop4 y Mpatrón.

Luego de obtenida la mezcla patrón se retiró el porcentaje en volumen correspondiente al agregado fino de la mezcla diseño y se sustituyó por fibra de coco en condición de saturación con superficie seca. Se corrigieron las cantidades de agregados para cada mezcla, así como la cantidad de agua requerida. Todas las mezclas con las cantidades reales de sus componentes se realizaron para 152 L. ver [tabla 1]. Para cada mezcla se elaboraron 13 cilindros, para una relación agua/cemento (α) de 0,48.

Tabla 1: Cantidades usadas en la mezcla patrón y las mezclas reforzadas con fibra de coco sin tratamiento para ambas distribuciones de tamaño.

Concentración de la Fibra de coco (% vol.)		Patrón	2,5 %	5 %	10%
Componentes	Cemento (Kg)	60	60	60	60
	Agua (L)	27	27	27	25
	Piedra (Kg)	135	135	135	135
	Arena (Kg)	135	134	131	126
	Fibra de coco (Kg)	-	1,50	3,00	6,03
	Polyheed 1026 (L)	0,33	0,33	0,33	0,33

El mezclado:

El procedimiento para llevar a cabo el mezclado, se realizó siguiendo la Norma COVENIN 354 (ASTM C 192). Una vez realizado el mezclado se procedió a la caracterización de la mezcla de concreto en estado fresco: medido a través del Cono de Abrams según la Norma COVENIN 339 (ASTM C 143) la fluidez de la mezcla y/o la trabajabilidad.

Los cilindros se elaboraron bajo la Norma COVENIN 344.

Curado de las probetas:

El proceso de curado de las probetas cilíndricas, se realizó de acuerdo al procedimiento descrito en las Normas COVENIN 338 (ASTM C 31, C 39 y C 192).

Ensayos destructivos y no destructivos:

Los estudios mecánicos que se realizaron a los cilindros, consistieron en ensayos de compresión, evaluándose a las edades de 7, 14, 28 y 60. El equipo usado fue una Prensa Hidráulica con manómetro, Marca Baldwin, Modelo Universal con una capacidad máxima de 200 toneladas. Los ensayos por compresión se realizaron bajo la Norma COVENIN 338 (ASTM C31, C39 Y C 192).

Tratamiento químico de la fibra de coco:

Para el tratamiento químico de la fibra de coco se tomó como referencia el procedimiento seguido por Cao et al. (2006). Posteriormente se procedió a cortarla con una longitud menor de 4 cm.



Discusión de resultado

Caracterización de la fibra de coco

La densidad promedio de la fibra sin tratamiento químico fue de $1140 \pm 15 \text{ Kg/m}^3$ coincidiendo con los datos reportado por Agopyan (2005), Asasutjarit et al. (2007), Silva et al. (2000) entre otros investigadores. La densidad promedio sometida al tratamiento químico fue de $1014 \pm 21 \text{ Kg/m}^3$. Ocurre una disminución en los valores reportados en la densidad promedio de la fibra al ser tratada químicamente tal como lo consigue Sullcahuamán et al. (2007). Durante el tratamiento alcalino se removió cierta cantidad de lignina, hemicelulosa, cera y aceites. En este sentido el porcentaje de disminución de la absorción de agua de la fibra tratada respecto a la fibra sin tratamiento fue del 75 %. Ayudando a que el proceso degradativo de la fibra tratada sea más lento con el tiempo.

La dosis óptima de una mezcla de concreto se basa en la combinación adecuada de los componentes para conseguir una mezcla con parámetros de calidad adecuados buena resistencia mecánica y química en su estado endurecido a un costo razonable.

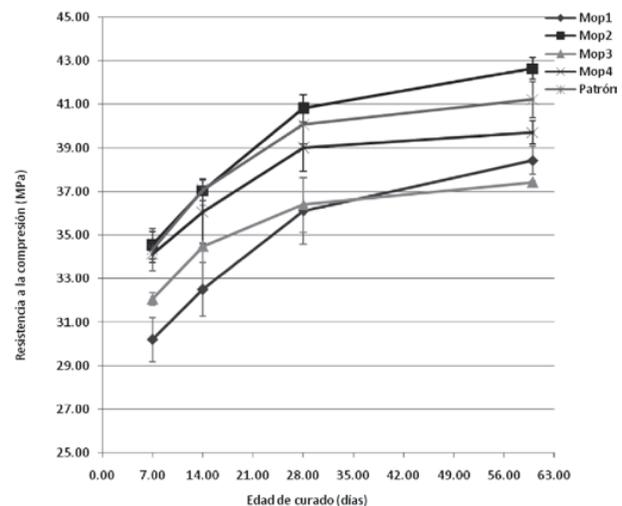
Al buscar la dosis óptima se parte de una fórmula comercial llamada Mop1. Obteniéndose una mezcla bastante pedregosa y con poca pasta a pesar de alcanzarse el asentamiento esperado de 4,5cm para la mezcla sin aditivo, al agregarse el aditivo el asentamiento aumentó a 7cm mejorando significativamente la trabajabilidad. Se realizaron ensayos a los 7, 14, 28 y 60 días de edad de curado de las probetas.

En la mezcla Mop2 se aumentó la cantidad de pasta, se modificó la relación agua/ cemento (α)=0,45, se incrementó la cantidad de arena y se redujo el contenido de piedra de la formulación, para lograr una mejor gradación del agregado y mejorar el comportamiento obtenido para la mezcla Mop1. El asentamiento para esta mezcla fue de 1cm, sin aditivo y 3cm con el aditivo siendo muy bajo según lo recomendado por Porrero(2008) et al. Debido al comportamiento presentado por la mezcla Mop2 se redujo la cantidad de piedra haciéndola igual a la cantidad de arena relación (β) igual a 0,50 y un valor de α de 0,48 (igual al de Mop1). Para Mop3 se obtuvo un valor de asentamiento de 8,5cm antes de agregar el aditivo, posteriormente se agregó el polyheed 1026 con 500ml de agua alcanzándose un asentamiento de 21 cm. Un asentamiento muy elevado. Para la mezcla Mop4 se redujo la cantidad de agua debido a que el asentamiento sin aditivo para el Mop3 fue de 8,5cm por lo cual se esperaba que este aumentará al agregar el polyheed 1026, sin embargo se obtuvo una mezcla poco trabajable sin el aditivo con un asentamiento de 2,5cm, al agregarse 2/3 de aditivo se observó un aumento del asentamiento a 7,2cm. Se elaboró la mezcla patrón agregando en fracciones el aditivo para evaluar su comportamiento, se obtuvo el valor esperado de asentamiento 4,5 cm para la mezcla sin aditivo y con el aditivo el asentamiento fue de

9 cm. Por lo que las mezcla Mop4 y Mpatrón cumplieron con el requisito de asentamiento requerido.

Se evaluó el comportamiento a la compresión de las mezclas realizadas las cuales se muestran en la [figura 1], donde se puede observar que la mezcla Mop2, tiene valores altos de resistencia en comparación a la Mpatrón, debido a que esta mezcla tuvo un menor α , no obstante Mop2, no cumplió con el asentamiento requerido. Las mezclas Mop1, Mop3 y Mop4 tuvieron menores valores de resistencia por lo que la mezcla más adecuada, fue la Mpatrón. La baja resistencia de la Mop1 se asoció a la presencia de una menor cantidad de pasta lo que ocasionó la falla por desprendimiento del agregado producto de una mala adherencia, la Mop3 presenta la menor resistencia asociado errores experimental y la Mop4 presenta valores más cercanos, pero no tan buenos como los del Mpatrón, lo que puede estar asociado al menor contenido de pasta. De esta forma se escogió la Mpatrón como la mezcla óptima.

Figura 1: Resistencia a la compresión de cilindros en función de la edad de curado.



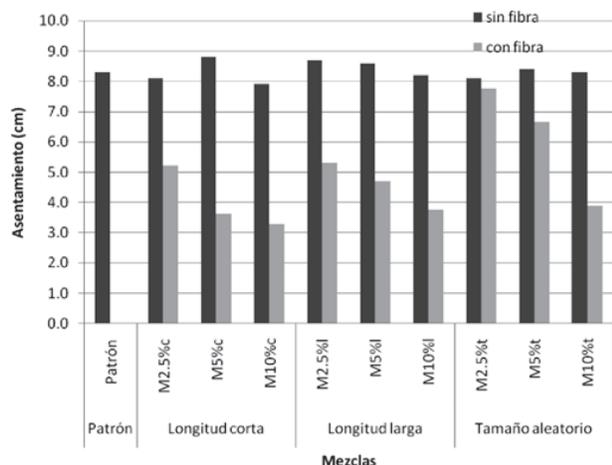
En la [figura 2] puede observarse que los valores de asentamiento de las mezclas antes de agregar la fibra se mantuvieron cerca de los 9cm, esto era de esperarse ya que el asentamiento de la mezcla patrón con aditivo fue de 9cm. Las variaciones en el asentamiento se debieron a la incorporación de la fibra, y a que los agregados se encontraban en condiciones desecantes, por lo cual la humedad de los agregados pudo presentar pequeñas variaciones. Al adicionar la fibra, la trabajabilidad disminuye considerablemente lo que concuerda con lo observado por otros investigadores como, Gutiérrez C. y Matheus O. (2006), Juárez, Valdez y Durán (2004), Osorio et al. (2007), Quintero y González(2006) y finalmente Infante y Alvarado (2010).

También se observa una disminución del asentamiento al incrementar la proporción en volumen



(2.5, 5 y 10 %) de fibra, la distribución de longitud larga fue la más difícil de compactar, debido al enmarañamiento de la fibra. Los valores de asentamiento de la distribución corta no difieren significativamente de los alcanzados por la distribución de longitud larga.

Figura 2: Valores de asentamiento obtenidos para las mezclas al adicionar fibra de coco sin tratar y tratada químicamente.



En cuanto al fibroconcreto tratado se puede notar que la disminución de los asentamientos al agregar la fibra, fueron menores a la disminución de los valores de asentamiento ocasionada al adicionar fibra sin tratar en sus distribuciones corta y larga, el concreto con fibra tratada fue más fácil de trabajar, esto se debió a que los tamaños de estas fibras fueron menores a 4 cm y su distribución es aleatoria lo que permitió un mejor arreglo dentro de la matriz cementicia. No se presentó segregación ni retracción de los agregados, para ninguna de las proporciones y distribución de longitud, así como con y sin tratamiento químico.

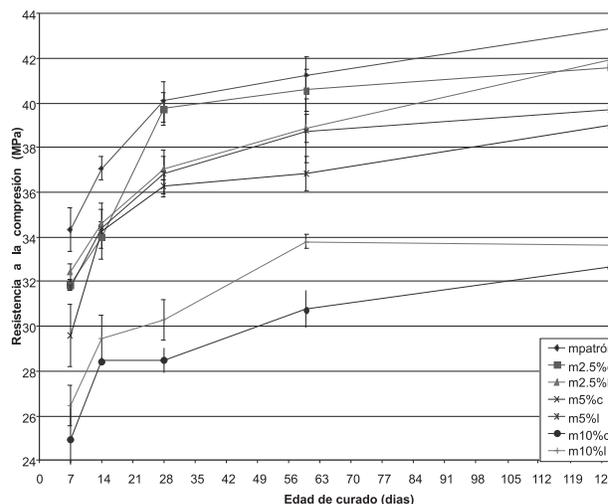
El ensayo destructivo que se realizó a los cilindros fue. Resistencia a la compresión vs. Edad de curado: Los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a la compresión en cilindros normalizados, para la relación agua/cemento $\alpha=0,48$ a edades de 7, 14, 28, 60 y 128 días para las dos distribuciones tamaños de fibra de coco sin tratamiento químico y para las distintas proporciones (2.5, 5 y 10%), se muestran en las [figura 3] y [figura 4] en las que se pueden observar que la resistencia a la compresión para las mezclas con adiciones de fibra sin tratamiento para ambas distribuciones (corta y larga) aumenta rápidamente a edades tempranas disminuyendo su incremento luego de los 28 días de curado. La resistencia a la compresión a los 28 días, en la mayoría de los casos, se encuentra cercana a los valores de resistencia correspondiente a los 60 días esto se debe a que el concreto alcanza entre el 75 y 80% de la resistencia total del mismo.

Por otro lado se evidencia que la adición de fibra de coco sin tratar en sus dos distribuciones (corta y larga)

disminuye la resistencia respecto a la mezcla patrón. Esto ocurrió debido a la sustitución del agregado fino por la fibra de coco, el cual no contribuye a la resistencia del concreto como lo hace el agregado fino.

A pesar de la pérdida de la resistencia, las mezclas con adición (2.5, 5 y 10)% en volumen de fibra en su distribución larga alcanzaron mejores resistencias que las de distribución corta, dicho comportamiento también fue observado Juárez, Valdez y Durán (2004) quienes consideran que es posible que las fibras largas posean una mejor adherencia debido a su longitud, ellos pudieron observar que las fibras largas tienden a fallar por ruptura mientras que las cortas lo hacen por desprendimiento debido a su menor adherencia a la matriz cementicia. Sin embargo, las resistencias cumplen con los valores de resistencia a la compresión estándares o comerciales para concretos de moderadas expresados por (Porrero et al. 2008) las cuales se encuentran en un rango de 21 y 30 MPa para un tiempo de curado de 28 días, e incluso los valores de resistencia son superados en la adición de 2.5% y 5% en volumen de fibra sin tratar.

Figura 3: Resistencia a la compresión en función de la edad de curado para la mezcla patrón y las mezclas reforzadas con fibra de coco sin tratamiento con ambas distribuciones de tamaño.

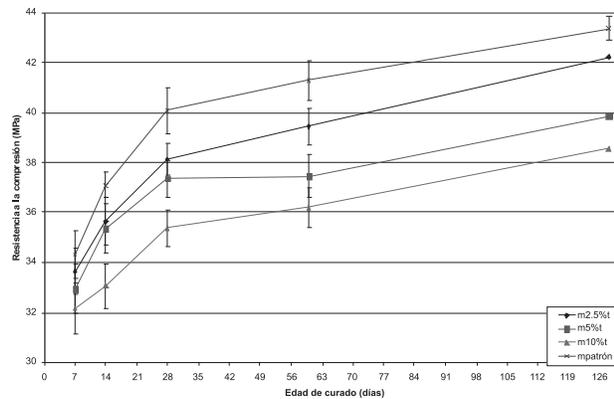


Los valores de resistencia a la compresión obtenidos para las mezclas con la fibra tratada químicamente fueron menores que los de la mezcla patrón, esto indica que la porción de arena sustituida contribuye de una mejor forma que la fibra tratada químicamente. Sin embargo, en términos generales los valores de resistencia obtenidos con las mezclas de fibra tratada son mayores que los de las mezclas con fibra sin tratar para cada una de las proporciones y edades estudiadas. Esto se debe a que el tratamiento químico efectuado a la fibra evitó el ataque del medio alcalino del concreto sobre la fibra. Las fibras de mayor distribución de tamaño tuvieron una mayor adherencia a la matriz cementicia que las de menor distribución de tamaño, esto se confirmó al ser



examinadas las superficies de falla de los especímenes ensayados, donde se pudo observar que las fibras con distribución de tamaño corta normalmente tuvieron un tipo de falla por desprendimiento, mientras que las fibras con distribución de tamaño larga presentaron en mayor proporción fallas por fractura, lo que indica una mayor adherencia.

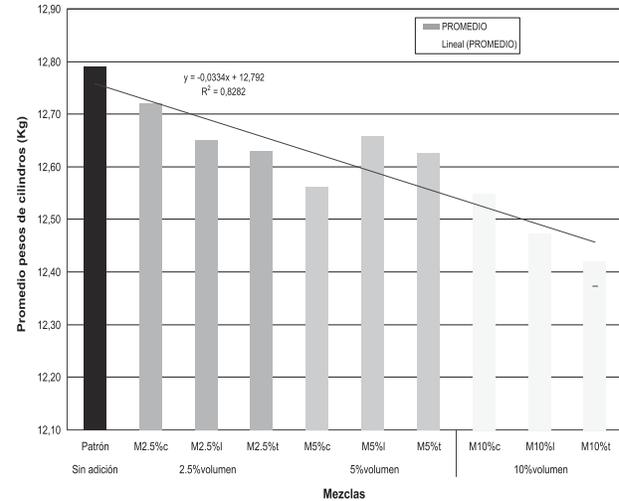
Figura 4: Resistencia a la compresión en función de la edad de curado para la mezcla patrón y las mezclas reforzadas con fibra de coco tratadas químicamente.



En los ensayos no destructivos se determinó el efecto de la incorporación de la fibra.

Los pesos de los cilindros de concreto en condición de saturación con superficie seca no varían significativamente con la edad de curado. En la [figura 5] puede observarse que los pesos de las mezclas de concreto al agregar fibra de coco disminuyen respecto a la patrón a medida que se incrementa el porcentaje de fibra añadida, tal como lo indica la línea de tendencia, este comportamiento se cumple tanto para la fibra sin tratar en su distribución corta y larga, como para la distribución aleatoria de la fibra tratada. Sin embargo el porcentaje de disminución del peso respecto al patrón es menor a 2,90% y no se observan variaciones significativas. Las mayores disminuciones se presentan para las adiciones de 10 % en volumen, mientras que para el 2,5 % de la fibra de distribución corta, es de 0.54 %. Estos bajos porcentajes de disminución de peso respecto a la mezcla patrón se deben a que la sustitución de la fibra se efectuó en función de la cantidad de agregado fino presente en el concreto siendo entre el 37,5 y 38% del peso de la mezcla total. De igual forma, Quintero y González(2006), no encontraron variaciones significativas en los pesos específicos en los morteros reforzados con volúmenes de fibra de estopa de coco de 0,5 y 1,5 % en volumen para longitudes de 2 y 5 cm.

Figura 5: Pesos promedio de cilindros con fibra de coco.



Conclusiones

La trabajabilidad del concreto reforzado con la fibra de coco depende del contenido de los agregados en las mezclas, de la granulometría, forma y textura de las partículas de agregados. A medida que aumenta la concentración de volumen de fibra tratada y sin tratar en las mezclas, la manejabilidad de la misma tendió a disminuir.

La resistencia a la compresión del concreto disminuye en la medida que aumenta la proporción en volumen de la fibra añadida en las mezclas de concreto.

Las fibras de distribución de tamaño larga en las distintas proporciones en volumen; arrojan mejores resultados en la resistencia a la compresión y en la resistencia a la tracción por flexión que las fibras de distribución de tamaño corta. La máxima pérdida en peso debido a la eliminación del agua durante las altas temperaturas a la que fue sometido el fibroconcreto, en las distintas proporciones en volumen estudiadas fue cerca del 9 %.

Referencias

- Agopyan, V., Savastano, H. Jr., John, V y Cincotto, M. (2005). Developments on vegetable fibre–cement based materials in Sa ño Paulo, Brazil: an overview. (27):527-536.
- Asasutjarit, C. et al. (2007). Development of coconut coir-based lightweight cement borrad. Construction and Building Materials (21): 277–288.
- Cao, Y., Shibata, S. y Fukumoto, I. (2006). Mechanical properties of biodegradable composites reinforced with bagasse fibre before and after alkali treatments. Composites (37): 423-429.
- Gutiérrez, A y Matheus, A (2006). Estudio a través de ensayos destructivos y no destructivos de las mezclas de concreto con Polietilenteraftalato (PET)



- reciclado. Trabajo especial de grado, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Infante y Alvarado (2010).). Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibra de coco mediante ensayos destructivos y no destructivos. Trabajo especial de grado, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Juárez, C. et al. (2004) Uso de las fibras naturales de lechuguilla como refuerzo en concreto, Universidad Autónoma de Nuevo León (vol. VII, N. 22): 7- 19.
- Osorio, J., Varon, F. y Herrera, J (2007). Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibra de bagazo de caña de azúcar. *Dyna* (74, N° 153): 69-79.
- Porrero S., J. et al. (2008). Manual del concreto estructural. Caracas: SIDETUR.
- Quintero, S., y González, L. (2006). Uso de fibra de estopa de coco para mejorar las propiedades mecánicas del concreto. *Ingeniería y Desarrollo Universidad del Norte* N° 20, 134-150.
- Silva, A. (2002). Estudo da durabilidade de composites reforçados com fibras de celulose. Tese de doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Sullcahuamán, A. et al. (2007, Octubre 23-25). Materiales compuestos de cemento, papel reciclado, quitosano y refuerzo de fibras de sisal químicamente modificadas. 8 Congreso iberoamericano de ingeniería mecánica. Lima, Universidad Católica del Perú.



Estudio de las propiedades mecánicas de vigas y losas reforzadas con fibra de coco mediante ensayos destructivos y no destructivos

Belén Paricaguán¹, Carmen Albano², Ronald Torres²,
Nelson Camacho², Jeison Infante², Migdalis Alvarado²

¹Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Estudios Básicos.
belenparicaguan@gmail.com

²U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.
ronald.torres@ucv.ve, carmen.albano@ucv.ve, nelson.camacho@ucv.ve
jasoninfante@hotmail.com, migdagil@yahoo.com

Resumen

Aunque el concreto a base de cemento Pórtland, es uno de los compuestos más extraordinarios y versátiles en la construcción, existe la necesidad de modificar sus propiedades, tales como la resistencia a la tracción, dureza, ductilidad y durabilidad. Por lo que una forma de modificar las propiedades del concreto y de reciclar materiales de desechos, es unir estos materiales, se realizaron mezclas de concreto modificadas con fibras de coco y se ensayaron. La resistencia a la tracción del concreto disminuye en la medida que aumenta la proporción en volumen de la fibra añadida en las mezclas de concreto.

Las fibras de distribución de tamaño larga en las distintas proporciones en volumen; arrojan mejores resultados en la resistencia a la tracción por flexión que las fibras de distribución de tamaño corta.

Las mezclas reforzadas con la fibra de coco sin tratamiento al 2,5 % con la distribución de tamaño larga ofrecen los mejores resultados de resistencia a la tracción por flexión aplicado en vigas, en comparación con las diferentes proporciones en volumen de la fibra analizadas con o sin el tratamiento. La máxima pérdida en peso debido a la eliminación del agua durante las altas temperaturas a la que fue sometido el fibroconcreto, en las distintas proporciones en volumen estudiadas fue cerca del 9 %.

Palabras Clave: oncreto, Fibra de coco, Módulo de ruptura, Fibroconcreto.

Study of the mechanical properties of beams and slabs reinforced with fiber of coconut, by means of destructive testings and not destructive

Abstract

Although the concrete one with Pórtland cement, is one of the most extraordinary and versatile compounds in the construction, exists the necessity to modify its properties, such as the tensile strenght, hardness, ductility and durability. Reason why a form to modify the properties of the concrete one and to recycle materials of remainders, is to unite these materials, modified mixtures of concrete were made with coconut fibers and they were tried. The tensile strenght of the concrete one diminishes in the measurement that increases the proportion in volume of the fiber added in the mixtures of concrete.

The fibers of long distribution of size in the different proportions in volume; they throw better results in the tensile strenght by flexion that the fibers of short distribution of size.

The mixtures reinforced with the fiber of coconut without treatment to 2.5% with the long distribution of size offer the best results of tensile strenght by flexion applied in beams, in comparison with the different proportions in analyzed volume of the fiber with or without the treatment. The Maximum loss in weight due to the elimination of the water during the high temperatures which the fibroconcreto was put under, in the different proportions in volume studied was near 9%.

Key words: Concrete, Fiber of the Coco, Modulus of rupture, Fibroconcreto.

Introducción

El hormigón en masa presenta muy buena resistencia a compresión, pero escasa resistencia a tracción. Este ha demostrado tener prestaciones mecánicas muy amplias y una durabilidad adecuada para los usos a los que se destina. La durabilidad se puede ver afectada por diferentes deterioros ya que el hormigón es permeable a líquidos y gases. Con el desarrollo sostenible y la posibilidad de utilizar materiales alternativos de construcción que permitan reducir costos y la extracción de materiales no renovables. Se inicio la búsqueda de posibles sustitutos que le proporcionaran al concreto las mismas propiedades tan favorables que le otorgan los materiales convencionales. Para tales efectos existe

la posibilidad del uso de fibras naturales que están disponibles razonadamente en grandes cantidades en muchos países en desarrollo y representan una fuente renovable continua. La alta alcalinidad de las pastas de cemento Pórtland, deteriora con el paso del tiempo a las fibras naturales celulósicas. Se pretendió entonces a partir de este trabajo conocer el comportamiento de la resistencia a flexión de losas y vigas reforzadas con fibras de coco, estas tratadas químicamente con hidróxido de sodio (NaOH), ácido acético(CH₃COOH) y polimetilmetacrilato(PMMA), para evitar el deterioro de las mismas, aprovechando los grandes volúmenes de desechos provenientes de la agroindustria.



Metodología

La investigación consistió en las pruebas a las fibras y ensayos de los especímenes de concreto reforzados con fibra de coco. Para la caracterización de las fibras se obtuvo longitud corta larga y distribución aleatoria, % de agua en la fibra, densidad absoluta, y se observó su morfología con micrografía. Las propiedades mecánicas obtenidas fueron el esfuerzo a la tensión. Para minimizar el deterioro de las fibras se les realizó un tratamiento químico con lavado de una solución diluida de NaOH y CH_3COOH al 1% respectivamente y luego después de secada se impregnaron con PMMA. Se determinó el porcentaje de absorción de agua en fibras previamente impregnadas con PMMA. Se elaboraron los especímenes y se ensayaron, resistencia a la tensión a los 7,14, 28, 60 y 128 días de edad de curado expuestas a un medio alcalino. Se utilizó la relación agua/cemento $A/C=0,48$. Los especímenes de concreto fueron reforzados con fibra sin tratamiento y con fibra impregnadas con PMMA y con una longitud aleatoria.

Se fabricaron por triplicado para todas las proporciones, especímenes, para la resistencia a flexión o modulo de ruptura de acuerdo a la norma COVENIN 343:2004 (ASTM C 293). Adicionalmente, se fabricaron especímenes para la flexión sin ningún contenido de fibra, fueron curados y ensayados bajo las mismas condiciones de la fibra tratada. A través de un diseño de mezcla se obtuvo la Mpatron que cumplió con los parámetros requeridos de los especímenes según Porrero (2008) y se sustituyo el agregado fino por el volumen de fibra adecuado; y la longitud de la fibra fue corta, larga y aleatoria (menor a 4cm) y la concentración en volumen fue de (2,5 5 y 10)%

Siguiendo la Norma COVENIN 344 se elaboraron para cada diseño de mezcla 15 losas en moldes metálicos de 2 litros de capacidad. Y bajo la Norma COVENIN 340:2004 se elaboraron para cada diseño de mezcla óptima 3 vigas en moldes metálicos de 12 litros de capacidad, con 160 mm de ancho, 150 mm de altura y 500 mm de largo. El proceso de curado de las losas y vigas se realizó de acuerdo al procedimiento descrito en las Normas COVENIN 338 (ASTM C 31, C 39 y C 192) y COVENIN 340 (ASTM C 192).

Pruebas de fuego y resistencia a la tracción por flexión: Para las 9 losas de cada mezcla se realizaron pruebas al fuego, para ello se empleó un horno Termolyne marca furnatrol 11 serie N-85 modelo FA1740-1, se colocaron 3 losas por cada período de 40 min a una temperatura de (200-400 y 600)°C, se esperó que estuvieran a la temperatura ambiente. Se evaluó la resistencia a la tracción por flexión. Tres losas se ensayaron a temperatura ambiente, para compararlas posteriormente con las losas que fueron sometidas a altas temperaturas. Para las 3 losas restantes se realizaron 5 ciclos de calor y humedad, para determinar el efecto de

constantes fluctuaciones de temperatura y humedad, estos ciclos consistieron en colocar dichas losas en un horno a una temperatura entre 90 y 100°C por 24 horas, para luego colocarlas en agua a temperatura ambiente por el mismo tiempo. Resistencia a la flexión en Vigas: El equipo que se utilizó fue una Prensa Hidráulica con manómetro, Marca Baldwin, Modelo Universal con una capacidad máxima de 30 toneladas. Para las vigas de cada mezcla se determinó la resistencia a la flexión, según la Norma COVENIN 342:2004. Se ensayaron tres especímenes de la mezcla patrón y las mezclas reforzadas con fibra de coco con tratamiento químico y sin tratamiento, para cada una de las proporciones volumétricas estudiadas y las distribuciones de tamaño corta y larga.

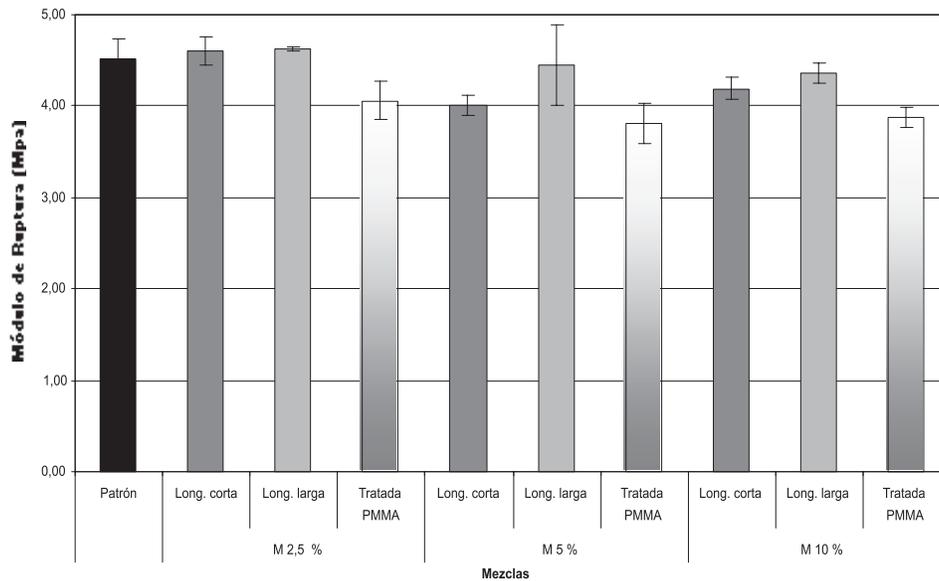
Discusión de resultados

El comportamiento observado en los ensayos a flexión, fue de mínima deflexión hasta que se alcanzó la máxima carga donde apareció la primera grieta; dichas vigas no soportaron la carga, sino que ésta fue disminuyendo rápidamente hasta un punto donde la deflexión se incrementó notablemente. Al parecer la primera grieta fue incrementando su ancho durante la aplicación de la carga, por lo que se generó un solo plano de falla lo cual corrobora los análisis de Juárez et al. (2004). esto posiblemente se deba a que la fibra no es capaz de transmitir por adherencia los esfuerzos de tensión a la matriz no agrietada. En la [figura 1] se observa que el módulo de ruptura disminuye ligeramente en la medida que se aumentó la proporción en volumen de la fibra en las mezclas. Los valores más altos fueron obtenidos para las mezclas de 2,5 % en volumen para la distribución de tamaño de la fibra larga. Las proporciones altas de fibras dificultan el mezclado y éstas tienden a aglomerarse, generando una inadecuada adherencia entre la fibra y la matriz cementicia lo que disminuye su resistencia a la flexión.

Las fibras de mayor distribución de tamaño tuvieron una mayor adherencia a la matriz cementicia que las de menor distribución de tamaño, esto se confirmó al ser examinadas las superficies de falla de los especímenes ensayados, donde se pudo observar que las fibras con distribución de tamaño corta normalmente tuvieron un tipo de falla por desprendimiento, mientras que las fibras con distribución de tamaño larga presentaron en mayor proporción fallas por fractura, lo que indica una mayor adherencia. También se evidencia que los módulos de ruptura disminuyen ligeramente para la fibra tratada químicamente en todas las proporciones volumétricas al compararse con los obtenidos de las mezclas con las fibras sin tratamiento químico. Esta disminución en el módulo, se debió a la aglomeración de las fibras tratadas con PMMA formando “conglomerados” al solidificarse el polímero, después de efectuado el tratamiento, Por ultimo se observó que una elevada proporción de las



Figura 1: Módulo de Ruptura en vigas para las mezclas de concreto reforzadas con fibras de coco sin tratamiento con ambas distribuciones de tamaño y tratadas químicamente.



fibras tratadas fallaron por desprendimiento, por lo que se puede decir que estas fibras no soportaron la carga aplicada. Efecto de altas temperaturas en la resistencia a la tracción por flexión. La [figura 2] muestra que a partir de 200 °C disminuye el módulo de ruptura en todos los especímenes. las losas de la mezcla patrón arrojaron los valores más altos de módulo de ruptura respecto a cualquiera de los valores obtenidos en las losas reforzadas con la fibra, esto se debe a que no existe una efectiva adherencia entre la fibra y la matriz cementicia tal como lo indica Juárez et al. (2004), así como a las temperaturas a las que estuvieron expuestas dichas losas siendo superiores a 200 °C, donde la fibra de coco comienza su proceso de degradación térmica comprometiendo de esta forma las propiedades mecánicas del fibroconcreto.

de la lignina de la fibra han iniciado su proceso de descomposición térmica, indicando que estos procesos se ubican a 240 y 280 °C para la celulosa y la lignina respectivamente, como consecuencia se incrementa la diferencia entre los valores en el módulo de ruptura de las losas de la mezcla patrón y todas las que están reforzadas con la fibra. A los 600 °C el resto de la lignina se ha degradado, por lo que se puede observar carbón como material de residuo al ser ensayadas las losas y el módulo de ruptura cae abruptamente, corroborándose lo reportaron Bilba et al. (2005). En la [figura 3] se observa que no hay diferencias en el módulo de ruptura de lo especímenes ensayados a 25 y 200 °C, a partir de esta temperatura es cuando el módulo disminuye.

Figura 2: Módulo de Ruptura en losas sometidas a altas temperaturas, para las mezclas de concreto reforzadas con fibras de coco sin tratamiento con distribución de tamaño corta.

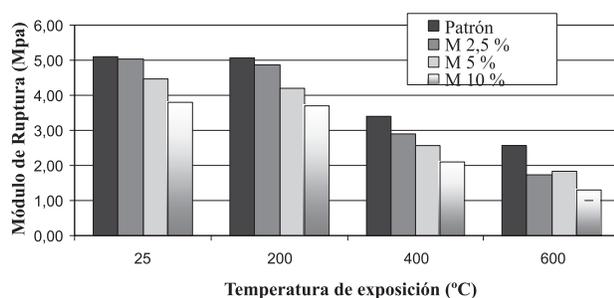
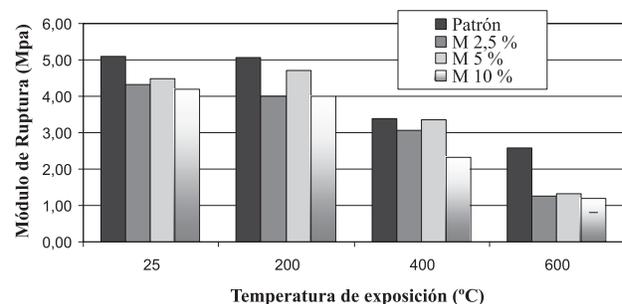


Figura 3: Módulo de Ruptura en losas sometidas a altas temperaturas, para las mezclas de concreto reforzadas con fibras de coco sin tratamiento con distribución de tamaño larga.



No se observó cambios significativos en el módulo de ruptura para ninguna de las mezcla a las temperaturas entre 25 y 200 °C. Según Mohan (2005), el proceso de descomposición térmica de la hemicelulosa comienza a partir de los 180 °C. Para los 400°C la celulosa y parte

El mecanismo de degradación térmica de la fibra de coco para estas pruebas, es el mismo que el que se indicó para las losas de distribución de tamaño corta. A sí mismo, se puede notar una marcada diferencia entre los módulos de ruptura de las losas de la mezcla patrón y las mezclas reforzadas con la fibra al ser expuesta a

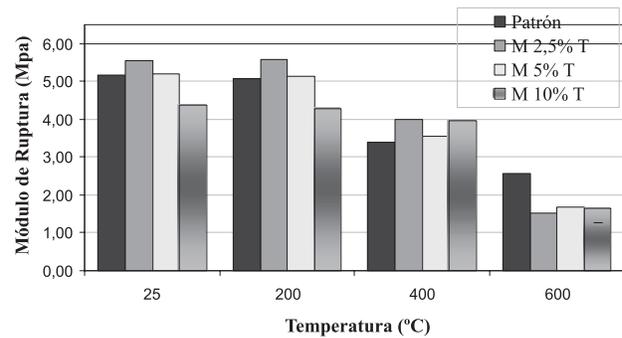


600 °C, posiblemente al tratarse de fibras más largas los espacios vacíos dejados por la carbonización de la fibra son mayores que para las fibras cortas, por lo que las losas cedieron más fácilmente al ser ensayadas. Por otra parte la calcinación del concreto debido a la exposición de altas temperaturas y por las reacciones internas de sus componentes, los cuales pueden expandirse fuertemente (principalmente en el caso de los agregados), ocasionando tensiones que provocan la disgregación del concreto, causan la disminución de la resistencia a la flexión. La [figura 4] muestra el comportamiento del módulo de ruptura para las losas de la mezcla patrón y las mezclas reforzadas con la fibra de coco tratada químicamente, se puede apreciar que no hay diferencias en el módulo, entre las probetas ensayadas a 25 y 200 °C. Para las losas al 2,5 % el módulo de ruptura fue mayor que para las losas patrón y para las losas al 5 % se obtuvieron valores muy parecidos a la mezcla patrón, esto indica que el PMMA protegió a la fibra entre las temperaturas 200 y 400 °C, evitando la descomposición térmica de la celulosa, la hemicelulosa y la lignina que le confieren las propiedades mecánicas a la fibra. Solo a la temperatura de 600 °C dicho módulo decreció notablemente en el fibroconcreto, debido a que a esta temperatura el PMMA ya se ha degradado como lo indican Kang et al. (2008), perdiéndose de esta forma su función protectora en la fibra.

Para cada temperatura de exposición, las losas con mayor proporción de fibra de coco el módulo de ruptura fue menor, debido a que estas tienden a aglomerarse generando una menor adherencia.

Los efectos de los ciclos de calor y humedad en las losas de la mezcla patrón y las reforzadas con la fibra de coco con y sin tratamiento, se observan en la [figura 5] la

Figura 4: Módulo de Ruptura en losas sometidas a altas temperaturas, para las mezclas de concreto reforzadas con fibras de coco tratadas químicamente.

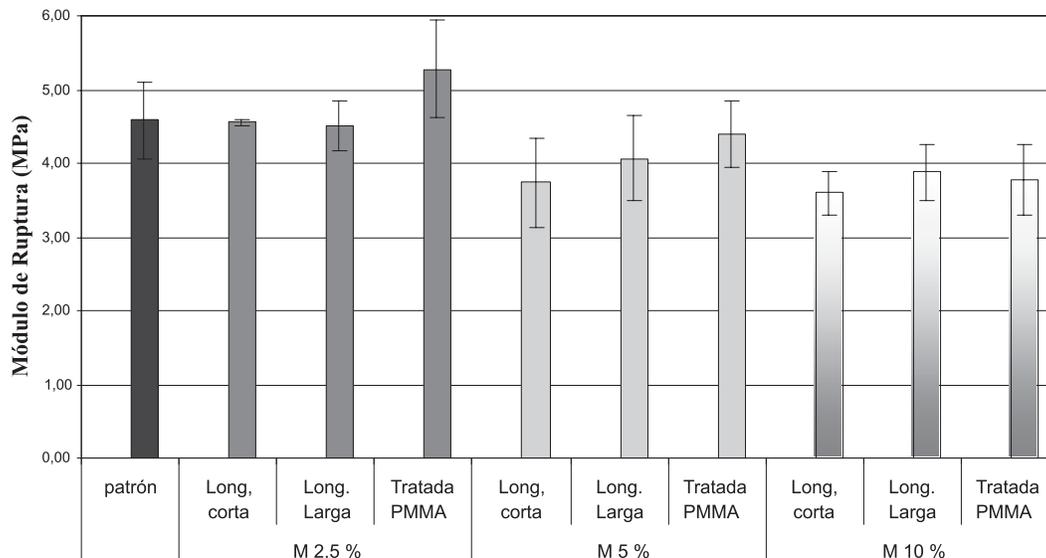


disminución del módulo de ruptura, en la medida que el porcentaje volumétrico de la fibra se incrementó en los especímenes como consecuencia de la disminución de la adherencia entre la fibra y la matriz.

Los módulos de ruptura para las losas reforzadas con la fibra tratada químicamente fueron mayores que para la fibra fin tratar, para las concentraciones baja y media de fibra añadida, obteniéndose para las losas reforzadas al 2,5 % tratada el valor promedio más alto. Este comportamiento indica que el tratamiento químico con el PMMA logró proteger a la fibra de los cambios bruscos de temperatura y humedad a las que fueron expuestas dichas losas durante los ciclos, como se indicó en la sección del marco teórico este polímero resiste a la intemperie y al envejecimiento térmico.

Por otro lado, los módulos de ruptura para las losas reforzadas con la fibra con y sin tratamiento sometidas a los ciclos de calor y humedad, fueron superiores a las losas que fueron expuestas a 400 °C y 600 °C pero menores a las sometidas a 200 °C para una

Figura 5: Módulo de Ruptura en losas sometidas a ciclos de calor y humedad, para las mezclas de concreto reforzadas con las fibras de coco con y sin tratamiento.





misma mezcla. Esto muestra que la fibra de coco con o sin tratamiento, sufre una mayor degradación debido a las fluctuaciones de temperatura y humedad que siendo sometida a una temperatura de 200 °C. Según Fratelly (1996), la diferencia extrema de temperaturas entre la temperatura exterior e interior en un miembro estructural de concreto, ocasiona fisuración superficial. Cuando la superficie externa se enfría y tiende a contraerse, se originan esfuerzos de tracción y compresión en las caras opuestas que dan lugar a la formación de grietas, las cuales se acentúan por efecto de la contracción y la dilatación.

Morfología superficial en losas sometidas a altas temperaturas: Para el análisis cualitativo de las losas, se tomó en cuenta el cambio que presentaron las losas en su superficie, al sacarlas del horno una vez expuestas a las altas temperaturas. En las losas se observó que para las losas de las mezclas reforzadas con fibra de coco tratadas químicamente al 10 % en volumen, sometidas a 200 °C, al ser comparadas con su correspondiente losa control (sin sometimiento de temperatura), no se evidencia cambios en la morfología superficial de las mismas, ya que a simple vista se puede apreciar que son prácticamente iguales respecto al color gris característico del concreto, tal como indicó Fernández (1977) en su trabajo de investigación. Este comportamiento se observó en todas las losas de cada una de las mezclas que fueron sometidas a esta temperatura.

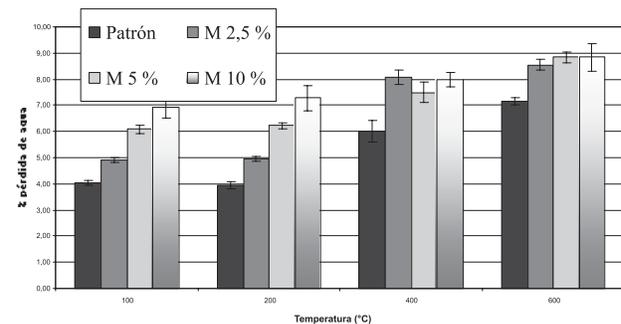
Para las losas de las diferentes mezclas reforzadas con fibra de coco tratadas químicamente expuestas a 400°C, sí se evidencian cambios en la morfología, su superficie está más deteriorada respecto a la losa control y su color es marrón. Esto se debe al desarrollo de reacciones químicas entre los materiales que componen el concreto debido a la presencia del calor, este cambio de color se debe a la reacción del óxido férrico con la caliza. Para esta temperatura se evidenció que el PMMA se fundió fluyendo a la superficie de las losas a través de las grietas, al enfriarse las losas volvió a su estado sólido cubriendo ciertas zonas de las superficies de dichas losas. Aunque el concreto no es un buen conductor del calor, para esta temperatura de exposición las losas alcanzan en su interior temperaturas superiores a la temperatura en el que PMMA cambia de estado sólido a estado líquido.

Para las losas reforzadas con fibra de coco tratadas químicamente expuestas a 600 °C, se evidenció un notable cambio en la morfología de dichas losas, estas presentan un color negro característico de materiales degradados, efectivamente a esta temperatura la fibra se había degradado por completo, incluyendo una gran parte las que se encontraban en el interior de las losas, al igual que el PMMA.

Efecto de las altas temperaturas en la pérdida de agua en las losas. En la [figura 6], se observa el porcentaje de pérdida de agua respecto al peso total en las losas

de la mezcla patrón y las reforzadas con la fibra sin tratamiento químico (2.5, 5 y 10 %) con la distribución de tamaño corta a los 28 días de curado. Para los 100 y 200 °C la pérdida en agua fue la misma entre un rango de 4 a 7,2 %, esta agua evaporada consiste en el agua capilar situado en los macroporos de las losas tal como lo indica Rodríguez (1994), así como el agua capilar contenida en la fibra de coco. Para la temperatura de exposición de 400 °C la pérdida en agua estuvo entre 6 y 7,9 % tratándose del agua de gel que ha sido evaporada ubicada en los microporos de la pasta de cemento, una vez se ha evaporado el agua capilar la siguiente a ser evaporada es el agua de gel. Para los 600 °C la pérdida en agua estuvo entre 7,2 y 9,3 %, esta se puede tratar de agua zeolítica ubicada entre los extractos microcristalinos y en los intersticios de la pasta de cemento, para su extracción es necesario un secado muy intenso.

Figura 6: Pérdida de agua en losas reforzadas con fibra sin tratamiento con distribución de tamaño larga sometidas a altas temperaturas.



El porcentaje de pérdida de agua respecto al peso total en las losas de la mezcla patrón y las reforzadas con la fibra sin tratamiento químico a las distintas proporciones en volumen, con la distribución de tamaño larga a los 28 días de curado sometido a altas temperaturas. Para los 100 y 200 °C el agua capilar evaporada estuvo en un rango de 4 a 7,3 %. Para la temperatura de exposición de 400 °C la pérdida en agua de gel estuvo entre 6 y 8,1 % y para los 600 °C la pérdida en agua estuvo entre 7,2 y 8,8 %.

Para ambas distribuciones de tamaño la pérdida de agua no sufrió grandes diferencia para las mismas condiciones a las que fueron expuestas, por lo que el tamaño de la fibra no afecta la pérdida de agua. Así mismo, en la medida que se incrementó la proporción de fibra y la temperatura de exposición a las que fueron sometidas las losas, la pérdida en agua fue mayor.

El porcentaje de pérdida de agua respecto al peso total en las losas de la mezcla patrón y las reforzadas con la fibra tratada químicamente (2.5, 5 y 10 %) a los 28 días de curado sometido a altas temperaturas. Para los 100 y 200 °C el agua capilar evaporada estuvo en un rango de 4 a 5,2 %. Para la temperatura de exposición de 400 °C la pérdida en agua de gel estuvo entre 6 y 7 % y para los



600 °C la pérdida en agua estuvo entre 7,2 y 9 %.

En las muestras se evidencia una disminución de la pérdida de agua con respecto a las losas reforzadas con la fibra sin tratamiento sometida a las mismas condiciones de temperatura y proporción en volumen.

Esto se debe a que el PMMA evitó que se evaporase parte del agua capilar contenida en la fibra, actuando de esta forma como una barrera a la evaporación frente a las altas temperaturas, solo a 600 °C el porcentaje de pérdida de agua fue similar al obtenido en las losas reforzadas con la fibra sin tratamiento, según Kang et al. (2008) a esta temperatura el PMMA se ha degradado, lo que indica una pérdida de la protección que le ofrecía a la fibra.

Conclusiones

La trabajabilidad del concreto reforzado con la fibra de coco depende del contenido de los agregados en las mezclas, de la granulometría, forma y textura de las partículas de agregados. A medida que aumenta la concentración de volumen de fibra tratada y sin tratar en las mezclas, la manejabilidad de la misma tendió a disminuir. No se observa segregación ni retracción en el concreto reforzado con la fibra para las distintas proporciones de la fibra con o sin tratamiento. La resistencia a la tracción del concreto disminuye en la medida que aumenta la proporción en volumen de la fibra añadida en las mezclas de concreto. Las fibras de distribución de tamaño larga en las distintas proporciones en volumen; arrojan mejores resultados en la resistencia a la tracción por flexión que las fibras de distribución de tamaño corta. El concreto reforzado con la fibra tratada químicamente con el PMMA arroja mejores resultados en la tracción por flexión a altas temperaturas que con la fibra sin tratamiento, debido a la protección que ofrece el PMMA a la fibra al ataque alcalino del cemento y a la descomposición térmica. Las mezclas reforzadas con la fibra de coco tratada y químicamente al 2,5 % en volumen ofrecen la mejor resistencia a la tracción por flexión sometida a altas temperaturas, respecto a las distintas proporciones en volumen de las fibras estudiadas con o sin el tratamiento químico. Las mezclas reforzadas con la fibra de coco sin tratamiento al 2,5 % con la distribución de tamaño larga ofrecen los mejores resultados de resistencia a la tracción por flexión aplicado en vigas, en comparación con las diferentes proporciones en volumen de la fibra analizadas con o sin el tratamiento. La máxima pérdida en peso debido a la eliminación del agua durante las altas temperaturas a la que fue sometido el fibroconcreto, en las distintas proporciones en volumen estudiadas fue cerca del 9 %.

Referencias

- Bilba, K., Arsene, M. y Quesanga, A., (2005) Study of banana and coconut fibers Botanical composition, thermal degradation and textural observations. Université des Antilles et de la Guyane.
- Fernández M., C. (1977). Patología y terapéutica del hormigón armado, editorial dossat, Madrid, 389p.
- Fracelli, M. (1996). Reparación de daños estructurales. Caracas, 321p
- Porrero S., J. et al. (2008). Manual del concreto estructural. Caracas: SIDETUR
- Juárez, C. et al. (2004) Uso de las fibras naturales de lechuguilla como refuerzo en concreto, Universidad Autónoma de Nuevo León (vol. VII, N. 22): 7- 19.
- Kang, B., Kim, S. y Kim, J. (2008). Thermal degradation of poly(methyl methacrylate) polymers: Kinetics and recovery of monomers using a fluidized bed reactor. *J. Anal. Appl. Pyrolysis* (81): 7–13.
- Mohan, D., Pittman, Ch., y Steele, P. (2006). Pyrolysis of Wood/Biomass for Bio-oil: A Critical Review. *Energy & Fuels* (20): 848-889.
- Porrero S., J. et al. (2008). Manual del concreto estructural. Caracas: SIDETUR
- Rodríguez R., L. (1994). La retracción de la pasta de cemento y sus mecanismos. Trabajo especial de grado, Universidad Central de Venezuela, Caracas.



Programa de Mantenimiento Productivo Total (Mpt) en el Área de Molino de Trigo de una Empresa Molinera

Peggy A. Londoño D, Alberto Mieres-Pitre.
Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.
peggylondono@hotmail.com, albertopitre@intercable.net.ve

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo principal, incrementar la efectividad global de los equipos involucrados en el área de molino de harina de trigo, por medio de la implementación del programa de Mantenimiento Productivo Total (MPT), con la finalidad de mejorar el nivel de productividad de una empresa molinera. El primer paso que se llevó a cabo, fue la selección del área piloto en el departamento de molino para la implementación del programa MPT; luego, se evaluó la gestión de mantenimiento de acuerdo a la normativa nacional. Seguidamente, se desarrolló el programa MPT, para terminar con la implementación y evaluación del mismo, aplicando la filosofía de 5'S. Entre los logros obtenidos se tuvo: el área seleccionada como área piloto para la implantación del programa MPT, fue la de los bancos de cilindros, correspondientes a las roturas B1, B2G, B2F y B3G. La puntuación porcentual total, presentada por parte del departamento de mantenimiento, es 70,28%, incremento en la tasa de calidad de 84,39% y un aumento de efectividad global del proceso desde 43,11 hasta 85,27%.

Palabras clave: Programa MPT, filosofía 5'S, empresa molinera, productividad.

Total Productive Maintenance Program (Tpm) in the Area of Wheat Milling Company

Abstract

The present study had as main objective to increase the overall effectiveness of the teams involved in the milling of wheat flour, through the implementation of a program of Total Productive Maintenance (TPM), with the aim of improving productivity of a milling company. The first step that took place was the selection of pilot areas in the department of the mill for the implementation of TPM, and then evaluated the management of maintenance in accordance with national law. After that, it made the TPM program, for ending implementation and evaluation of the same philosophy, applying the 5'S. Among the achievements are: the area selected as pilot field for implementation of TPM was the banks of cylinders on the breaks B1, B2G, B3G and B2f, the total percentage score by the maintenance department is 70, 28% increase in the rate as 84.39% and increased overall effectiveness of the process from 43.11% to 85.27%.

Key words: MPT Program, 5'S philosophy, milling company, productivity.

Introducción

El Mantenimiento Productivo Total (MPT), es la política de intervención de los equipos que involucra a todo el recurso humano de la organización (dirección, producción, mantenimiento, gestión de materiales, etc.). Su propósito fundamental, es incrementar, en forma continua, la efectividad global de los equipos. Dicho parámetro evidencia la capacidad de la planta y consta de los siguientes factores: tasa de rendimiento, tasa de disponibilidad y tasa de calidad [1].

El siguiente trabajo se fundamenta en la metodología que establece el programa de Mantenimiento Productivo Total (MPT), el cual busca desarrollar al operador capacitado y crear un lugar de trabajo ordenado y seguro. Al mismo tiempo, el trabajo abarca distintas áreas de aplicación, las cuales van desde los conceptos referentes a la molinería de trigo y sus fundamentos teóricos, hasta los conocimientos básicos del control estadístico de procesos (CEP) [2], donde se manejan herramientas como gráficos de control, X-r, sigmas, histogramas de frecuencias, junto con parámetros estadísticos, entre los que se tienen: sesgo, media, desviación, capacidad potencial y capacidad real.

Por tal razón la presente investigación se fundamenta en la implementación del programa de Mantenimiento Productivo Total (MPT), donde se desea incrementar la efectividad global de los equipos por medio de dicho programa

Materiales y Método

En la selección del área piloto en el departamento de molino, para la implantación del programa MPT, se realizó una encuesta al personal del departamento de molino y mantenimiento, para conocer los equipos prioritarios del área piloto. En dicha encuesta se pidió asignarle a cada cilindro de la lista, una puntuación, de acuerdo a los siguientes renglones: capacidad de mantenimiento, disposición de repuestos (personal de mantenimiento), impacto sobre la calidad e impacto sobre el rendimiento (personal de molino), la puntuación fue de 1, 3 o 9, siendo 1 la menor puntuación. Una vez obtenidas las respuestas, se introdujeron las puntuaciones en una matriz de selección y la puntuación se obtuvo de acuerdo a la ponderación asignada a cada renglón. Seguidamente, se realizó la evaluación de la gestión de mantenimiento de la planta, siguiendo la norma COVENIN 2500-93



[3], para ello se realizaron entrevistas con la Gerencia y la Superintendencia de Mantenimiento, para conocer la existencia de los principios básicos, tales como: las normas de organización y funcionamiento, sistemas y equipos que deben existir y aplicarse, en mayor o menor proporción, para lograr los objetivos del mantenimiento y de esta manera, obtener un análisis cualitativo de estos aspectos, sin profundizar en los posibles deméritos; luego, para realizar la evaluación exhaustiva y minuciosa de los deméritos, considerando cada detalle que pueda representar una disminución de la eficacia del principio básico.

Una vez hecha la evaluación, se realizó el programa para el mantenimiento productivo total sobre el área seleccionada; para ello, se cambiaron los rodillos responsables de la molienda y se realizó una limpieza a fondo de los cilindros, lo que permitió mejorar la condición de los mismos y su capacidad. Seguidamente, se adiestró al personal respecto a la filosofía MPT, se identificaron y clasificaron los tipos de parada, se realizaron los programas de: medición de las paradas, el de pérdidas de calidad semanal, el de control estadístico de proceso y el de medición semanal de la efectividad global.

Se implementó el programa del Mantenimiento Productivo Total (MPT), sobre el área seleccionada; para ello, se realiza una limpieza, según la filosofía de 5'S [4] En la misma, se forman grupos, conformados por los propios operadores, los cuales se encargan de la limpieza y orden de un área específica del sitio de trabajo; para ello, se usan tarjetas de 5'S, a través de las mismas se clasifican los objetos o herramientas, de acuerdo a su uso, a su condición y al destino al que deban ir, todo esto permite la creación de estándares de limpieza, orden y lubricación de los equipos. Luego, se realizaron auditorias y mediciones de la calidad de humedad del grano de trigo y de la granulometría, en los procesos de molienda, para así medir la calidad del proceso. Finalmente, se evaluó la efectividad global del área seleccionada; para ello, se hizo uso de los datos obtenidos en el proceso, tales como: paradas y tiempo de duración de las mismas y las variables de calidad de la harina final. Los mismos fueron ingresados en un programa de control estadístico, bajo ambiente Excel, para así obtener los resultados.

Resultados y Discusión

Al aplicar la matriz de selección a las respuestas dadas por el personal de molino y mantenimiento, resultó que el área seleccionada fue la de los bancos de cilindros, correspondientes a las roturas B1, B2G, B2F y B3G, ubicados en el área de molino de trigo, como se puede observar en la Figura 1.

Estos bancos son uno de los equipos más importantes en la fabricación de harina de trigo, ya que la variación

de los parámetros presentes en los mismos (humedad y granulación), afecta de manera inmediata y relevante, los aspectos de rendimiento y calidad de la harina procesada dentro del molino; en cuanto a la humedad, al llegar un grano de trigo muy húmedo a la primera rotura, afecta la carga de alimentación de las etapas siguientes, debido a que en los cilindros se estaría creando una especie de hojuela en el producto de molienda; mientras, un grano menos húmedo aumentaría la ceniza de la harina, ya que el afrecho no alcanza su máximo de elasticidad, lo cual afecta su resistencia a la acción de corte de los cilindros de rotura, fracturándose hasta una granulometría tal, que llegue a los cilindros de compresión.

En la evaluación de la gestión de mantenimiento de la planta, se empleó la normativa nacional COVENIN 2500-93, obteniéndose que la Puntuación Porcentual Total presentada por parte del departamento de Mantenimiento de la Planta es 70,28%. Dicha puntuación de evaluación es alta, sin embargo, existen áreas dentro de la gestión que presentan deficiencias en las cuales se debe trabajar. Para lograr llevar a cabo una gestión de mantenimiento más eficiente, es importante contar con un departamento de mantenimiento capacitado para que el plan MPT tenga una base firme para su implementación. Adicionalmente, se puede determinar que las áreas donde es más eficiente el departamento de mantenimiento, en las cuales las puntuaciones fueron superiores al 90%, son: Organización de la empresa, organización de mantenimiento, el apoyo logístico y los recursos empleados.

Luego, en el desarrollo del programa de Mantenimiento Productivo Total (MPT), se cambiaron los rodillos de los bancos del área seleccionada, para aumentar la capacidad de operación de los mismos, colocando cilindros con características adecuadas de estría, para obtener los valores de granulometría deseados en cada una de las roturas respectivas; de esta manera, se obtuvo mejores valores de granulometría, se incrementó el porcentaje de producto dentro de especificaciones, lo que, al mismo tiempo, hace que aumente la capacidad real de cada una de las roturas bajo estudio, por lo que sería beneficioso un cambio continuo de los rodillos en cada banco de cilindros; pero, se debe tener en cuenta la disponibilidad, por parte del departamento de mantenimiento, de los repuestos necesarios; es por ello que, se deben jerarquizar los cambios que generen resultados más relevantes en función de rendimiento y calidad de la harina de trigo.

En la Tabla 1 se puede observar los valores estadísticos, antes y después de los cambios en cada banco de cilindros. Se evidencia una notoria mejoría en cuanto a estos parámetros si se comparan con los valores estándares deseados en cada una de las roturas del proceso de molienda (ver Tabla 2).



Figura 1: Diagrama de flujo del área de molino de trigo.

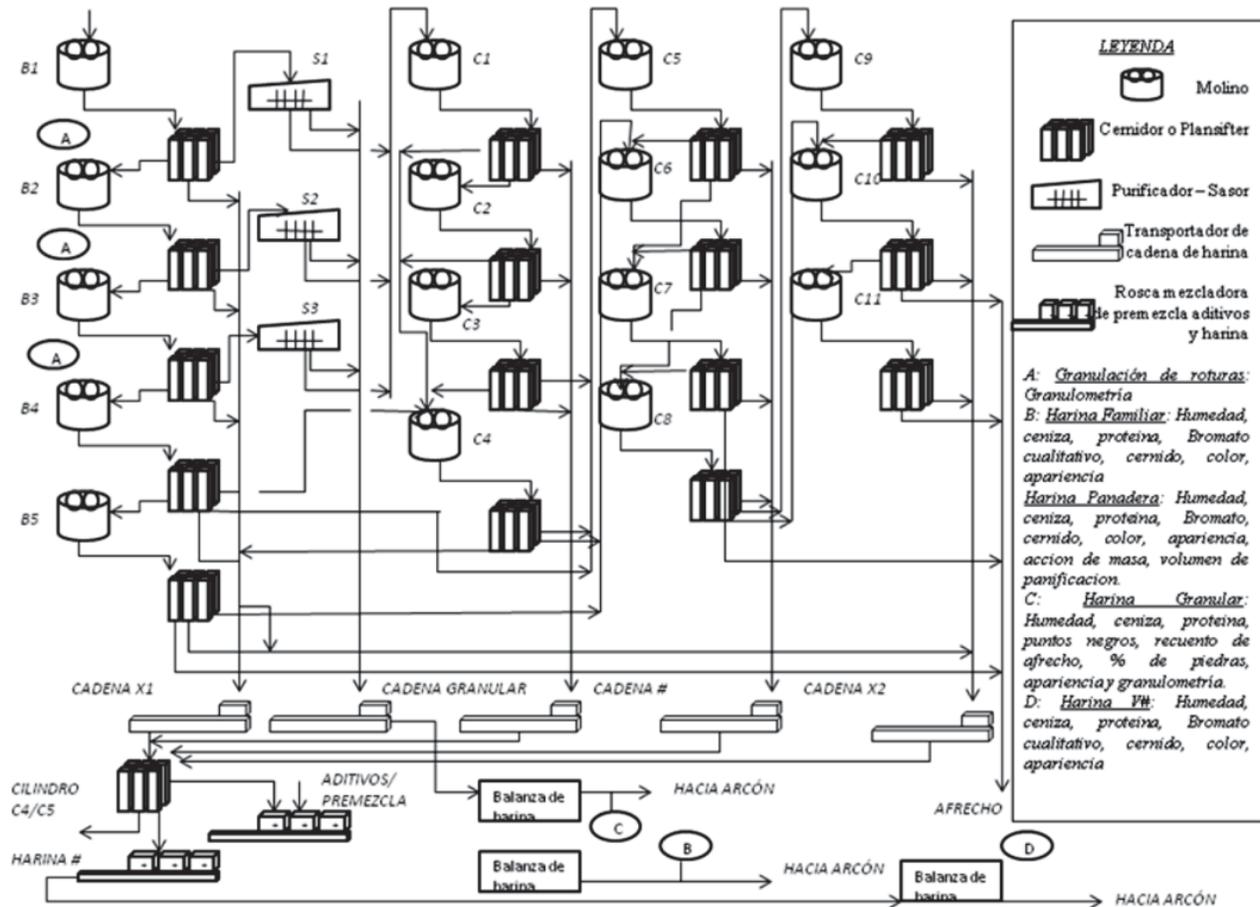


Tabla 1: Parámetros estadísticos de los bancos de cilindros antes y después del cambio de cilindros.

Cilindro	Situación	Media	Desviación (%)	Capacidad Potencial Cp	Capacidad Real Cpk
B1	Antes	31,00	1,694	0,39	-0,20
	Después	35,17	1,167	0,57	0,24
B2F	Antes	51,42	1,530	0,44	0,31
	Después	52,54	1,103	0,60	0,44
B2G	Antes	48,42	1,530	0,44	0,34
	Después	48,71	0,690	0,96	0,62
B3G	Antes	32,71	1,233	0,54	0,19
	Después	33,94	1,461	0,46	0,44

Tabla 2: Estándares estadísticos deseados en cada una de las roturas del proceso de molienda.

Cilindro	Especificaciones	Media	Desviación (%)
B1	(32-36)%	34,00	0,67
B2F	(48-52)%	50,00	
B2G	(46-50)%	48,00	
B3G	(32-36)%	34,00	

De la comparación de las tablas, se observa como los valores de medias de los procesos, se acercan al valor nominal de cada rotura, disminuyendo de, esta forma, el sesgo de los datos obtenidos. Además, se observa una disminución en los valores de desviación, producto de la poca tolerancia entre los valores de granulometría, a excepción del B3G, donde se aprecia un aumento de la

desviación; sin embargo, este aumento no afecta, en gran medida, la capacidad real, la cual aumenta, producto de lo cerca que se encuentra la media del proceso del valor nominal, 34%. El beneficio del cambio de este cilindro, se aprecia en la media, ya que el cilindro se encontraba tan desgastado que no lograba tener valores de granulometría de 34%. El mismo no actuaba de manera eficiente sobre la carga que le llegaba, debido a que los cilindros comprimían la carga hasta formar una hojuela, la cual era de diámetro mucho mayor a la malla 20, con la que se evaluaba la granulometría en este banco de cilindros. Las consecuencias que traía este inconveniente era el



llenado con producto de los sistemas siguientes dentro de la molinera, ya que los cernidores (plansifters) del B3G, mandaban a este sistema un flujo de alimentación mayor para lo que fueron diseñados, de esta forma, se llenaba de producto todo el sistema.

Una vez realizadas las respectivas actividades que conforman la puesta a punto de los equipos del área piloto, se pasa a una etapa de participación de todo el personal, tanto del departamento de molino como del departamento de mantenimiento, a través de cursos de MPT, realizados con la finalidad de instruirlos en la definición de MPT, las actividades de cada grupo de trabajo y los pasos para la implementación del MPT. Durante el desarrollo de dicho curso, de 8 h de duración, se consigue incrementar el sentido de pertenencia de los operadores con la planta; además, se logró que empezaran a ver el MPT como parte de su cultura laboral. Para el éxito de estas jornadas, se contó con la participación de personas de los distintos niveles de la empresa, desde ayudantes generales hasta los superintendentes, tanto de mantenimiento como de producción, todo en búsqueda de resaltar, en todos los involucrados, la importancia del proyecto para la empresa.

Para iniciar la implementación de programa de Mantenimiento Productivo Total, se llevó a cabo una limpieza inicial, para colocar los equipos en un punto óptimo de estado para su operación por parte del personal. En esta etapa se desarman y se limpian, de una forma exhaustiva, un banco de cilindros, un purificador o sator y un Plansifter, con la finalidad de mostrar y eliminar los defectos ocultos; además, durante la limpieza todos los operarios están en contacto con todas las partes de los equipos y observan cada rincón de la máquina para así detectar posibles fallas ocultas en el mismo. Luego, se realizaron auditorías de trabajo, por medio de la metodología de las 5'S, usando tarjetas de colores, para ordenar todas las herramientas y equipos de trabajo; esto trajo como resultado, un porcentaje alto de cumplimiento en las labores asignadas en la colocación de tarjetas. La implementación de dichas tarjetas permitió una supervisión autónoma, durante la cual los operadores llevan a cabo su supervisión y siguen los estándares que ellos mismos colocan; además, los operadores mantienen las condiciones básicas del equipo y restauran sus partes deterioradas. Por otro lado, esto da la oportunidad al personal de mantenimiento para que genere un plan de mantenimiento, altamente sofisticado, al aplicar mantenimiento preventivo a las máquinas críticas. También, se implementó el uso de programas estadísticos para llevar un control y para mejorar el proceso de aseguramiento de la calidad, ya que a través de las hojas de cálculo, existe la posibilidad de una fácil detección de la desviación de una variable del proceso, lo que proporciona una oportuna corrección de la misma en la búsqueda de una producción de harina

altamente eficiente, obteniéndose así, un aumento en los parámetros de calidad del trigo del 84,39% [5]. Al implementar el MPT, más del 98% del trigo, para todas las semanas del análisis, tuvieron una humedad dentro de los estándares, entre 11,50 a 12,50% de humedad inicial, por lo que se puede afirmar que la materia prima con la que se da inicio al proceso de molinera, es la adecuada, según los parámetros de humedad. Adicionalmente, se incrementó la capacidad real en la granulometría a lo largo de las roturas, dentro del molino, lo que ayudó a evitar la operación de las siguientes etapas con flujos de alimentación por encima del diseño, evitando de, esta forma, las paradas por llenado de producto dentro de los sistemas continuos. Además, de obtener en cada rotura una acción de cizallamiento o de rotura efectiva en cada banco de cilindros, ya que esta acción se ve afectada por la carga de alimentación que llega al cilindro. En esta fase de implementación, las acciones correctivas realizadas para el ajuste de las variables del proceso, son hechas por el personal del molino, luego de la interpretación de los resultados obtenidos de los programas estadísticos de los procesos, que se llevan a cabo dentro del molino. Seguidamente de esa participación, se logra establecer una reunión semanal con la gerencia de la empresa, para el análisis de los resultados. Las personas asistentes a dichas reuniones pertenecen a distintos departamentos: producción, mantenimiento y aseguramiento de la calidad; todos aportando ideas para la corrección de las variables, con la finalidad de ser más productivos en la fabricación de harina de trigo.

Una vez adoptadas todas las actividades que deben realizar los operadores, mantenedores y personal de laboratorio dentro de la planta, en cuanto a la implementación del programa MPT, se procedió a la medición de la efectividad global del proceso. Para ello, se generó una hoja de cálculo en Excel [6], tomando en cuenta el número de paradas, el tiempo de las mismas y la calidad de la harina. Este programa identifica los problemas que han provocado las paradas. Se toman las acciones correctivas, de forma tal de llevar a cabo un proceso de mejora continua; la tasa de calidad se incrementa desde un 49,54 hasta un 91,35%, obteniéndose así, un incremento total de 84,39%. Las especificaciones de granulometría aumentaron más de 36%, (anteriormente, dichos valores eran negativos). Asimismo, se observó que la efectividad global del proceso aumentó desde 43,11 hasta un 85,27%, cumpliéndose con el objetivo principal de la presente investigación.

Conclusión

Con la implementación del programa MPT, se alcanza la minimización de las pérdidas o factores que afectan las tasas de disponibilidad, rendimiento y calidad dentro de la planta, aumentando, al mismo tiempo, la productividad dentro del molino, por medio de la mejora



continúa del proceso, permitiendo obtener un producto competitivo dentro del mercado, que se refleja en el aumento de las tasas de evaluación.

Referencias

1. Mandujano, K. (2006). Manufactura esbelta. Disponible en: <http://www.gestiopolis.com/recursos2/documentos/fulldocs/ger/manesbelta.htm>
2. Control estadístico de proceso (CEP), (1996). Sociedad de asesores de industria y comercio.
3. Normas generales para la evaluación de la Gestión de Mantenimiento. Norma 2500. (1993). Comisión venezolana de normas industriales (COVENIN).
4. Venegas, R. (2005). Manual de las 5'S. Disponible en: <http://www.gestiopolis.com/recursos5/docs/ger/cincos.htm>
5. Normas generales para la elaboración de Harina de trigo. Norma 217. (1999). Comisión venezolana de normas industriales (COVENIN).
6. Software Statistix. (1996). Programa de control estadístico de procesos.



Desarrollo de una galleta a partir del orujo de uva variedad criolla negra

Alberto Mieres Pitre, Adrian Andrade, Ledyamil García y Peggy Londoño
Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.
peggylondono@hotmail.com, albertopitre@gmail.com

Resumen

Se evaluó el hollejo de uva proveniente de la variedad Criolla negra como materia prima en la elaboración de productos alimenticios. Se tomó como punto de partida el alto contenido de fibra y proteínas presentes en el mismo. El hollejo fue deshidratado, molido y tamizado hasta un tamaño de partícula de 150 μm , similar al de la harina de trigo comercial. Se elaboraron galletas con diferentes niveles de inclusión de hollejo en su formulación base (10, 20, 30, 40 y 50%). Una vez elaboradas las distintas formulaciones de la galleta se realizó la prueba de diferencia a 9 panelistas semi-entrenados y se obtuvo la formulación con mayor preferencia, a esta galleta se le determinó humedad, cenizas, proteínas, grasa cruda, carbohidratos, fibra cruda, fibra soluble e insoluble, todos siguiendo la metodología señalada por la normativa Venezolana COVENIN. Posteriormente se caracterizó másica y dimensionalmente la galleta elaborada y se realizó un análisis microbiológico para asegurar la salubridad de las mismas. Por último, se realizó una prueba de aceptación a la galleta elaborada con la formulación de mayor preferencia en un universo de 80 encuestados para determinar su aceptación en el consumidor. La formulación de la galleta con mayor aceptación fue con 10% de inclusión de hollejo de uva y mostró un contenido nutricional en base al alto contenido de fibra y proteínas presentes, siendo de gran agrado en el público con un nivel de aceptación del 100% en el universo de encuestados. El orujo de uva es un subproducto de gran interés para la industria alimenticia ya que el mismo se puede utilizar como ingrediente en la elaboración de galletas con un nivel de agrado aceptable.

Palabras clave: orujo de uva, evaluación sensorial, galleta, contenido nutricional.

Development of a cookie from marc black grape variety creole

Abstract

Was evaluated the peel of grape pomace from Criolla negra variety as raw material in food products manufacturing of food products. There took as a start point the high contained of fiber and proteins presents in the same one. The peel was dehydrated, ground and sifted up to a particle size of 150 μm , as commercial wheat flour. Cookies were elaborated with different levels of incorporation of peel in its main formulation (10, 20, 30, 40 and 50 %). Once elaborated the different the cookies, difference test were carried out to 9 semi-trained panelists and was obtained the formulation favorite, to this cookie was determinate humidity, ashes, proteins, raw fat, carbohydrates, raw fiber, soluble and insoluble fiber, following the methodology indicated by the Venezuelan regulation COVENIN. Later was characterized physically the elaborated cookie and a microbiological analysis was realized to assure the health of the same ones. Finally an acceptance test was realized to the cookie elaborated with the formulation favorite in a universe of 80 polled ones to determine its acceptance in the consumer. The formulation of the cookie with major acceptance was 10 % of incorporation of peel of grape pomace and showed a nutritional content based on the high contained of fiber and proteins present, being of great pleasure in the public with an acceptance level of 100 % in the universe of polled. The grape pomace is a by-product of great interest for the food industry since the same one can be in use as ingredient in the production of cookies with a level of acceptable pleasure.

Key words: Grape pomace, sensorial assessment, cookies, nutritional content.

Introducción

El orujo de uva es el principal residuo del proceso de vinificación, constituido por restos de piel, semillas y tallos. Dicho subproducto es considerado fuente natural de componentes beneficiosos en diversas áreas, según lo reportado por Sandoval N. (1995). Por ésta razón se pretende determinar la factibilidad de aprovechar el hollejo proveniente del orujo de uva en la elaboración de un producto alimenticio debido a que en Venezuela es sólo utilizado para la realización de compostaje subestimando los potenciales del residuo.

La variedad Criolla Negra corresponde a un híbrido nativo entre las variedades *Vitis vinifera* y *Vitis caribaea*, cultivada en Tarabana Barquisimeto, estado Lara, bajo el sistema de parral, con un clima de escasa nubosidad, alta insolación y poca pluviosidad. Este híbrido es utilizado

para la elaboración de sangrías y también como porta-injertos para las otras variedades cultivadas en la estación experimental del instituto de la uva, ubicado en El Tocuyo estado Lara. Entre las variedades de vid para vinos que se pueden encontrar en el instituto se pueden mencionar Chenin Blanc, Villanueva, Sauvignon Blanc y Syrah. Una vez que la uva criolla negra alcanza el punto óptimo de maduración de 18 a 20 °Brix y 10% de acidez, la uva se corta y se lleva inmediatamente al Instituto Nacional de la Uva, en donde es prensada para la elaboración de sangrías, tal y como fue reportado por Valor O. (2008). El residuo proveniente del prensado obtenido de la cosecha del mes de noviembre del año 2006, fue el que se utilizó para la realización de ésta investigación.

Para lograr la evaluación del orujo de uva se comenzó con 15 kg de orujo, el cual es transportado al



Laboratorio de Alimentos de la Universidad de Carabobo, en donde después de ser almacenado por tres meses, se separó manualmente en sus componentes principales, se realizó la cuantificación de cada uno y se determinó la composición proximal de cada componente. Se incorporó el hollejo en la fabricación de galletas dulces, las cuales se sometieron a pruebas de rango o diferencia a fin de establecer la formulación más adecuada y luego a pruebas de aceptación, actividades comprendidas en el análisis sensorial de los alimentos.

Esta investigación fue de gran relevancia social debido a los grandes beneficios en materia de salud ya, que el hollejo es una fuente natural de fibra y proteínas, necesarias en la ingesta diaria. Además de esto representa una solución para el uso de los residuos de la industria vinícola otorgándole valor agregado al considerarlo como materia prima en la elaboración de productos y disminuyendo el impacto ambiental originado por su acumulación.

Metodología

Obtención de la materia prima

El orujo de uva de la variedad Criolla negra fue obtenido del Instituto Nacional de la Uva, ubicado en El Tocuyo, estado Lara. Éste se sometió a un proceso de separación manual de sus componentes (hollejo, semillas y tallos). Posterior sólo se utilizó el hollejo del orujo de uva, éste fue deshidratado en una estufa (marca Memmert), reducido de tamaño en un molino eléctrico (marca The Straus Co.) y clasificado utilizando los tamices estandarizados (marca ASME) para obtener un tamaño de partícula similar a la harina de trigo comercial.

Formulación y preparación de galletas

Las galletas fueron preparadas de acuerdo a la formulación base, la cual incluyó harina de trigo, azúcar, margarina sin sal y vainilla para obtener una masa de consistencia óptima. La cascarilla de orujo de uva fue incluida en 10, 20, 30, 40 y 50 % de la harina de trigo (peso/peso) en la formulación base. El mezclado de los ingredientes se realizó en una mezcladora (marca Samuray) y el horneado se realizó en un horno a gas natural (marca Mabe) por 12 minutos a una temperatura de 175°C.

Evaluación sensorial

Se realizaron 2 evaluaciones sensoriales en las galletas elaboradas. La primera fue la prueba de diferencia,

para la cual las galletas con distintos niveles de inclusión (10, 20, 30, 40 y 50 %) de hollejo se sometieron a una evaluación realizada por 9 panelistas semi-entrenados en donde se evaluaron como aspectos relevantes: sabor, color, olor, textura y apariencia, utilizando una escala de 5 puntos, donde 5 fue el valor dado a la galleta con mayor aceptación y 1 el valor dado a la de menor aceptación. Posteriormente se realizó la prueba de aceptación a la galleta con mayor preferencia. Se consultó a un universo de 80 consumidores si la galleta resultaba de su agrado o no, además de algunos comentarios que podrían suministrar.

Análisis químicos

Las pruebas químicas se realizaron tanto en el hollejo del orujo de uva como en las galletas, siguiendo las técnicas propuestas por la normativa COVENIN. Los análisis químicos realizados incluyeron las determinaciones del contenido de humedad (COVENIN 1156:1979), cenizas (COVENIN 1155:1979), proteína (COVENIN 1195:1980), grasa (COVENIN 3218:1996) y carbohidratos (por diferencia). Además se determinó el contenido fibra cruda (COVENIN 1194:1979) así como las fracciones de fibra detergente neutro (COVENIN 3178:1995) y fibra detergente ácida (por diferencia).

Análisis microbiológico

El análisis microbiológico se realizó en la galleta elaborada, para la cual se determinó el contenido de Aerobios mesófilos (Test 9216; Dilución seriada y vertido en placa) y el contenido de Mohos y Levaduras (Test 9610; Crecimiento en medios selectivos, realización de microcultivos e identificación de colonias).

Caracterización dimensional de la galleta

Para obtener las dimensiones de las galletas elaboradas se tomó una muestra aleatoria de veinte galletas las cuales se pesaron en la balanza analítica (marca Ohaus Adventure) y se utilizó un vernier (marca Somet; apreciación 0,05 mm), el cual permitió determinar el espesor y el diámetro de las mismas.

Resultados y Discusión

Análisis químicos en cascarilla de orujo de uva

En la Tabla 1 se muestran los resultados del análisis fisicoquímico realizado a la cascarilla del orujo de uva.

El porcentaje de humedad presente en la cascarilla de uva es un valor bastante elevado si se compara

Tabla 1: Análisis fisicoquímico realizado al hollejo de uva.

Humedad (H ± 0,003) %	Cenizas (C ± 0,002) %	Grasa (G ± 0,004) %	Proteínas (P ± 0,04) %	Fibra (F ± 0,01) %	Carbohidratos (Car ± 0,05) %
51,888	3,280	4,435	10,44	25,12	33,24



con los resultados obtenidos en anteriores trabajos de investigación realizados sobre el tema. Canett R. y col. (2004) determinaron que la humedad de la cascarilla del orujo de uva es alrededor del 6 %. En trabajos similares, la cascarilla ha presentado humedad del 10 %. Dichas discrepancias pueden atribuirse a las condiciones y tiempo de almacenamiento. Si se requiere de un producto con menor cantidad de humedad, éste debe ser sometido a un tratamiento previo para la disminución del agua.

Analizando los resultados se observa que este subproducto presenta altas cantidades de fibra y proteínas; resultados similares fueron obtenidos por Canett R. y col. (2004) y por Sandoval N. (1995). El alto contenido de fibra sugiere que la cascarilla del orujo de uva puede ser utilizada como fuente de fibra para el consumo humano debido a que su ingestión está asociada con una variedad de efectos fisiológicos. La cascarilla también presenta un adecuado valor nutricional debido al alto contenido de proteínas, lo cual indica que ésta puede ser aprovechada como fuente proteica en la elaboración de alimentos.

Por otra parte, el porcentaje de grasa cruda reportado indica el bajo contenido de aceite presente en la cascarilla ya que se encontró que es en la semilla y no en la cascarilla donde se encuentra la mayor cantidad de grasa de este subproducto. Otro aspecto de relevancia nutricional es el bajo contenido de cenizas presente en la cascarilla, el cual es menor al 5 %, lo que descarta la posibilidad de encontrarse algún adulterante inorgánico en ella. Debido a que los carbohidratos son calculados por diferencia, estos no concuerdan con los valores reportados tomados como referencia de análisis químicos en cascarilla del orujo de uva, debido a la diferencia significativa existente en los niveles de humedad.

De los resultados obtenidos en el análisis proximal realizado al orujo de uva, se demuestra que éste puede ser recuperado y reutilizado como fuente de fibra y grasa para el consumo humano ya que este subproducto está constituido por la cascarilla (40 %), rica en fibra y proteínas.

Prueba de diferencia

Después de la realización del análisis proximal al hollejo del orujo de uva (ver Tabla 1) se observó alto contenidos de fibra y proteínas, características que se pretenden aprovechar con la realización de una galleta dulce de hollejo de uva. La ingestión de fibra está asociada a una variedad de efectos fisiológicos que incluyen incremento en el peso, disminución de los niveles de colesterol, disminución de la respuesta glicémica a los alimentos, efecto en el riesgo de cáncer de colon según lo expuesto por Canett R. y col. (2004). Se ha investigado la incorporación de fibra de varias fuentes en la elaboración de galletas. Así mismo se ha observado que la adición de fibra puede alterar algunas propiedades de los alimentos

como apariencia, sabor y textura. Por lo tanto, el objetivo fue determinar los niveles de adición de cascarilla de orujo de uva en la elaboración de galletas sin alterar el nivel de aceptación así como el valor nutricional.

Se elaboraron galletas con 5 niveles de adición de cascarilla, las cuales fueron sometidas a un análisis sensorial preliminar para poder determinar cual formulación era la de mayor aceptación, dentro de los atributos evaluados estuvo el color, el sabor, el olor, la apariencia y la textura. Después de la aplicación de la prueba de rangos no se obtuvo diferencias significativas entre las muestras y todas se encontraron dentro de los parámetros de aceptación, siendo los rangos de diferencias significativas 85 – 185.

En la Tabla 2, se puede apreciar los resultados después de la aplicación de la prueba de rango.

Tabla 2: Evaluación de atributos en diferentes formulaciones de galletas de hollejo de uva a partir de la prueba de rango.

Característica	Formulación de la galleta				
	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %
Color	39	19	19	32	26
Olor	42	23	19	29	22
Sabor	36	20	18	32	32
Textura	37	18	27	24	24
Apariencia	41	18	20	32	32
Total	195	98	103	149	129

La formulación del 10 % se encuentra por encima del nivel máximo significativo reflejando un mayor nivel de preferencia, por lo tanto se escoge como formulación definitiva. Las formulaciones de 20 %, 30 %, 40 % y 50 % se encuentran dentro del rango de diferencias significativas, lo cual indica que no existen marcadas diferencias de aceptación entre las formulaciones mencionadas (10%>20%>30%>40%>50%). En la Tabla 3 se muestra la formulación definitiva de las galletas elaboradas.

Tabla 3: Formulación de la galleta elaborada con 10 % de adición de hollejo de uva.

Ingredientes	Cantidad (g ± 0,5) g
Harina de trigo	360,0
Harina de hollejo de uva	40,0
Azúcar	150,0
Mantequilla sin sal	200,0
Vainilla	7,5

Análisis químicos de las galletas

En la Tabla 4 se puede observar que el contenido de proteínas presentes en las galletas es un valor nutricional considerable, el nivel de cenizas se encontró por debajo del máximo permitido y el porcentaje de fibra también es importante debido a que estaría contribuyendo en la inclusión de fibra en la dieta normal de una manera



fácil y práctica aprovechando a su vez un subproducto considerado residuo industrial.

Los valores obtenidos se encuentran por debajo de los tomados como referencia, expuestos por Canett R. y col. (2004), quienes obtuvieron 6,5 % de humedad, 8,26 % de proteína, 22,27 % de grasa cruda, 2,35 % de cenizas y 9,78 % de fibra cruda. Dichas discrepancias pueden deberse a la variedad de uva utilizada y a las condiciones climáticas y características de suelo donde fue cultivada la materia prima.

En cuanto al nivel de fibra éste se determinó a partir del método de fibra cruda el cual indica la cantidad de materia soluble e insoluble presente en la muestra mientras que la determinación de fibra detergente neutra indica la cantidad de materia insoluble en el organismo. En la Tabla 5 se puede apreciar los resultados obtenidos para la determinación de fibra total y fibra soluble por los métodos de fibra cruda y fibra detergente neutro.

Análisis microbiológico de las galletas

Como análisis adicional se realizó la carga de aerobios mesófilos y termófilos, dando como resultado una carga de 5×10^1 UFC para los aerobios mesófilos y 0 UFC para los termófilos. Cabe resaltar que esta carga es permitida para los alimentos de consumo humano, tal como se reporta por la normativa Venezolana (COVENIN 1483: 2001) para este tipo de productos.

Caracterización dimensional de la galleta

Después de elaborar la galleta con la formulación definitiva se procedió a caracterizarla dimensionalmente, obteniéndose un valor medio de las características principales, bien consistentes para éste tipo de productos. Las mismas están reflejadas en la Tabla 6:

Tabla 6: Caracterización másica y dimensional de la galleta elaborada a partir del hollejo de uva.

Peso ($P \pm 0,6$) g	Diámetro ($D \pm 0,1$) cm	Espesor ($E \pm 0,04$) cm
5,3	3,9	0,72

Prueba de aceptación

Una vez seleccionada la formulación definitiva se procedió a analizar el nivel de aceptación que presentaba

Tabla 4: Caracterización fisicoquímica realizada a la galleta elaborada a partir del hollejo de uva.

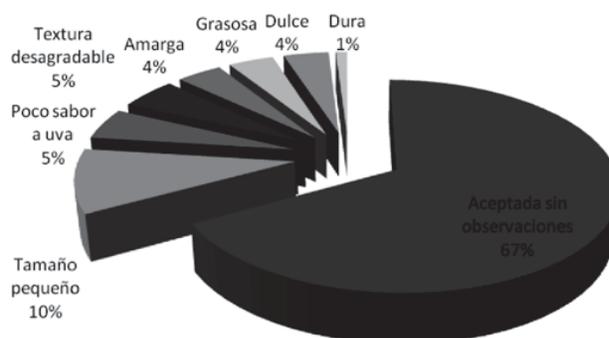
Humedad ($H \pm 0,003$) %	Cenizas ($C \pm 0,002$) %	Grasa ($G \pm 0,004$) %	Proteínas ($P \pm 0,04$) %	Carbohidratos ($Car \pm 0,05$) %
3,494	0,140	24,454	6,11	65,80

Tabla 5: Fibra cruda, fibra detergente neutro y fibra detergente ácida de la galleta elaborada a partir del hollejo de uva.

Característica	Resultado	Proporción (%)
Fibra cruda ($F \pm 0,01$) %	3,12	100,0
Fibra detergente neutro (FDN $\pm 0,02$) %	1,24	39,7
Fibra detergente ácida (FDA $\pm 0,02$) %	1,88	60,3

la galleta en una población superior a la estudiada en la prueba de rangos, para esto se seleccionó un grupo de personas con edades variables comprendidas entre 16 y 60 años, a los cuales después de probar la galleta se les consultó si consideraban la galleta dentro de sus gustos personales como aceptables, siendo la respuesta muy positiva en la mayoría de los casos. Después de procesar las 80 encuestas aplicadas, se obtuvo que el nivel de aceptación del 100 % fue reflejado sólo por el 67 % de los encuestados, mientras que otro 33 % no rechazó la galleta pero criticó algunos aspectos que no influyeron en la aceptación de la misma. Este resultado probablemente se mejore analizando los resultados de aceptación por edad y estrato social de los encuestados. En la Figura 1 se puede apreciar los niveles de aceptación de la galleta considerando el porcentaje de críticas constructivas que existieron.

Figura 1: Nivel de aceptación de la galleta elaborada con hollejo de uva.



Conclusiones

El hollejo del orujo de uva presenta altas cantidades de proteínas y fibra cruda, constituyentes potencialmente utilizables para consumo humano. El nivel de inclusión de hollejo con mayor preferencia fue 10 %, sin mostrar diferencias significativas con las otras formulaciones. La galleta elaborada mostró una aceptación de 67 % sin observaciones del universo de encuestados. Es posible aplicar la tecnología para incorporar la cascarilla de orujo de uva en la elaboración de galletas con características sensoriales aceptables.

**Referencias**

1. Badui, S. (2006). Química de los alimentos. Longman de México Editores. 4ta edición México.
2. Canett, R., Ledezma, A., Robles, R., Sánchez, R., León, L. y León, R. (2004). Caracterización de galletas elaboradas con cascarillas de orujo de uva. Departamento de Investigación y Postgrado en Alimentos. Universidad de Sonora México.
3. Comisión venezolana de normas industriales (COVENIN) Norma N° 1155: 1979 (1979). Determinación de cenizas. Fondonorma, Caracas, Venezuela.
4. Comisión venezolana de normas industriales (COVENIN) Norma N° 1156: 1979 (1979). Determinación de humedad. Fondonorma, Caracas, Venezuela.
5. Comisión venezolana de normas industriales (COVENIN) Norma N° 1194: 1979 (1979). Determinación de fibra cruda. Fondonorma, Caracas, Venezuela.
6. Comisión venezolana de normas industriales (COVENIN) Norma N° 1195: 1980 (1980). Determinación de proteínas. Fondonorma, Caracas, Venezuela.
7. Comisión venezolana de normas industriales (COVENIN). Norma N° 1483: 2001 (2001). Alimentos. Galletas. Fondonorma, Caracas, Venezuela.
8. Comisión venezolana de normas industriales (COVENIN) Norma N° 3178: 1995 (1995). Alimentos. Determinación de fibra detergente neutro. Fondonorma, Caracas, Venezuela.
9. Comisión venezolana de normas industriales (COVENIN) Norma N° 3218: 1996 (1996). Determinación de grasa cruda. Fondonorma, Caracas, Venezuela.
10. De la Vara, R. y Gutiérrez H. (2004). Control estadístico de calidad y seis sigmas. Mc Graw Hill México. 1era edición.
11. Larrañaga, I., Carballo, J., Rodríguez, M. y Fernández J. (1997). Control e higiene de los alimentos. Mc Graw Hill México. 2da edición.
12. Mackey, A., Flores, I. y Sosa, M (1984). Evaluación sensorial de los alimentos. Ediciones Ciepe. 2da edición.
13. Mafart, P. y Beliard, E. (1994). Ingeniería industrial alimentaria. Editorial Acribia. Zaragoza España.
14. Manrique, J. y Callata, M. (2005). Evaluación técnico-económica del aprovechamiento de la semilla de mango (*Mangifera indica* L) como materia prima para la elaboración de productos alimenticios. Ingeniería Química Universidad de Carabobo.
15. Sandoval, N. (1995). Estudio de orujo de uva como posible fuente de fibra dietaria para consumo humano. Tesis de Licenciatura. Universidad de Sonora. México.
16. Sánchez, O. (2008). Las partes de la uva. Disponible en: <http://www.parasaber.com/vinos.htm>. Consultado en marzo de 2008.
17. Segura, F., Echeverry, R., Patiño, A. y Mejía, A. (2007). Descripción y discusión acerca de los métodos de análisis de fibra y el valor nutricional de forrajes y alimentos para animales. Seielo, vol. 14, fasc. 1. Medellín.
18. Valor, O. (2008). Entrevista Personal. Instituto Nacional de la Uva. El Tocuyo. Venezuela.



Extracción y caracterización del aceite de la semilla de uva (criolla negra)

Alberto Mieres Pitre, Adrian Andrade, Ledyamil García y Peggy Londoño
Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.
peggylondono@hotmail.com, albertopitre@gmail.com

Resumen

En la producción de vinos se obtienen residuos de semilla de uva y hollejo, los cuales son desperdicios del proceso de vinificación. En este trabajo se extrajo y caracterizó el aceite de la semilla de uva, proveniente de dicho proceso. La extracción se llevó a cabo, a nivel de laboratorio, en un equipo Soxhlet utilizando hexano como solvente extractor, a una temperatura constante de 70 °C (343 K). Los factores analizados en el diseño fueron tamaño de partícula, tiempo de extracción y masa de semilla; seleccionándose 3 niveles por cada factor; originándose un total de 27 corridas experimentales. Una vez extraído el aceite, se caracterizó fisicoquímicamente y se encontró a partir de cromatografía de gases la composición de ácidos grasos. Posteriormente, se analizó la estabilidad oxidativa del aceite crudo de la semilla de uva comparándola con la estabilidad oxidativa del aceite de oliva, empleando pruebas aceleradas para su determinación. Se encontró que la variable con mayor influencia en el proceso de extracción fue el tamaño de partícula; el aceite presentó mayor porcentaje de ácido linoleico, ácido graso esencial omega 6 y gran estabilidad oxidativa, al ser comparada con el aceite de oliva utilizada como patrón. Los resultados de las pruebas de identidad del aceite se encontraron cercanos a los reportados para el aceite refinado de la semilla de uva, mientras que las pruebas de calidad superaron los valores de referencia.

Palabras clave: semilla de uva, extracción de aceite, estabilidad oxidativa.

Oil extraction and characterization of grape seed (Black Creole)

Abstract

In the production of wines obtained from grape seed waste and waste which are skins of winemaking. In this work, oil extracted and characterized grape seed from this process. The extraction was take at laboratory level in an Soxhlet equipment using hexane like solvent, to a constant temperature of 70 °C (343 K). The factors analyzed in the design were a particle size, extraction time and seed mass; is being selected 3 levels by every factor; originating a whole of 27 experimental runs. Once extracted the oil was characterized physical and chemically and was found the composition of oily acids from of gas chromatography. Later was analyzed the oxidative stability of the raw oil of the grape seed comparing it with the oxidative stability of the olive oil, using accelerated tests for its determination. Was found that the variable with major influence in the process of extraction was the particle size; the oil shows major percentage of linoleic acid, oily acid essential omega 6; the grape oil shows great oxidative stability to being compared with the olive oil used as standard. The results of the identity tests of the oil were nearby the reported bibliographical for the refined oil of the grape seed in the Codex Alimentarius, whereas the qualities tests overcame the bibliographical values.

Key words: grape seed, oil extraction, stability.

Introducción

La variedad Criolla Negra es un híbrido nativo entre las variedades *Vitis vinífera* y *Vitis caribaea*, cultivada en la estación experimental de Tarabana en Cabudare estado Lara, con un clima de escasa nubosidad, alta insolación, que alcanza hasta 6,5 h diarias y poca pluviosidad, con un promedio de precipitación anual de 585 mm. Este híbrido es utilizado para la elaboración de sangrías y también, como portainjertos para otras variedades cultivadas en la estación experimental del instituto de la uva, en El Tocuyo estado Lara. Mide aproximadamente 1 cm y posee un promedio de cuatro semillas por bayas y el racimo es piramidal, Valor, O. (2008). El orujo de uva es un subproducto que se obtiene del proceso de vinificación, el cual consiste en someter al fruto a un proceso de extracción del jugo, que junto con la pulpa y cascarilla, se depositan en tanques de fermentación, se separa el jugo fermentado de toda la materia sólida que lo acompaña y por un lado, se obtiene el jugo que pasa a destilación y por otro, el orujo de uva, el cual está

constituido, en peso, por un 45% de cascarilla u hollejo, 30% de semillas y 25% de palillos. Se estima que el orujo constituye el 12% del peso de la uva fresca y presenta un contenido de humedad del 65%, Fantozzi, P. y Betschart, A (1981). Una vía alternativa de aprovechamiento consiste en la extracción del aceite contenido en las pepitas o semillas de uva. Estudios realizados demuestran que, independientemente de la variedad de uva utilizada, el aceite extraído posee buenas cualidades organolépticas y fisicoquímicas para el consumo del hombre, Rubio, M., et all (2007). Entre las ventajas que posee el consumo de aceite de la semilla de uva, es la capacidad que tiene de elevar el colesterol bueno HDL y bajar el colesterol malo LDL, esto es atribuido al alto contenido en ácido linoleico (omega 6). Reduce la agregación plaquetaria, ayuda a prevenir la hipertensión y a normalizar las lesiones causadas por la diabetes y la obesidad. Dentro de los compuestos activos de la semilla de uva, se pueden encontrar abundantes polímeros derivados de catequina



y epicatequina, denominados procianidinas, estos tienen un gran valor farmacéutico por su actividad antioxidante para el cuidado y conservación de la piel, Guerra, E. y Zúñiga, M (2003).

El orujo de uva, actualmente en Venezuela, es utilizado para la realización de compostaje subestimando los potenciales del residuo, Valor, O (2008), por ésta razón, se evaluó el proceso de extracción de aceite proveniente de la semilla y así determinar la factibilidad de aprovechar parte de éste subproducto en la industria alimenticia y en la elaboración de nuevos productos.

Materiales y Métodos

Materia prima: La variedad de uva utilizada es la Criolla Negra, un híbrido nativo entre las variedades *Vitis vinifera* y *Vitis caribaea*, cultivada en Tarabana, Barquisimeto, estado Lara, una vez que la uva alcanza el punto óptimo de maduración de 18 a 20 °Brix y 10% de acidez, se corta y se lleva al instituto de la uva, en donde es prensada para la elaboración de sangrías. El residuo proveniente del prensado, obtenido de la cosecha del mes de noviembre del año 2008, fue el utilizado para la realización de ésta investigación.

Métodos analíticos: Los análisis fisicoquímicos, realizados al aceite de la semilla de uva, se efectuaron siguiendo los métodos descritos en la norma venezolana para aceites y grasas vegetales, Norma general COVENIN 30:1997, para realizar la determinación del perfil de ácidos grasos.

Extracción del aceite: Para llevar a cabo el proceso de extracción, primero se seleccionaron los factores y niveles del diseño, escogiéndose la masa de semilla alimentada, el tiempo de extracción y el tamaño de partícula como factores ya que son las variables influyentes en el proceso de extracción. Para la selección de niveles se consideraron los siguientes aspectos: disponibilidad de materia, efectividad del tamizado y tiempo, estableciéndose tres niveles para cada factor.

Se decidió analizar las variables independientes siguiendo un diseño multifactorial 3k de efectos cruzados, donde k representa los factores seleccionados y el 3 los niveles fijados para cada uno de ellos. Se realizaron tres réplicas para cada experimento de la extracción, lo cual permitió estimar errores y corroborar datos. En total, se realizaron 27 experimentos.

Una vez separadas la totalidad de las semillas del resto de los componentes del orujo de uva, se colocaron a la luz del sol durante 72 h para la eliminación de la humedad. La molienda de la semilla se realizó mediante el uso de un molino mecánico "The Straub Co". PHILA PA. DODEL 4E, del cual se obtienen diferentes tamaños de partículas. Luego del secado y la reducción del tamaño de la semilla, se procedió a realizar la selección

de tamaños para la extracción usando una batería de tamices; el método consistió en tomar seis cedazos más un plato recolector y colocarlos en serie, uno sobre el otro. El cedazo de mayor abertura se colocó en la parte superior y el resto, de menor abertura, se colocó en forma descendente, uno debajo del otro y por último, el plato colector. Una vez definido el diseño, se realizaron todas las corridas experimentales para la obtención del aceite. Para la extracción del aceite se utilizó un equipo Soxhlet, variando el tiempo en 3 h, 5 h y 7 h, el tamaño de partícula en 250 μm ., 500 μm . y 850 μm , y la masa alimentada entre 7 g, 10 g y 13 g. Una vez concluidas las corridas experimentales, se calculó el rendimiento de la extracción empleando la ecuación 1:

$$R = \frac{m_{\text{bil}} - m_{\text{v}}}{m_{\text{M}}} * 100 \quad (1)$$

Donde:

R: rendimiento del proceso de extracción (%).

m_{bil} : masa del balón lleno de aceite (g).

m_{bv} : masa del balón antes de la extracción (g).

m_{M} : masa de semilla adicionada al dedal (g).

Luego, cada uno de estos resultados, se sometió a un análisis estadístico, utilizando el software estadístico Minitab 13.0. Para la caracterización fisicoquímica del aceite obtenido, se utilizaron los métodos oficiales expuestos en la norma general de grasas y aceites COVENIN 30:1997.

Para realizar la evaluación del contenido de ácidos grasos, se utilizó un cromatógrafo de gases HP, modelo 5890. Este equipo posee un detector de ionización a la llama y una columna capilar del tipo HP-FFAP, el cual tiene 25 m de longitud, 0,20 mm de diámetro interno y un espesor de película de 0,33 μm . Se utilizó como gas de arrastre nitrógeno (N_2) y un flujo de 80 mL/min. El gradiente de temperatura fue de 140 a 180 °C, con una velocidad de calentamiento de 1 °C/min. Se inyectó 1 μL de muestra y, bajo las mismas condiciones, se inyectaron los patrones de ésteres de los ácidos grasos. La composición de los ácidos grasos del aceite, se obtiene por medio de las áreas bajo la curva correspondientes a cada éster.

La evaluación de la estabilidad del aceite se realizó basándose en la medición del índice de acidez e índice de peróxidos en función del tiempo, por un lapso de 5 h, para el aceite extraído de la semilla de uva (I) y el aceite de oliva prensado en frío (II), utilizado como patrón. La medición de éstos índices se llevó a cabo a una temperatura constante de 85 °C (358 K).

Resultados y Discusión

Para el estudio de los datos obtenidos a través del programa estadístico, se hace necesario el planteamiento



de una hipótesis estadística, la cual, implícitamente, se define al momento de seleccionar la masa de la semilla, el tamaño de partícula y el tiempo de extracción como variables de estudio en el proceso. De esta manera se establece la hipótesis verdadera (HV), en la cual se afirma que dichas variables influyen en el rendimiento de la extracción de aceite y la hipótesis nula (HN) indica lo contrario.

Si se consideran los factores de Fisher (F) para cada una de las variables estudiadas por separado, se comprueba que para todas las variables el factor de Fisher experimental (F_{EXP}) es mayor que el factor de Fisher teórico (F_{TEO}); pero, se escoge el tamaño de partícula como la variable con mayor influencia sobre el proceso de extracción, ya que presenta un factor de F_{EXP} muy superior y desviado del F_{TEO} (4,98). Tanto la masa de semilla como el tiempo de extracción son variables con menor influencia, pero, igualmente significativas. Se verifica, a través de los valores de P y F, que existe interacción entre la masa de la semilla y el tamaño de partícula, siendo, igualmente, influyente y significativa su interacción en el proceso de extracción, incluso, en mayor proporción que la existente si se considera la variable masa de la semilla y tiempo de extracción por separado. Las condiciones de operación más adecuadas para la extracción de aceites, son aquellas que involucre menor tamaño de partícula (250 μ m), independientemente de la cantidad de masa de semilla y del tiempo de extracción, ya que no existe una diferencia relevante en el porcentaje de rendimiento para estas variaciones.

Los resultados del rendimiento (16%) son cercanos a lo reflejado por trabajos de investigación anteriores. Por ejemplo, Göktürk N. y col. (2007) determinaron que la concentración de aceites de la semilla de uva, oscilaba entre 12,35% y 16%, lo cual se verificó durante la realización de esta experimentación, cuyos valores están comprendidos entre 9% y 13%. En la Tabla 1 se muestran los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados al aceite de la semilla de uva, a partir de los requisitos de identidad. La densidad del aceite de la semilla de uva a 20 °C, medida con respecto a la densidad del agua a 20 °C, se encuentra bastante aproximada al rango establecido en la norma para el aceite crudo para semilla de uva (0,920 – 0,926).

El índice de refracción del aceite de la semilla de uva se encontró dentro del rango (1,4670 – 1,4770) para las temperaturas de 25 °C y 40 °C (298 y 313 K). Comparando con el rango reportado en la norma venezolana general para aceites vegetales comestibles, los índices a las diferentes temperaturas se encuentran dentro de los rangos establecidos. Para 25 °C (1,463 – 1,476), para 40 °C (1,457 – 1,470) y para 60 °C (1,441 – 1,462). De igual manera, los resultados obtenidos para la semilla de uva concuerdan con los obtenidos (1,460 – 1,466) por Göktürk N. y col. (2007).

Tabla 1: Requisitos de identidad y calidad del aceite de la semilla de uva.

Característica fisicoquímica	Unidades	Valor
Densidad relativa ($\rho_R \pm 0,00004$)	Adim.	0,90654 ^{20°C}
Índice de refracción ($I_R \pm 0,0005$)	Adim.	1,4732 ^{25°C}
		1,4681 ^{40°C}
		1,4614 ^{60°C}
Índice de saponificación ($I_S \pm 1$)	mg KOH/1 g	233
Índice de yodo ($I_I \pm 0,4$)	cg I ₂ /g	105,0
Color	UA UR UAZ	Amarillo : 70
		Rojo : 6
		Azul : 9
Índice de acidez ($I_A \pm 0,08$)	mg KOH/1 g	65,36
Índice de peróxidos ($I_P \pm 2$)	meq O ₂ /kg	44

El índice de saponificación del aceite de la semilla de uva indica la gran capacidad de saponificación que éste posee, el cual excede el máximo exigido por la norma venezolana general para aceites vegetales comestibles (180,0 – 210,0). Teóricamente, el índice de saponificación para este aceite se encuentra comprendido entre (188,0 – 194,0), el valor experimental se encuentra por encima del máximo establecido, lo cual indica la presencia del alto porcentaje de ácidos grasos libres. El índice de yodo para el aceite de la semilla de uva se encuentra desviado del valor reportado (128,0 – 150,0), lo cual indica una menor presencia de ácidos grasos, debido a que este índice es una medida de los ácidos grasos libres. Esta divergencia se debe al proceso de oxidación que sufre el aceite ya que tiene, teóricamente, un índice alto como el mencionado, favoreciéndose mucho más el proceso de oxidación de lípidos, debido a que los dobles enlaces son propensos a reaccionar con el oxígeno y así, formar peróxidos. Según la norma venezolana general para aceites vegetales comestibles, el rango para el índice de yodo está comprendido entre (56,0 – 145,0), lo cual aplica para el aceite en estudio.

También, se muestran los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados al aceite de la semilla de uva a partir de los requisitos de calidad. El color del aceite, para las unidades de amarillo y rojo, se encuentran dentro de lo exigido mientras que se encuentran un poco elevadas las unidades de azul. Es de vital importancia hacer notar que, el patrón de referencia es el aceite de semilla de uva refinado, por lo tanto, es de esperarse que los valores sean superiores para el aceite crudo, esto debido a la posible oxidación de los ácidos grasos del aceite, por las altas temperaturas en el proceso de extracción usando el equipo Soxhlet o al tiempo y condiciones de almacenamiento. Además de esto, se realizó la determinación de color de saponificación, arrojando los siguientes resultados: Amarillo (70 UA), Rojo (13 UR) y Azul (14 UAZ); los valores se encuentran desviados de lo reportado en el Manual de Grasas y Aceites 1997, para el aceite de semilla de uva, pero aún así, son características



controlables dentro de la industria jabonera a través del proceso de refinación de la grasa.

La acidez y el índice de acidez del aceite de la semilla de uva, se encuentran muy superiores al nivel exigido, de acuerdo a la norma venezolana general para aceites vegetales comestibles, cuyos valores oscilan entre (2,0 – 1,0), respectivamente. Este valor tan alto del índice de acidez, se debe al alto contenido de ácidos grasos libres presentes en el aceite, los cuales son los responsables de la oxidación de lípidos en el aceite y por lo tanto, contribuyen a la rancidez del mismo. Estos ácidos grasos libres se han formado por cadenas de ácidos grasos hidrolizadas desde la estructura básica del triglicérido. El proceso de extracción por solvente favorece la descomposición de las cadenas de triglicéridos debido al calor, lo cual da origen a una mayor cantidad de ácidos grasos libres, además de esto, el método de separación del aceite y el solvente involucra presencia de calor y contacto con oxígeno, lo cual ocasiona el mismo efecto, afectando en cierta medida la calidad del aceite obtenido, Larrañaga y col, 1997.

El índice de peróxidos obtenido para el aceite de la semilla de uva, no se encuentra dentro de las especificaciones de la norma venezolana general para aceites vegetales comestibles, ya que ella estipula que este debe encontrarse en un rango de (2,0 – 5,0), tampoco cumple con lo establecido (máx. 10). Para este caso, el índice de peróxidos resultó (44 ± 2) mg KOH/g, lo que indica que el aceite ha sufrido un acelerado proceso de oxidación, lo cual concuerda con lo descrito anteriormente y sugiere una marcada oxidación de los ácidos grasos insaturados presentes en el aceite.

Los resultados obtenidos de la composición en ácidos grasos libres fue: palmítico (9,3126%), esteárico (5,9768%), oleico (15,3157%), linoleico (67,0422%), y una fracción de 2,3526% de compuestos no identificados.

Los valores del contenido en los distintos ácidos grasos analizados, se encuentran dentro de los intervalos reportados por la normativa, palmítico (5,5 % – 11,0 %), esteárico (3,0 % - 6,5 %), oleico (12,0 % - 28,0 %) y linoleico (58,0 % - 78,0 %). El aceite obtenido posee un elevado contenido en ácido linoleico (omega 6), un ácido graso esencial en la dieta humana, ya que no se sintetiza en las células y debe ser ingerido a través de la alimentación. Los valores del índice de acidez y peróxidos, inicialmente, se encontraron bastante elevados debido a la degeneración que sufre el aceite por la presencia de altas temperaturas en el proceso de extracción. El aceite de uva, debido al alto porcentaje de ácidos grasos insaturados, presenta una gran tendencia a formar radicales libres; estos radicales reaccionan con el oxígeno y forman gran cantidad de peróxidos lipídicos; estos peróxidos se rompen en varias etapas formando una amplia variedad de productos de descomposición,

entre los cuales se pueden mencionar los aldehídos, las cetonas, furanos y ácidos carboxílicos; dichos productos son los responsables del enranciamiento de los aceites y grasas tal como lo expone Larrañaga y col, 1997.

La medición de los índices de acidez y peróxidos se realizó durante un período de 5 h, tanto para el aceite de la semilla de uva como para el aceite de oliva usado como patrón. En la Tabla 2 se puede observar los resultados obtenidos de índices de acidez y peróxidos en el tiempo de estudio.

Tabla 2: Estabilidad del aceite de la semilla de uva y del aceite de oliva a partir de la medición del índice de acidez y peróxidos en función del tiempo.

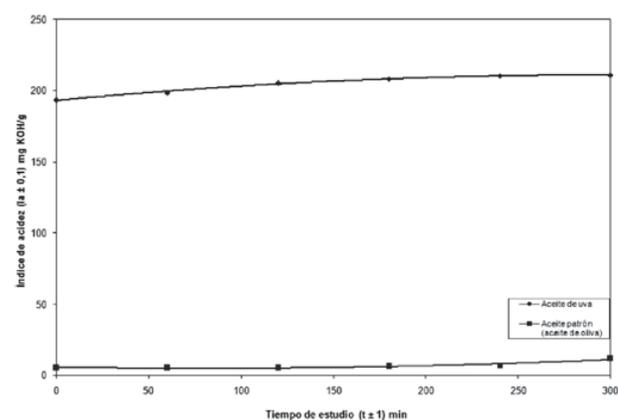
Tiempo de evaluación (Te \pm 1) min	Índice de acidez (I _A \pm 0,08) mg KOH/g		Índice de peróxidos (I _P \pm 2) meq O ₂ /kg	
	I	II	I	II
0	193,38	5,35	44	9
60	198,43	5,14	50	30
120	205,32	5,26	57	31
180	208,20	6,42	63	39
240	210,43	7,07	65	43
300	210,94	11,72	72	47

I: Aceite de semilla de uva

II: Aceite de oliva prensado en frío

Tal como se puede apreciar en dicha tabla, los valores de los índices de acidez y peróxidos no presentan variaciones significativas o grandes fluctuaciones en el tiempo sometidos a calentamiento, lo cual es un indicativo de la estabilidad de ambos aceites frente a la oxidación de sus ácidos grasos, dicho comportamiento se puede apreciar con mayor claridad en las Figuras 1 y 2.

Figura 1: Índice de acidez del aceite de la semilla de uva y del aceite de oliva en función del tiempo.

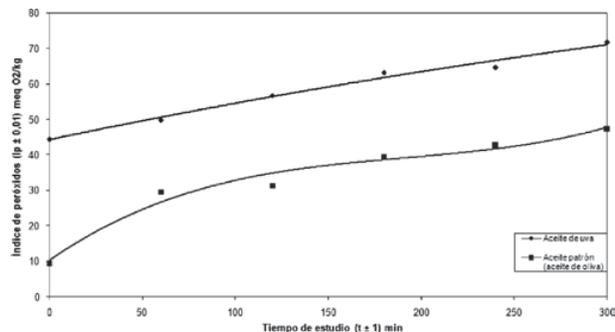


La diferencia tan grande que existe en el índice de acidez y peróxidos entre ambos aceites es debido, principalmente, a los métodos de obtención de los mismos; cabe resaltar que, el aceite de oliva utilizado como patrón, se obtuvo a través de prensado en frío, por lo tanto, no fue sometido a ningún tratamiento térmico; además de esto, es un aceite comestible ya refinado,



proceso en el cual se eliminan los ácidos grasos libres presentes en el aceite, por lo tanto, es lógico que los valores sean mucho menores que para el aceite crudo de la semilla de uva.

Figura 2: Índice de peróxidos del aceite de la semilla de uva y del aceite de oliva en función del tiempo.



Conclusiones

La variable que afectó en mayor proporción el rendimiento del proceso de extracción de aceite de la semilla de uva, fue el tamaño de partícula. Los índices de yodo, de saponificación al igual que la acidez y peróxidos, son una medida de los ácidos grasos insaturados del aceite. El valor del índice de saponificación sugiere el uso de este aceite en la industria química. El aceite de la semilla de uva se oxida fácilmente favorecido por el contenido de ácidos grasos insaturados, poliinsaturados y por el aumento de temperatura. Para obtener un aceite con baja rancidez es necesario extraerlo por un método en el que no sea sometido a calentamiento, como por ejemplo, prensado en frío. Aunque es un procedimiento sencillo y ya muy conocido la obtención de estos aceites y su gran importancia, el trabajo representa un interesante e importante aporte científico-tecnológico en los bioactivos en la naturaleza.

Referencias

- Valor, O (2008). Comunicación personal sobre la variedad de uva donada por el Instituto Nacional de la Uva, sistema de plantación, explicación del proceso, entre otras cosas. Instituto Nacional de la Uva. El Tocuyo Venezuela.
- Fantozzi, P. y Betschart, A (1981). Grape seed: potential source of protein. *Journal Am oil chem soc.*
- Rubio, M., et all (2007). Caracterización del aceite de semilla procedente de distintas variedades de uva. II. Composición en ácidos grasos y esteroides. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos (ETSIA). Albacete España.
- Guerra, E. y Zúñiga, M (2003). Tratamiento enzimático en la extracción de aceite de pipa de uva, *Vitis vinifera*, por prensado en frío. *Grasas y aceites*, vol. 54, fasc. 1. Chile.

Comisión venezolana de normas industriales (COVENIN) (1997). Norma N° 30. Aceites y grasas vegetales. Norma general. Fondonorma, Caracas, Venezuela.

Gokturk, B., Oskan G. y Sema E (2007). Resumen de caracterización de extractos de aceite de orujo y pepita de uva. Universidad de la Rioja.

Larrañaga, I., Carballo, J., Rodríguez, M. y Fernández J (1997). Control e higiene de los alimentos. Mc Graw Hill México. 2da edición.



Determinación de las características de calidad del producto en una empresa de fabricación de perfiles de PVC

Díaz Andreina y Mieres Pitre Alberto
Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Valencia – Venezuela.
andreina.diazp@gmail.com, albertopitre@icnet.com

Resumen

En Venezuela, actualmente, existe un déficit habitacional, por lo que el gobierno nacional creó, en el año 2007, la empresa de producción social PETROCASA, cuya misión es sustituir ranchos por viviendas dignas. Las casas de PVC, ofrecen una serie de características que generan beneficios para los usuarios y el sector de la construcción, definidas como dimensiones de calidad del producto, las cuales no han sido definidas. Es por ello que, este estudio tiene como objetivo la determinación de las características de calidad del producto de la empresa Petrocasa, a través del empleo de la escala SERVQUAL, utilizando como muestra el proyecto piloto OCV “La Coromoto” bajo un muestreo estratificado. Del análisis de los resultados obtenidos en la escala SERVQUAL, en lo que respecta a aspectos tangibles, se observan desviaciones de $(0,22 \pm 0,03)$, para fiabilidad de $(0,19 \pm 0,02)$, en sensibilidad $(0,21 \pm 0,03)$, en seguridad $(0,63 \pm 0,08)$ y en empatía $(0,253 \pm 0,03)$. Considerando que la desviación estándar da una referencia de la dispersión de los datos respecto a la media, se concluye que el producto de PETROCASA posee, como características de calidad asociadas a la escala SERVQUAL, aspectos tangibles, empatía, fiabilidad y sensibilidad, sin embargo, en el aspecto de seguridad, se observan valores de dispersión más amplios que tienen mucho que ver con problemas internos de la organización. Como principal recomendación se tiene: generar las descripciones de los diferentes cargos existentes en el organigrama para evitar afectar la calidad de servicio entre las diferentes etapas productivas.

Palabras clave: Características de calidad, SERVQUAL, muestreo estratificado, PVC (Poli(cloruro de Vinilo) – Vinilen 140), PETROCASA, Perfiles de PVC.

Quality characteristics determination of the product in a factory manufacturer of PVC profiles

Abstract

Currently, there is a housing deficit in Venezuela, so the national government established, in 2007, the social production company called PETROCASA whose mission is to substitute hovels for dignified houses. The PVC hoses offer a series of characteristics which generate benefits for their users and the construction sector defined as quality dimensions which have not already been determinate. For that reason, the aim of this study is to determine the quality characteristics of the product of PETROCASA Company making use of SERVQUAL scale using as sample the pilot project OCV “La Coromoto” under a stratified sampling. Deviations of $(0,22 \pm 0,03)$, for reliability of $(0,19 \pm 0,02)$, for sensibility $(0,21 \pm 0,03)$, for security $(0,63 \pm 0,08)$, and for empathy $(0,253 \pm 0,03)$ were obtained from the analysis of the results obtained from SERVQUAL scale with respect to tangible aspects. Considering that the standard deviation shows a reference of the data dispersion regarding the mean, it can be concluded that the PETROCASA product has, as quality characteristics associated to SERVQUAL scale, tangible aspects like: empathy, reliability and sensibility; nevertheless, regarding the security aspects, wider values of dispersion that have to do with internal organization problems are observed. As main recommendation, descriptions of the different positions established in the organizational chart have to be generated to avoid affecting the quality service between the different productive stages.

Key words: characteristics of quality, SERVQUAL, stratified sampling, PVC, satisfaction of users.

Introducción

A raíz del déficit habitacional existente en el país, en el año 2007 nace Petrocasa como empresa de producción social, cuya misión es sustituir ranchos por viviendas dignas, construidas con perfiles de PVC (Poli(cloruro de Vinilo)). Sin embargo, por la premura con que se requería el arranque de las operaciones productivas de la planta, hasta los momentos no se han realizado estudios donde se identifiquen las características de calidad del producto, desde el punto de vista de desempeño del mismo en cuanto a satisfacción o cumplimiento de las expectativas del cliente. Inicialmente, el proyecto está orientado a satisfacer la demanda habitacional de sectores de escasos recursos económicos, pero, una vez cubierto dicho sector, es importante identificar las bondades del producto; es por ello que, este estudio se

basa en la determinación de las características de calidad del producto terminado ofrecido por la empresa, a fin que la organización pueda establecer mejoras operativas que eleven el posicionamiento del producto en el mercado y permita el desarrollo de nuevos productos, orientados a clientes más exigentes (con expectativas más amplias en cuanto a desempeño del producto), como hicieron Fernández y Zhakia (2003), quienes desarrollaron un nuevo método de medición de calidad del almidón agrio de la yuca, generando así un nuevo aporte para el sector agroindustrial y una nueva escala de grados de calidad de almidón agrio.

Metodología

De acuerdo con los objetivos, el trabajo de investigación es de tipo explicativo, ya que evaluará las



características de calidad percibidas por los operarios del proceso y el consumidor final, a fin de unificar ambos resultados y finalmente, establecer las características de calidad del producto. Por otro lado la investigación que se va a realizar es de campo extensiva, ya que se hará la recolección de datos, sin modificar ninguno de los factores asociados a la percepción de calidad de los operarios del proceso y del consumidor final del producto.

Para el análisis de las características de calidad del producto de la empresa petrocasa, se empleó como población el proyecto piloto OCV “La Coromoto”, en el cual habita un total de (200) familias. Sin embargo, considerando la situación socioeconómica de todos los habitantes de la comunidad y que todos perciben el mismo beneficio y están disfrutando del producto bajo estudio, se emplea una muestra estratificada con un 95% de probabilidad y un 10% de error, a partir de la población. Una vez determinada la muestra, como muestran las ecuaciones 1 y 2, se procede a la aplicación del cuestionario SERVQUAL, comparando la empresa con organizaciones consideradas excelentes (buenos acabados, tiempos de entrega de acuerdo a convenios establecidos con el comprador, buen trato al público, entre otras) dentro del sector inmobiliario y que no se nombran por exigencias de la organización, como se muestra en las tablas 1, 2, 3, 4 y 5 para la determinación de las dimensiones de calidad del producto, evaluando los aspectos tangibles (tabla 1), fiabilidad (tabla 2), sensibilidad (tabla 3), seguridad (tabla 4) y empatía (tabla 5), asociados al producto bajo estudio.

Tabla 1: Evaluación de aspectos tangibles – Escala SERVQUAL.

	1	2	3	4	5
Las empresas excelentes tienen equipos de apariencia moderna.					
Los equipos de Petrocasa, tienen la apariencia de ser modernos					
Las instalaciones físicas de las empresas excelentes son visualmente atractivas.					
Las instalaciones físicas de Petrocasa, son visualmente atractivas					
Los empleados de las empresas excelentes tienen apariencia pulcra					
Los empleados de Petrocasa, tienen apariencia pulcra					
En una empresa excelente, los elementos materiales relacionados con el servicio (folletos, estados de cuenta, etc) son visualmente atractivos.					
Los materiales relacionados con el servicio que utiliza Petrocasa (folletos, estados de cuenta, etc), son visualmente atractivos					

Tabla 2: Evaluación de fiabilidad – Escala SERVQUAL.

	1	2	3	4	5
Cuando las empresas excelentes prometen hacer algo en cierto tiempo, lo hacen.					
Cuando en Petrocasa prometen hacer algo en cierto tiempo, lo hacen.					
Cuando un cliente tiene un problema, las empresas excelentes muestran un sincero interés en solucionarlo					
Cuando usted tiene un problema con Petrocasa, muestran un sincero interés en solucionarlo.					
Las empresas excelentes realizan bien el servicio a la primera					
En Petrocasa realizan bien el servicio a la primera					
Las empresas excelentes concluyen el servicio en el tiempo prometido					
En Petrocasa concluyen el servicio en el tiempo prometido					
Las empresas excelentes insisten en mantener registros exentos de errores.					
En Petrocasa, insisten en mantener registros exentos de errores.					

Tabla 3: Evaluación de sensibilidad - Escala SERVQUAL.

	1	2	3	4	5
En una empresa excelente, los empleados comunican a los clientes cuándo concluirá la realización de un servicio.					
Los empleados de Petrocasa, informan con precisión a los clientes cuándo concluirá la realización de un servicio					
En una empresa excelente, los empleados ofrecen un servicio rápido a sus clientes					
Los empleados de Petrocasa, le sirven con rapidez					
En una empresa excelente, los empleados siempre están dispuestos a ayudar a los clientes					
Los empleados de Petrocasa, siempre están dispuestos a ayudarles					
En una empresa excelente, los empleados nunca están demasiado ocupados para responder a las preguntas de los clientes					
Los empleados de Petrocasa, nunca están demasiado ocupados para responder a sus preguntas					

Tabla 4: Evaluación de seguridad – Escala SERVQUAL.

	1	2	3	4	5
El comportamiento de los empleados de las empresas excelentes transmite confianza a sus clientes					
El comportamiento de los empleados de Petrocasa, le transmite confianza.					
Los clientes de las empresas de excelentes se sienten seguros en sus transacciones con la organización					
Usted se siente seguro en sus transacciones con Petrocasa					
En una empresa excelente, los empleados son siempre amables con los clientes					
Los empleados de Petrocasa, son siempre amables con usted					
En una empresa excelente, los empleados tienen conocimientos suficientes para responder a las preguntas de los clientes					
Los empleados de Petrocasa, tienen conocimientos suficientes para responder a las preguntas que les hace					



Tabla 5: Evaluación de empatía – Escala SERVQUAL.

	1	2	3	4	5
Las empresas excelentes dan a sus clientes una atención individualizada					
En Petrocasa le dan una atención individualizada					
Las empresas excelentes tienen horarios de trabajo convenientes para todos sus clientes					
En Petrocasa tienen horarios de trabajo convenientes para todos sus clientes					
Una empresa de excelente tiene empleados que ofrecen una atención personal a sus clientes					
Los empleados de Petrocasa, le dan una atención personal					
Las empresas excelentes se preocupan por los mejores intereses de sus clientes					
En Petrocasa se preocupan por sus mejores intereses					
Los empleados de las empresas excelentes, comprenden las necesidades específicas de sus clientes.					
Los empleados de Petrocasa comprenden sus necesidades específicas					

$$N_0 = (Z/\epsilon)^2 \times p \times q \tag{1}$$

$$n = [N_0 / (1 + N_0/N)] \tag{2}$$

Donde:

N₀: Cantidad teórica de elementos de la muestra.

n: Cantidad real de elementos de la muestra a partir de la población asumida o de los estratos asumidos en la población.

N: Número total de elementos que conforman la población, o número de estratos totales de la población.

Z: Valor estandarizado en función del grado de confiabilidad de la muestra calculada. ε: Error asumido en el cálculo.

q: probabilidad de la población que no presenta las características.

p: Probabilidad de la población que presenta las características. Dicho de una forma más comprensible, es la probabilidad que tiene la muestra en poseer las mismas cualidades de la población (homogeneidad):

Donde p + q = 1 (Probabilidad máxima); p = 1 – q

La comunidad seleccionada para aplicación de la herramienta SERVQUAL, fue el proyecto piloto O.C.V “La Coromoto”, el cual es el único proyecto oficialmente culminado e inaugurado, con un total de (200) familias. Sin embargo, considerando la situación socioeconómica de todos los habitantes de la comunidad y que todos perciben el mismo beneficio y están disfrutando del producto bajo estudio, se empleó una muestra estratificada a partir de la población seleccionada, estableciendo un 95% de probabilidades y un error de 10%, como indican las ecuaciones 1 y 2, dando como resultado tres (03) bloques de viviendas, conformados cada uno por dos (02) cuadras de diez (10) casas cada cuadra, que representa

el 30% del total de la población y que son sesenta (60) familias.

Una vez obtenidos los resultados de las entrevistas, se evaluaron los resultados obtenidos a través de diagramas de dispersión, con el fin de determinar la relación calidad percibida versus expectativas y poder plantear mejoras operativas que eleven dicho nivel de satisfacción.

La evaluación de los diferentes aspectos que considera la escala SERVQUAL, se basará en la escala de evaluación que se describe a continuación:

1: Total desacuerdo, 2: En desacuerdo, 3: Ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4: De acuerdo, 5: Totalmente de acuerdo.

Resultados

Del análisis de los resultados obtenidos en la escala SERVQUAL, en lo que respecta a aspectos tangibles, se observan desviaciones de (0,22 ± 0,03) (figura 1), para fiabilidad de (0,19 ± 0,02) (figura 2), en sensibilidad (0,21 ± 0,03) (figura 3), en seguridad (0,63 ± 0,08) (figura 4) y en empatía (0,253 ± 0,03) (figura 5).

Figura 1: Evaluación de aspectos tangibles aplicando la escala SERVQUAL.

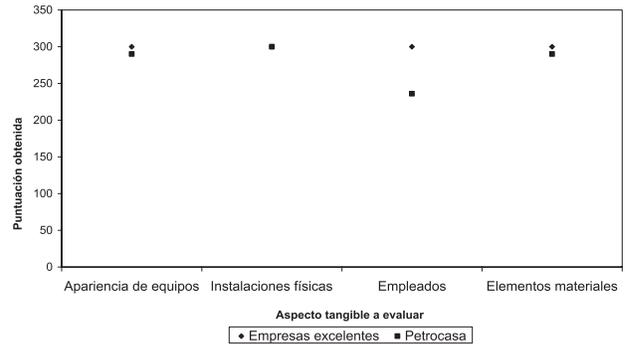


Figura 2: Evaluación de fiabilidad aplicando la escala SERVQUAL.

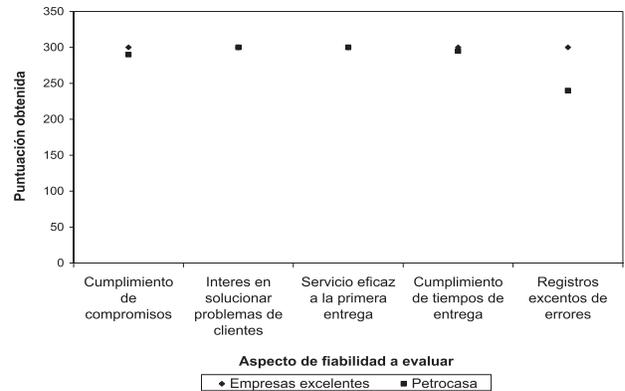




Figura 3: Evaluación de sensibilidad aplicando la escala SERVQUAL.

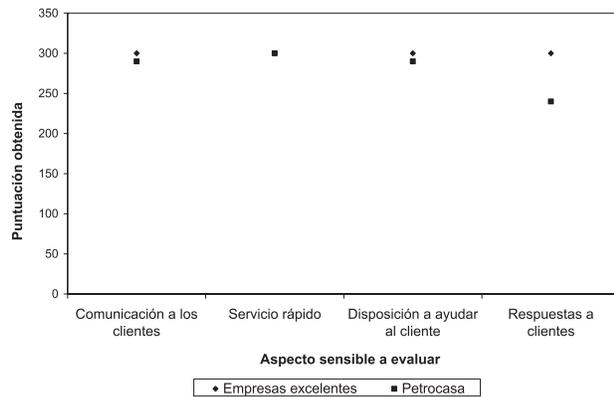


Figura 4: Evaluación de seguridad aplicando la escala SERVQUAL.

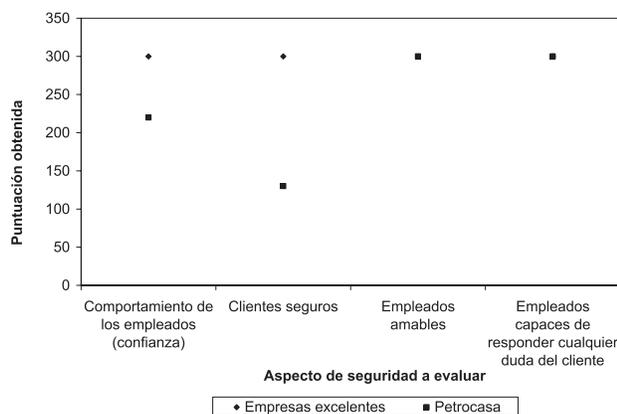
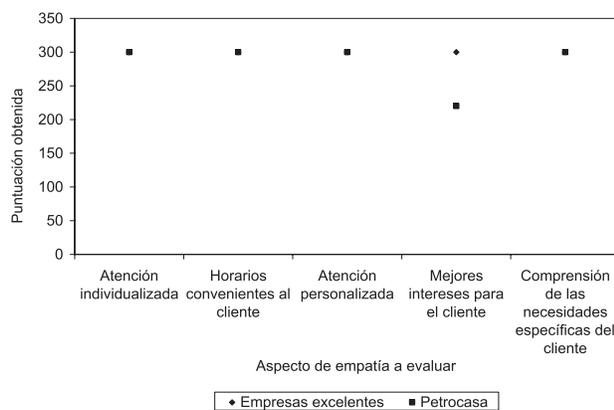


Figura 5: Evaluación de empatía aplicando la escala SERVQUAL.



En este sentido, la desviación estándar se emplea como referencia de lo que describe la dispersión de los datos respecto a la media, obteniéndose valores entre (0-1), y cuanto más alejado del cero mayor dispersión, es decir, no se observa un comportamiento o tendencia que prediga futuros resultados, considerándose valores aceptables o concluyentes los que estén entre (0-0,25), por lo que se concluye que, de las dimensiones de calidad de la escala SERVQUAL, Petrocasa posee como dimensiones de calidad asociadas: aspectos tangibles y

empatía, que tienen que ver con la tecnología y apariencia física de la planta que para este caso, es una tecnología única en el país, desarrollando procesos productivos automatizados, combinados con el trabajo manual y en lo que se refiere a empatía viene dado por la calidad humana del personal y su disposición a resolver los problemas que describe el cliente, así como la fiabilidad que tiene que ver con la capacidad de cumplimiento de compromisos adquiridos con los clientes y finalmente, sensibilidad, que hace referencia a la disposición de la empresa a mantener informado al cliente en la gestión de la producción que requiere.

Sin embargo, en el aspecto de seguridad, se observan valores de dispersión más amplios, que tienen mucho que ver con problemas internos en lo que se refiere a estructuras organizativas que, como se mencionó anteriormente, no existen descripciones específicas de cargo que limiten el radio de acción de los diferentes cargos de la empresa, lo que ocasiona que se creen confusiones en el desempeño de funciones, debilitando las líneas de mando y afectando así, el desempeño operativo y calidad de servicio entre las diferentes unidades de producción, que a su vez afectan la productividad e inciden en la calidad del producto final.

Conclusiones

1. Las dimensiones de calidad asociadas al producto final de la empresa Petrocasa son: aspectos tangibles, fiabilidad, empatía y sensibilidad
2. Petrocasa presentó una desviación de $(0,22 \pm 0,03)$ en la evaluación de aspectos tangibles respecto a empresas consideradas excelentes en el sector inmobiliario.
3. Petrocasa presentó una desviación de $(0,19 \pm 0,02)$ en la evaluación de fiabilidad respecto a empresas consideradas excelentes en el sector inmobiliario.
4. Petrocasa presentó una desviación de $(0,21 \pm 0,03)$ en la evaluación de sensibilidad respecto a empresas consideradas excelentes en el sector inmobiliario.
5. Petrocasa presentó una desviación de $(0,63 \pm 0,08)$ en la evaluación de seguridad respecto a empresas consideradas excelentes en el sector inmobiliario.
6. Petrocasa presentó una desviación de $(0,25 \pm 0,03)$ en la evaluación de empatía respecto a empresas consideradas excelentes en el sector inmobiliario.

Agradecimientos

A Dios por permitirme emprender este maravilloso camino lleno de nuevas experiencias y a Petrocasa por servir de escuela en mi crecimiento profesional

Referencias

Canals, Carmen (2002). Medida de la calidad: Adaptación de la escala SERVQUAL al ámbito financiero”.



- Revista española de financiación y contabilidad.
Volumen XXXI, número 113.
- López y Serrano (2001). "Dimensiones y medición de la calidad de servicio en empresas hoteleras". Revista Colombiana de Marketing, Año 2, Número 3.
- Parasuraman, A, Berry, L y Zeithaml, V, 1991. "SERVQUAL: a Multiple-Item Scale for measuring customer perceptions of service quality". Journal of retailing, pp 12-40.
- Zeithalm, V.A. y Bitner, M. J., "Marketing de Servicios", (2002), Ed. Mc Graw-Hill Hispanoamericana, México.
- Tigani (2008). "7 Dimensiones de la calidad del servicio". Grupo ISOTADER



Racionalización de Recursos Complementarios para el Proyecto Factory

María Andreina Dominguez¹, Diana González², Marianna Barrios León³

¹Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de Carabobo.

²Pepsi Cola, Planta Cauagua.

diana.gonzalez@empresas-polar.com

³Ingeniería Industrial de la Universidad de Carabobo.

marianna.barrios@gmail.com

Resumen

La necesidad de racionalización de los recursos complementarios para el proyecto Factory, de incremento de la producción de detergente en polvo en Alimentos Polar-Planta Limpieza, radica en proyecciones de aumento de la demanda del producto y en las estrategias de penetración del mercado. Para ello, se realizó una investigación tipo proyecto factible con un diseño de campo. Para el análisis del impacto de los recursos complementarios en Factory, se utilizaron herramientas como: diagrama causa-efecto, “los 5 ¿por qué?”, muestreo de trabajo, estudio de cronometrado, evaluación de la carga física por el método LEST y un estudio de esquema corporal, encontrándose: insuficiencia de espacio y excesivos inventarios, que ocasionan congestión en los pasillos y condición insegura para laborar, elevado consumo energético en el operario de Post-Adición e intensidad de la molestia en la zona lumbar, entre otras. Dentro de las propuestas se planteó un programa para los requerimientos de materia prima, un almacén temporal con el respectivo estudio de lay out, la instalación de polipastos eléctricos, etc; todo lo cual permite cumplir con el objetivo planteado generando a su vez mayor productividad organizacional.

Palabras clave: Racionalización de recursos, Almacenamiento, Mano de obra.

Rationalization of Resources for the Project Factory

Abstract

The need for rationalization of resources for the project Factory of increased production of detergent powder in Alimentos Polar-Plant Cleaning, lies on projections of increased demand for the product and the market penetration strategies. This research was made possible with a project type design field. To analyze the impact of resources in Factory, used tools such as cause-effect diagram, the 5 Why?, Work sampling, timed study, assessment of physical load method and a study of the LEST body image, being: insufficient space and excessive inventories, causing congestion in the corridors and unsafe condition to labor, high energy consumption in the Post-Addition operator and intensity of discomfort in the lower back, among others. Among the proposals are put forward a program for raw material requirements, a temporary store in the respective study lay out, installation of electric hoists, etc., all of which can meet the target set in turn generating greater organizational productivity.

Key words: Rationalization of resources, storage labor.

Introducción

De acuerdo con las proyecciones de ventas, suministradas por el departamento de mercadeo de la empresa Alimentos Polar Planta-Limpieza, se requiere aumentar la capacidad de producción de las diferentes versiones del detergente en polvo “Las Llaves” ® de 5.000 a 12.000 kg/h, para lograr mayor participación en el mercado nacional.

Con el fin de alcanzar dicha meta, la empresa ha iniciado un proyecto denominado “Factory”, el cual consiste en la instalación de equipos con mayor capacidad para cubrir la demanda futura y adecuar las instalaciones para la manufactura de nuevas versiones de detergente en polvo (Gómez y Rachadell, 2004); por lo cual, el objeto de esta investigación es la racionalización de los recursos necesarios para la implementación del proyecto Factory

Entre los equipos que serán instalados se encuentran: una bomba, un filtro, una zaranda cuadrada, una enfardadora, un circuito de atomización, una línea de producción y se aumentará la capacidad calorífica del generador de calor. Se estima que con la instalación

de estos equipos se tendrá un crecimiento de planta de aproximadamente 60%, suficiente para cubrir la demanda proyectada y las posibles fluctuaciones de años venideros.

Hasta el momento de realización de la investigación, la empresa sólo había realizado estudios correspondientes a modificaciones de infraestructura para la incorporación de los nuevos equipos, siendo necesario completar la evaluación integral del proyecto, determinando la capacidad de almacenamiento para el resguardo temporal de la materia prima bajo la filosofía de Lean Manufacturing (Womack y Jones, 2003), la mano de obra involucrada en la elaboración de detergente en polvo, asignación de la carga de trabajo a la que estarán sometidos los operarios, con su respectivo balance de actividades, considerando las condiciones ergonómicas y la carga física asociada a la ejecución de las tareas (Rodríguez, 2007).

De lo anterior, surge la necesidad de racionalizar los recursos requeridos para la ejecución del proyecto de

incremento de la capacidad de producción de detergente en polvo.

Metodología

El estudio se enmarcó en un proyecto factible (Hurtado, 2000), con un nivel de profundidad de tipo descriptivo (Méndez, 2001), apoyado en un diseño de campo.

Para recolectar la información, se usó observación directa y entrevistas no estructuradas, en su modalidad focalizada (Hurtado, 2000), con el fin de estimar los requerimientos de insumos, volumen, capacidad de almacenamiento y los recursos utilizados para el traslado de materia prima.

Posteriormente, se aplicó el diagrama Ishikawa (Causa-Efecto), para identificar las causas que influyen en la racionalización de los recursos necesarios para el proyecto de ampliación; luego, se realizó el análisis detallado de cada una de las causas a través de la técnica de los 5 por qué's? (Ortiz e Yllada, 2000)

Para determinar los requerimientos del almacenamiento, se evaluó la clasificación de la materia prima, la disponibilidad de espacio para almacenamiento, entre otros; tomando en cuenta para ello, los criterios de manejo de materiales y los tipos de distribución en planta (Gomez y Rachadell, 2004).

En la estimación de la duración de las actividades, se utilizó la técnica de cronometrado intermitente, la calificación de velocidad según el método de Westinghouse modificado y el cálculo de las tolerancias, a través de la tabla de tolerancias típicas mostradas en Burgos (2005). El estudio fue realizado bajo el criterio de las autoras y en conformidad con la empresa, cumpliendo

las siguientes condiciones: nivel de confianza de 95%, el cual representa la probabilidad de que los valores obtenidos en el muestreo estén dentro del intervalo de confianza y una precisión de 8%, que representa el grado de desviación o tolerancia permitida con respecto al valor verdadero de la media.

Para la determinación de la mano de obra, se utilizó la técnica del muestreo de trabajo (Burgos, 2005), encontrando el nivel de ocupación de los operarios y, en función del tiempo estándar de cada actividad bajo el escenario de Factory, se definió el requerimiento de mano de obra y la respectiva asignación de la carga de trabajo.

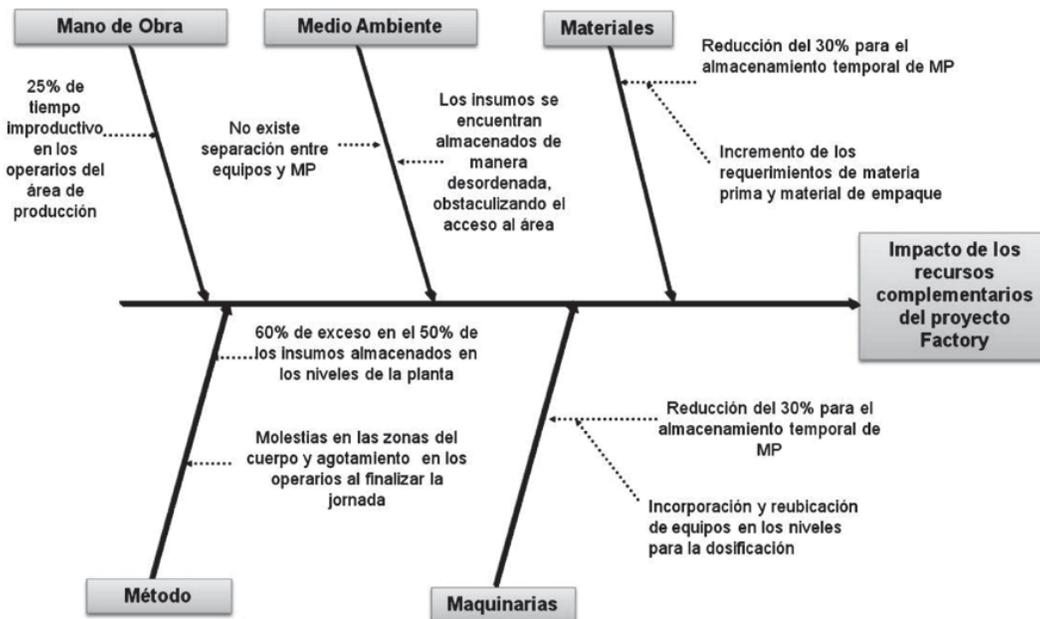
Con base en la información anterior, y para la evaluación ergonómica de los puestos de trabajo, se realizó un estudio de consumo energético que demanda la actividad a través de la carga física propuesta en el método LEST (Rodríguez, 2007), complementando la información con una evaluación de las zonas de molestias en cada uno de los operarios mediante el esquema corporal (Osorio, 2006).

Resultados

Los resultados de la aplicación del diagrama causa-efecto, para determinar los factores que afectan el desarrollo en planta del proyecto Factory, se muestran en la Figura 1

Para ahondar en las causas raíces se aplicó la tabla de los "5 ¿Por qué?", se realizó la evaluación de las condiciones de almacenamiento, se determinó el nivel de ocupación de los operarios y se evaluaron las condiciones ergonómicas de los puestos a través del estudio de la carga física y el esquema corporal.

Figura 1: Diagrama causa-efecto. Análisis de causas de los problemas que afectan la implantación del proyecto Factory.





Basado en los requerimientos para la nueva producción, se empleó el método de la distribución tentativa de Muther (1981) con la gráfica intensidad-distancia para identificar la ubicación del material.

Posterior a la estimación de la capacidad de almacenamiento, se procedió a evaluar el impacto del requerimiento de mano de obra, para el cual se realizó un muestreo de trabajo con un nivel de confianza de 95% y una precisión de 8%. Los resultados del muestreo en función de la fracción de tiempo de una jornada, se presentan en la Tabla 1.

Para complementar la evaluación de la carga de trabajo de los operarios, se realizó un análisis del consumo energético a través del método LEST y un diagnóstico de las principales zonas de molestias a través del esquema corporal. En la Tabla 2 se presenta un extracto del consumo energético y en la Tabla 3 un extracto de las molestias del esquema corporal.

Con el diagnóstico de la situación actual, se identificaron las oportunidades de mejora. En la tabla 4 se presenta un resumen de las propuestas planteadas.

Dentro de las propuestas de mejora señaladas en la tabla anterior, es importante resaltar el diseño del programa para estimar requerimientos de materia prima, ya que de la logística utilizada depende el flujo eficiente del material en el proceso y por ende, el cumplimiento de la meta de producción; para ello se utilizó el ambiente de Microsoft Office Excel.

El programa arroja los traslados del material, los turnos de trabajo, los requerimientos de materia prima por versión de detergente, entre otros. Una vista del programa se muestra en la Figura 2.

Discusión

La racionalización de los recursos complementarios se enfocó en la disponibilidad de almacenamiento de materia prima, en los niveles de la planta detergente y en los requerimientos de mano de obra, asociados al proyecto de ampliación de la producción.

En la gráfica intensidad-distancia, se evidenció que existía una inadecuada distribución de los insumos de Puntos de Colores y Soda ASH, tanto de formulación

Tabla 1: Proporción del tiempo de los puestos de trabajo durante la jornada.

Puesto de trabajo	Trabajo %	Tiempo h	Ocio %	Tiempo h	NP %	Tiempo h	D.I %	Tiempo h
Prepesado	78,95	6,32	11,40	0,91	6,14	0,49	3,51	0,28
Inventario	87,18	7,85	3,85	0,35	1,28	0,12	7,69	0,69
Sala de Control	81,63	6,53	7,14	0,57	6,12	0,49	5,10	0,41
Slurry	70,67	5,65	11,06	0,89	12,98	1,04	5,29	0,42
Post Adición	71,26	5,70	9,58	0,77	11,38	0,91	7,78	0,62
Secado	68,75	5,50	19,27	1,54	8,85	0,71	3,13	0,25

Tabla 2: Carga Física para los puestos de trabajo de la fabricación de detergente en polvo.

	Actividades	Postura	Total (kcal/día)	
Post Adición	Dosificación de enzimas	Parado normal	1,6	
	Descarga de soda	Parado normal	4,48	
	Descarga de puntos de colores	Parado encorvado	12,6	
	Supervisión del bombeo de los líquidos	Parado normal	13,44	
	Limpiezas	Parado encorvado	11,55	
	Actividades secundarias	Parado normal	1,6	
	Manejo de materiales	Parada encorvado	35,7	
	Tiempo restante	Parado normal	10,08	
		Carga Estática		91,05
	Carga Dinámica		1547,88	1638,93
	Actividades	Postura	Total (kcal/día)	
Formulación de Slurry	Preparación de agua de reproceso	Parado encorvado	14,28	
	Monitoreo del proceso	Sentado normal	9	
	Medición de parámetros	Parado normal	9,6	
	Limpiezas	Parado encorvado	32	
	Actividades secundarias	Parado normal	0,8	
	Tiempo restante	Parado normal	18,72	
		Carga Estática		84,4
	Carga Dinámica		981,504	1065,90

**Tabla 3:** Resumen de la encuesta del esquema corporal.

	Actividad	Región de Molestia Principal	Grado de molestia
Inventario	Inventario físico	Espalda baja (Lumbar)	Moderado
	Procesamiento de datos	Ninguna	Imperceptible
Prepesado	Supervisión de la descarga desde camiones cisternas	Ninguna	Imperceptible
	Prepesado de ingredientes Menores	Espalda baja (Lumbar)	Moderado
Post-Adición	Descarga de soda ASH	Ninguna	Imperceptible
	Descarga de puntos de colores	Brazos y antebrazos	Fuerte
	Limpiezas, supervisión de bombeo de líquidos y medición de parámetros	Espalda baja (Lumbar)	Moderado
	Manejo de materiales	Antebrazos, pantorrillas y Espalda baja (Lumbar)	Fuerte

Tabla 4: Tabla resumen de las propuestas.

Recursos Complementarios	Problemática	Propuestas de Mejora
Almacenamiento temporal de materia prima	Congestión en los niveles	1. Diseño de Almacén Temporal 2. Aplicación de las 5'S 3. Diseño de un programa para estimar los requerimientos de MP y ME
	Exceso de materia prima	
	Distribución Inadecuada	
	Áreas desordenadas	
Mano de Obra	Realización de estudios de la carga de trabajo	4. Definición de los puestos de trabajo, elaboración de instructivos
	Exigencia física, equipos inadecuados para levantamiento de carga, riesgo de quedar atrapado	5. Instalación del sistema de levantamiento eléctrico * 6. Diseño de soportes para la dosificación de sólidos en el área de Post Adición
Mejoras adicionales	Reducir emisiones de detergente a la salida de la torre, prevenir posibles enfermedades respiratorias y facilitar la toma de muestra para la medición de parámetros	7. Diseño de recolector de muestra y reductor de emisiones de detergente case a la salida de la torre de secado

como para post-adición, y a su vez, el resto de la materia prima presentó un recorrido de sistema indirecto tipo central también llamado ramificado.

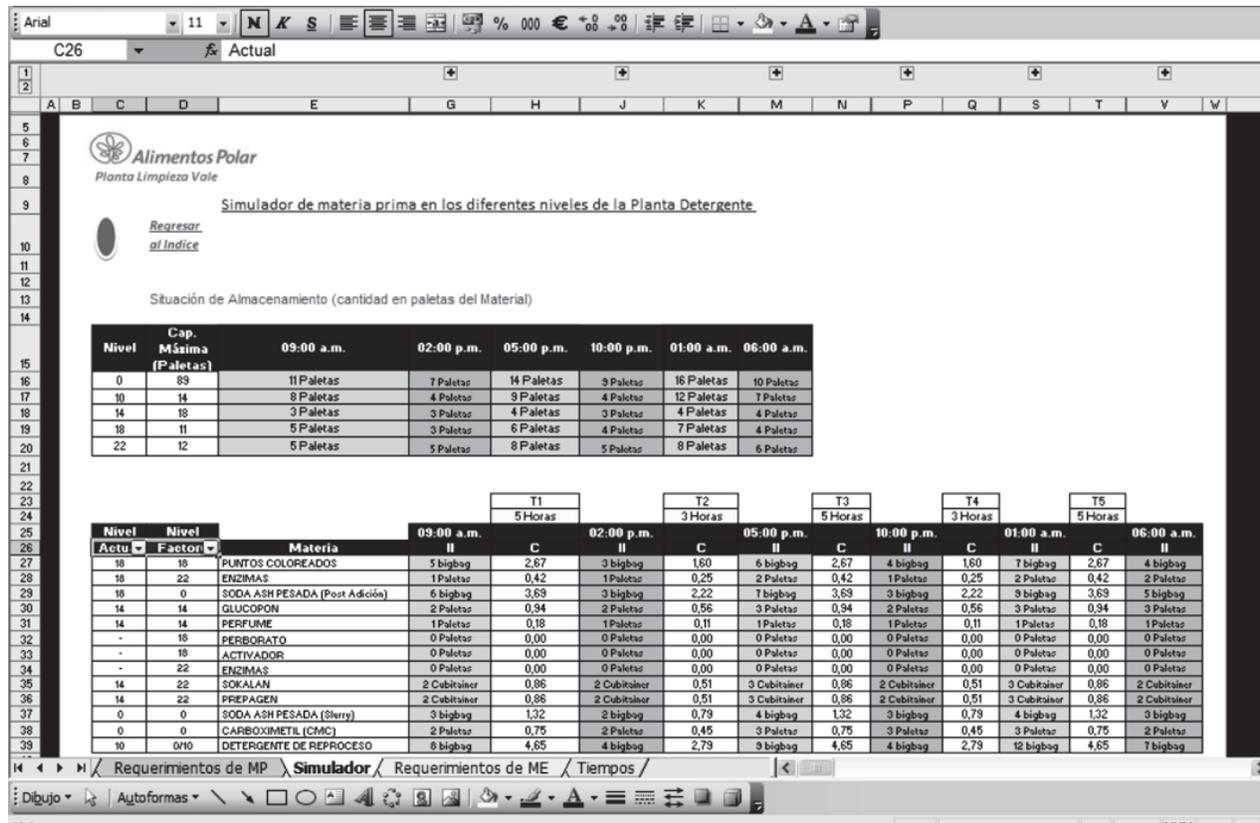
En el muestreo de trabajo se obtuvo que, el nivel de ocio para los puesto de prepesado, inventario, sala de control, formulación de slurry y post adición, no excede de una hora de la jornada de trabajo, en cambio el operario de secado presentó un tiempo no productivo de aproximadamente hora y media; estos tiempos se consideraron para la asignación de la carga de trabajo adicional asociada al proyecto, quedando en evidencia que los puestos críticos con la nueva asignación son

el de inventario y el de prepesado, por un incremento considerable en sus funciones.

La carga de trabajo estimada para el operario de Prepesado es, aproximadamente, 55% mayor que la actual, lo que incide en la contratación de una persona adicional, generando dos operarios para la misma área, pero uno de ellos, será ayudante suplementario del operario de Secado debido a que éste excede de su jornada en 27 min; la actividad adicional que tendrá uno de los operarios de prepesado es la supervisión del bombeo de líquidos, cuya duración es de 42 min.



Figura 2: Hoja de Simulador.



En cuanto a la carga física, a medida que la actividad es menos confortable para el trabajador, mayor será el gasto calórico, cuya consecuencia directa será la fatiga muscular (Rodríguez, 2007), que se traducirá en lesiones músculo-esqueléticas, aumento del riesgo de accidente, disminución de la productividad y calidad del trabajo, con aumento de la insatisfacción personal. También, se evidenció que la actividad de manejo de materiales y la dosificación de puntos, son las actividades más fuertes que debe ejecutar.

La metodología 5'S contribuye a un buen desempeño de la Planta de Detergente, lo cual evidenciará mejores resultados en las auditorías internas como BPF (Buenas Prácticas de Fabricación,) y SOL (Seguridad, Orden y Limpieza), siendo estas últimas, políticas internas de la empresa.

El diseño del almacén temporal de materia prima en los niveles de la Planta de Detergente, se basó en una distribución fija, debido a que la estructura de la planta no permite hacer modificaciones en la distribución de los equipos, por lo tanto, se establecieron zonas de almacenamiento de acuerdo con la ubicación de los equipos correspondientes para cada nivel y cumpliendo con los principios básicos de la distribución en planta y aplicando el método de distribución tentativa.

Se logró definir los puestos de trabajo asociados al proyecto de ampliación, integrando de la mejor

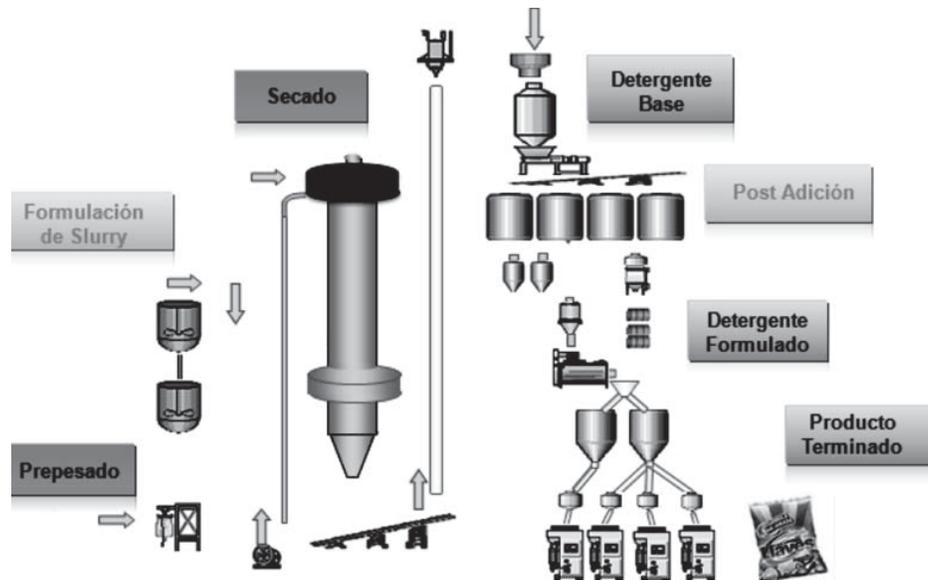
manera las actividades, sus necesidades personales y sus demoras inevitables, teniendo, en promedio, un tiempo improductivo de 36 min para cada puesto de trabajo; además, se realizaron instructivos para la ejecución de las actividades.

Con relación al área de Formulación de Slurry y Post-Adición (Ver flujograma en la Figura N°3), se puede instalar un sistema eléctrico de levantamiento de cargas, mejorando las condiciones ergonómicas del trabajador, además de lograr reducir 50%, aproximadamente, el tiempo invertido para dosificar los insumos.

Con la implementación de la propuesta del programa bajo el entorno de Microsoft Office Excel, se logra realizar la estimación de manera más confiable, tanto de los requerimientos de Materia Prima como de los Materiales de Empaque, asociados a la producción planificada.

El diseño del simulador, incorporado en el programa propuesto, dispone de una estructura que permite al usuario realizar variaciones en la duración de las cantidades almacenadas por traslado, para evaluar las condiciones de almacenamiento en los diferentes niveles de la planta detergente.

Con la utilización del programa bajo el ambiente Microsoft Excel, se logra mejorar la calidad de las materias primas, disminuir los retrasos de recepción de materiales y reducir los costos asociados.

**Figura 3:** Flujograma de Formulación de Slurry y Post-Adición.

El programa es un simulador que permite evaluar las condiciones de almacenamiento en la planta detergente, bajo las condiciones que se desean.

Referencias

- Burgos, Fernando (2005). Ingeniería de métodos calidad-productividad. Universidad de Carabobo.
- Gómez, Ezequiel y Rachadell, Felix (2004). Manejo de Materiales. Universidad de Carabobo, Venezuela.
- Hurtado, Jacqueline (2000). Metodología de la Investigación Holística. 3ra Edición. Editorial Fundación Sygal. Caracas, Venezuela.
- Méndez, Carlos (2001). Metodología, diseño y desarrollo del proceso de investigación. Mc Graw Hill. Colombia.
- Muther, Richard (1981). Distribución en Planta. 4ª. ed. Hispano Europea. España, Madrid.
- Osorio, Jorge (2006). Mapa de Molestias. Noticias Q.B Revista de la compañía Minera Quebrada Blanca S.A. Publicación N° 63. Documento en línea consultado en Abril de 2008. Disponible en: http://www.qblanca.cl/portal/54/y_files/2074/QB%2063.pdf
- Ortíz, Florangel e Yllada, Ruth (2000). Eliminación Sistemática de Desperdicios. Universidad de Carabobo
- Rodríguez, Eliana (2007). Cuadernos de Ingeniería Industrial, Ergonomía 1. Universidad de Carabobo, Venezuela.
- Womack, James y Jones, Daniel (2003). Lean Thinking: banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. Simon & Schuster UK Ltd. New York, Estados Unidos de América.



Condiciones de trabajo en una cooperativa venezolana de fundición

Bermúdez, Y.¹, Córdova, J.², Rodríguez, E.³

¹Ing. Industrial. Analista de Riesgo, Tecnología, Empresa y Formación (TEF)

²Ing. Industrial. Analista de Riesgo, Tecnología, Empresa y Formación (TEF)

³Profesor Asociado. Ing. Industrial, Universidad de Carabobo, Esp. Salud Ocupacional y MSc. Ing. Industrial UC, Escuela de Ing. Industrial. Facultad de Ingeniería. Universidad de Carabobo, Valencia. Estado Carabobo. Venezuela. yeicyb@gmail.com

Resumen

Se presenta un estudio que tiene como principal objetivo evaluar las condiciones de trabajo en una cooperativa de fundición, atendiendo a variables biomecánicas y fisiológicas. Para ello se estimó el consumo energético de la actividad laboral, se obtuvo el compromiso cardiovascular y se utilizó el método LEST para caracterizar los factores de riesgo físico en los puestos seleccionados. La evaluación ergonómica se realizó utilizando el Método REBA y el MODSI y se utilizó el esquema corporal de Corlett y Bishop para identificar situaciones de fatiga. Los resultados muestran un alto porcentaje de trabajadores con sobrepeso. Desde el punto de vista cardiovascular, el compromiso de los trabajadores se comportó de moderado a pesado y el ambiente físico presenta nocividad importante. La aplicación de los modelos ergonómicos muestra a las actividades con alto riesgo de lesiones músculo esquelético debido a la adopción de posturas no neutrales durante largos periodos de tiempo.

Palabras Clave: Ergonomía, lesiones músculo-esqueléticas, factores psicosociales.

Working conditions in a Venezuelan cooperative of foundry

Abstract

A study that has as main objective to evaluate working conditions in a cooperative foundry variables on the basis of biomechanical and physiological factors. To do this, we estimated the power consumption of the work activity, cardiovascular and obtained an undertaking, the method LEST to characterize the physical risk factors in selected positions. Ergonomic evaluation was performed using the methods MODSI and REBA and was used body scheme of Corlett and Bishop to identify situations of fatigue. The results show a high percentage of workers who are overweight. From a cardiovascular standpoint, the commitment of workers behaved in moderate to heavy. The physical environment presents significant harm. The application of ergonomic models shown to the activities with high risk of musculoskeletal injuries due to non-neutral postures for long periods of time

Key words: Ergonomics, musculoskeletal injuries, psychosocial factors.

Introducción

Con el transcurrir del tiempo el sector industrial venezolano ha venido mejorando sus métodos de trabajo, enfocándose en mejoras de procesos productivos y mercadeo, con el fin de obtener una mayor productividad y calidad de producción. La mano de obra juega un papel fundamental en el diseño de estos procesos, debido a que esta es indispensable en el desempeño exitoso de las actividades que se desarrollan en una empresa u organización, (Grozdanovic, 2002).

Un puesto de trabajo mal diseñado puede ocasionar diversos problemas a nivel de salud en el trabajador; esto, asociado a que las condiciones en las cuales éste se desenvuelve, afecta directamente su calidad de vida. Aunado a ello, la ergonomía tiene como finalidad estudiar, de una forma integral, la situación de un determinado trabajo, teniendo como objetivo aumentar la eficiencia, la seguridad y la competitividad para poder así realizar la adecuación del trabajo al hombre, y no del hombre al trabajo, (Rodríguez, 2007).

En este sentido, se hacen necesarias intervenciones con miras al cambio o rediseño de los procesos y

puestos de trabajo, tomando en cuenta los recursos físicos y mentales de los trabajadores (Haukka et al., 2008), estudiar los factores de riesgos a lesiones músculo esqueléticas (Bernard, 1997) y otras posibles enfermedades ocupacionales, de manera que se puedan diseñar propuestas que realmente logren satisfacer las expectativas de todos los involucrados.

Tomando como base lo anteriormente expresado, es propósito de este estudio evaluar, desde una perspectiva sistémica, los puestos de trabajo de una línea de fundición en una empresa cooperativa del sector metalúrgico venezolano. Para ello, se evalúan movimientos y posturas adoptadas, intensidad y tipos de esfuerzos requeridos, músculos implicados en las tareas, aspectos ambientales como ruido, iluminación, vibraciones y calor; así como también, aspectos de organización como horarios, ritmos de trabajo, pausas, participación y estilos de mando a los cuales están expuestos un grupo de trabajadores venezolanos.

La cooperativa en estudio esta conformada por trabajadores asociados a la misma. Esta asociación surgió luego que el dueño original decidió vender la empresa y los



trabajadores crean esta organización para su administrar y gestionar. Dicha cooperativa funciona bajo la filosofía y principios corporativos; tal como fue concebida, son los trabajadores asociados los que ejecutan labores bajo un cargo asignado con remuneración mensual y ganancias acumuladas, repartidas al final de año. Al final de cada periodo realizan elecciones.

Materiales y métodos

Para cumplir con los objetivos propuestos en esta investigación, se evaluaron once (11) puestos de trabajo provenientes de la línea 1 de fundición de una empresa productora de moldes industriales, que funciona bajo la modalidad de cooperativa. Luego de seleccionar los puestos de trabajo a evaluar, se solicitó el consentimiento a los trabajadores de acuerdo a la Declaración de Helsinki, se les consultó la edad, se les midió el peso, la talla y la circunferencia abdominal; posteriormente, se les calculó el índice de masa corporal (IMC), con la finalidad de identificar si se encuentran en los límites de peso para su talla o si existe sobrepeso, la tabla 2 resume esta información.

De la tabla 1, es importante resaltar que el puesto 4, encargado de realizar el moldeo en arena, se subdividió en 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4, debido a que aunque esta clasificado como un solo puesto, está conformado por cuatro trabajadores que realizan diversas actividades según la pieza a producir. Estos cuatro trabajadores tienen actividades específicas a realizar, pero no están definidas a cada persona, porque entre ellos se rotan las tareas, según convenga. Tomando en consideración este aspecto, se evaluaron todos los trabajadores para, de esta manera, garantizar la consideración de totalidad de las actividades que pertenecen al puesto de moldeo de piezas.

Tabla 1: Información de los trabajadores.

Puesto	Sexo	Edad / años	Peso \pm (0,01) / kg	Talla \pm (0,01) / cm	IMC \pm (0,01) / kg/m ²	Circunferencia Abdominal \pm (0,01) / cm	Antigüedad / años
1	M	42	56,00	1,70	19,38	82,00	6
2	M	59	52,00	1,63	19,57	81,00	9
3	M	46	81,50	1,62	31,05	109,00	17
4.1	M	64	80,00	1,62	30,48	96,00	4
4.2	M	56	88,00	1,78	27,77	98,00	22
4.3	M	57	51,00	1,50	22,67	80,00	4
4.4	M	52	50,00	1,70	17,3	90,00	12
5	M	38	95,00	1,65	34,89	109,00	4
6 y 7	M	22	68,00	1,77	21,71	77,00	4
8	M	31	68,00	1,51	29,82	94,00	4
9	M	47	68,00	1,70	23,53	92,00	1
10 y 11	M	62	64,00	1,63	24,09	97,00	14
Media \pm (0,01)	-	48,00	68,46	1,65	25,19	92,08	-
D.E \pm (0,01)	-	12,93	15,02	0,09	5,52	10,67	-

Seguidamente, se observó cada uno de los puestos de trabajo con la intención de evaluar el ambiente físico

y con esto lograr categorizar la posible nocividad de acuerdo al método LEST (Gueland, 1982). Se siguió la muestra seleccionada durante su jornada de trabajo, para describir, tanto los movimientos como los esfuerzos realizados de cada individuo, contabilizando las pausas junto a los recorridos del mismo. Luego, se estimó la energía (kcal) consumida en la actividad laboral de la jornada de trabajo, contemplando los aspectos de carga dinámica y estática que se consideran en el método LEST; a partir de estos datos se obtuvo la carga física diaria.

Por otra parte, se realizaron videos de las actividades productivas en el área de estudio; se filmó a cada operario en un plano frontal y otro lateral, durante tres ciclos de trabajo, de lo cual se precisaron los tiempos de duración de cada ciclo y las posiciones adoptadas por el mismo; luego, se editaron las grabaciones capturando imágenes congeladas de las posturas asumidas (Kadefors et al., 2000), se midieron los ángulos de inclinación del cuerpo y de cada una de las extremidades, cumpliendo con la metodología REBA (Hignett et al., 2000) y MODSI (Manero et al., 2005). Mientras se realizaba la filmación, de forma paralela se le solicitó a cada trabajador la percepción del esfuerzo al realizar la tarea, a través de la Escala de Borg (Borg, 1990).

Adicionalmente, se evaluó el compromiso cardiovascular de los individuos, tomando lecturas de frecuencia cardíaca una hora antes de dirigirse al comedor (Manero et al., 1992), estos datos se obtuvieron para cada persona.

Presentación y discusión de resultados

Los niveles de IMC arrojan un valor promedio de 25,19 kg/m²; donde el 42% de los trabajadores presentan un IMC por encima de los valores normales, representado por un 40% de sobrepeso y un 60% de Obesidad Grado I, según el rango nutricional establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2000). Debido a esta situación, se comparó el valor de la circunferencia abdominal de cada trabajador con los criterios propuestos por la OMS para el diagnóstico del síndrome metabólico y se constató que el 17% presenta factores de riesgo coronario.

Según la información recabada en las entrevistas personales, se determinó que el 92% de los trabajadores consume bebidas alcohólicas una o dos veces por semana, mientras que el 33,33% refiere ser fumador activo; además, el 100% de los trabajadores no realiza ningún tipo de actividad física; es decir, no practican ningún deporte.

El consumo energético de cada puesto de trabajo se evaluó a partir del método LEST. Se pudo observar que los trabajadores mantienen bipedestación prolongada durante toda la jornada laboral, realizando movimientos repetitivos y de dorsoflexión. Se encontró que el 73% de los casos presentan demanda metabólica "MEDIA", cuyos



valores oscilan entre 828 y 1269 kcal/día y dos casos de exigencias energéticas “ELEVADAS”, superiores a 1452 kcal/día en los puestos de moldeo de piezas y preparación de colada, en los cuales se realizan operaciones donde los trabajadores adoptan posturas de alto compromiso y con esfuerzos musculares importantes.

La evaluación del compromiso cardiovascular de los trabajadores se llevó a cabo en el momento más crítico de la jornada laboral, donde los trabajadores tienden a aumentar su ritmo de trabajo; es decir, una hora antes del almuerzo, lo que permitió evaluar el efecto acumulativo del trabajo en la muestra tomada. En la tabla 2 se pueden encontrar los resultados del compromiso cardiovascular de los trabajadores. Nótese que, el indicador de costo cardiaco verdadero se ubica en la categoría de pesado para el 33,33% y moderado para el 58,3% de los trabajadores evaluados; es importante mencionar que los valores de frecuencia cardiaca se ven afectados por el horario de trabajo, el ambiente físico y la fatiga en la muestra estudiada (Manero et al., 1986).

Tabla 2: Compromiso cardiovascular de los trabajadores.

Puesto	Edad / años	FCmax / lat/min	FCrep / lat/min	FCact / lat/min	ICCV \pm (0,01) / %	Clasificación ICCV
1	42	178	90	125	39,77	Pesado
2	59	161	70	90	21,98	Moderado
3	46	174	86	90	4,55	Ligero
4.1	64	156	80	102	28,95	Pesado
4.2	56	164	90	107	22,97	Moderado
4.3	57	163	96	120	35,82	Pesado
4.4	52	168	85	109	28,92	Pesado
5	38	182	90	107	18,48	Moderado
6 y 7	22	198	77	99	18,18	Moderado
8	31	189	89	105	16,00	Moderado
9	47	173	78	95	17,89	Moderado
10 y 11	62	158	106	120	26,92	Moderado
Media	48	172	86,42	105,75	23,37	Moderado
D.E \pm (0,01)	12,93	12,93	9,50	11,53	9,49	-

FCmax: frecuencia cardiaca máxima; FCrep: Frecuencia cardiaca en reposo; FCact: Frecuencia cardiaca en la actividad; ICCV: Índice de costo cardiaco verdadero.

Mediante la aplicación del Método LEST, se evaluaron las condiciones del ambiente físico presente en las 11 estaciones de trabajo, obteniéndose que el ambiente térmico está representado por un nivel de “Nocividad Importante” en el 54,5% de los puestos de trabajo evaluados y un 18,18% presenta una “Alta Nocividad”, debido básicamente, a la preparación y manipulación de metales fundidos en el área. En cuanto al ruido, en el 54,5% de los casos, es “Altamente Nocivo”, esto debido principalmente, a la presencia de hornos industriales y a sopletes encargados de calentar la olla donde se vierte el metal fundido, lo que aumentan los decibeles en las zonas de trabajo. Con respecto a la iluminación se muestra que el 36,6% está en “situación satisfactoria” gracias

al número de lámparas, la localización de las mismas y del poco nivel de detalle requerido para realizar la actividad. Sin embargo, esto no ocurre para la estaciones de moldeo, esmerilado, corte con soplete y soldadura, ya que se cuenta con muy pocas y distantes luminarias, aunado al nivel de percepción y detalle que se requiere, lo que conduce a caracterizar este factor como de “Alta Nocividad”, representando un 36,6% de los puestos de trabajo evaluados.

En cuanto a las vibraciones, es importante mencionar que el 81,8% de los puestos de trabajo evaluados está representado por una “situación satisfactoria”, debido a la ausencia de máquinas y/o herramientas que originen dichas vibraciones.

La demanda biomecánica, evaluada a través del Método REBA, se presenta con alto riesgo a lesiones músculo esqueléticas (LME), específicamente, en las tareas de preparación de arena negra, moldeo, preparación de colada, vaciado de colada, desmoldeo y esmerilado; debido a que algunas actividades que se realizan requieren que el operario adopte posturas comprometidas durante largos periodos de tiempo, como flexión de tronco, torsión de cuello, flexión de piernas, levantamiento de brazos por encima de los hombros, entre otros y las mismas están definidas como factores de riesgo para la aparición de lumbalgias y desórdenes de miembros superiores (Plouvier et al., 2008) (Van der Windt et al., 2007).

En el caso de moldeo, debido a las condiciones actuales, los operarios se ven obligados a realizar el trabajo asumiendo posturas que involucran el alejamiento de las estructuras corporales de la neutralidad y que por ende, determinan el nivel de riesgo. Por otra parte, el 100% de los puestos de trabajo están diseñados sin consideraciones ergonómicas, lo que obliga al trabajador a asumir posturas muy extenuantes y con poco tiempo para la alternancia, lo cual genera la fatiga fisiológica y la aparición de lesiones del sistema músculo esquelético (Manero et al., 2005).

Es importante destacar que se realiza un manejo de materiales deficiente, lo que conlleva a que los operarios tengan momentos de esforzamiento (Manero, 2000), al trasladar arena en carretilla, algún material metálico de forma manual, entre otros; esto se realiza con mucha frecuencia durante la jornada laboral y esta condición está muy asociada por diversos investigadores para la aparición de desordenes de la espalda baja (Palmeret al., 2003). Los resultados globales de este análisis se muestran en la tabla 3.

La evaluación de riesgo de aparición de LME se realizó a través del MODSI, y para ello se aplicó una escala de percepción de esfuerzo. Éste se sitúa en la categoría de “Fuerte” para el 75% de los encuestados mientras que el 16,67% lo describe como “Muy Fuerte” y un individuo lo percibe como “Débil”.

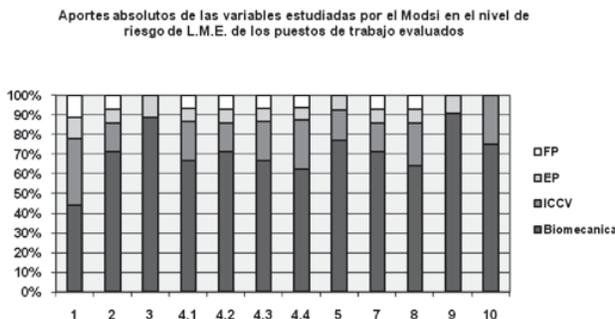
Tabla 3: Nivel de riesgo de LME según el método REBA.

Nº	Puesto	Nivel de Riesgo a L.M.E		
		Sit 1	Sit 2	Sit 3
1	Preparación Arena Gris	Medio	Medio	Medio
2	Preparación Arena Negra	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto
3	Preparación de Machos	Alto	Alto	Alto
4.1	Moldeo de Piezas	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto
4.2	Moldeo de Piezas	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto
4.3	Moldeo de Piezas	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto
4.4	Moldeo de Piezas	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto
5	Preparación de Colada	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto
6	Vaciado de Colada	-	-	Muy Alto
7	Desmoldeo de Piezas	Muy Alto	Muy Alto	-
8	Limpieza y granalla	Alto	Alto	Alto
9	Esmeril	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto
10	Corte con Soplete	Medio	Medio	-
11	Soldadura	-	-	Medio

Una vez realizada la integración de los aspectos relacionados con el comportamiento fisiológico y percepción de esfuerzo de los trabajadores evaluados, con la demanda biomecánica de las tareas, se obtuvo el nivel de riesgo a LME para cada una de las tareas según el MODSI, en el que el 72% de las actividades califican con niveles de “muy alto riesgo a LME, mientras que el resto riesgo “alto”.

Al analizar el aporte absoluto de cada variable al nivel de riesgo (ver gráfico 1), se observa como los elementos biomecánicos son los que presentan mayor aporte en el nivel de riesgo de L.M.E, tal como ha sido demostrado en otras investigaciones, seguido por el compromiso cardiovascular, el esfuerzo percibido y los factores psicosociales (Rodríguez et al., 2008). El aporte del compromiso fisiológico del trabajador, en la realización de su actividad laboral, se situó en 20,3% del total de nivel de riesgo a lesiones músculo esqueléticas para el 83,33% de los casos estudiados. Sólo en dos individuos este factor no aportó en el total de la valoración.

Gráfico 1: Aporte de las Variables Estudiadas por el MODSI.



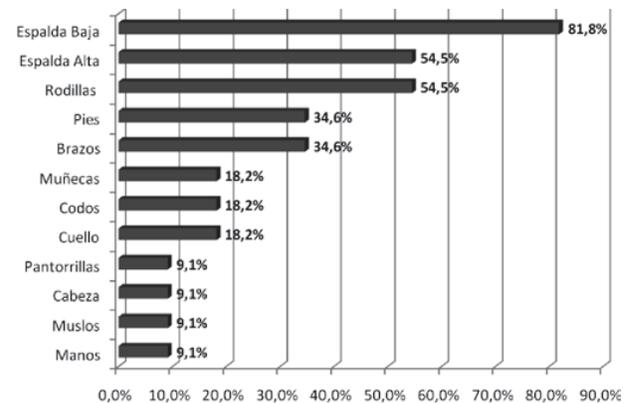
A los trabajadores se les aplicó un esquema corporal para evidenciar el grado de molestia o dolor de las diferentes partes del cuerpo al final de la jornada

laboral, utilizando el mapa del cuerpo de Corlett y Bishop (Corlett et al., 1976) y poder establecer la posible relación con las condiciones y organización del trabajo, observándose los resultados presentados en la gráfica 2.

Se evidenció, en primer lugar, la manifestación de dolor simultáneo en varias regiones del cuerpo al finalizar la jornada. El dolor en la espalda baja es el más frecuente con 81,8% (9 trabajadores), en segundo lugar, el dolor en espalda alta y rodillas con 54,5% (6 trabajadores) y en tercer lugar, dolor en los pies y brazos con 36,4% (4 trabajadores), seguido de un 18,2% en cuello, codos y muñecas y por último , un 9,1% en cabeza, manos y piernas.

Estos resultados corroboran lo concluido con los métodos REBA y MODSI: los trabajadores al final de la jornada refieren sentir dolor y fatiga en distintas zonas del cuerpo, (ver gráfico 2), lo que deja ver que el nivel de riesgo a L.M.E al que están expuestos es muy alto. El alejamiento prolongado de las estructuras óseas de la neutralidad, el compromiso cardiovascular elevado y los factores psicosociales a los que están expuestos los trabajadores, pueden ser los responsables de las manifestaciones de dolor en la espalda baja y alta, en cuello, rodillas, piernas, pies, brazos, codos, muñecas y manos (Leijon et al., 2007) (Devereux et al., 2002).

Gráfico 2: Distribución del Dolor Corporal al Final de la Jornada Laboral



Conclusiones

Una vez aplicada una serie de metodologías que permitieron evaluar, de una forma integral cada puesto de trabajo, se puede concluir que, desde el punto de vista fisiológico, las actividades desarrolladas en la línea de fundición tienen demandas metabólicas consideradas como moderadas. Factores como el ambiente térmico nocivo, edad y peso corporal contribuyen a aumentar el impacto fisiológico y por esta razón, más de un tercio de los casos muestran un compromiso cardiovascular en la categoría de pesado.

En relación a los elementos biomecánicos evaluados, la postura no neutral y la manipulación de cargas pesadas se perfilan como las variables de mayor



significancia para la aparición de trastornos en el sistema osteomuscular, debido, básicamente, a la realización de tareas con muy pocas facilidades técnicas y los reportes de molestias de los trabajadores así lo ratifican.

La aplicación del MODSI, en cada puesto de trabajo, permitió determinar el aporte del compromiso fisiológico del trabajador en la realización de su actividad laboral, representado por un 20,3% del total de nivel de riesgo a lesiones músculo esqueléticas para el 83,33% de los casos estudiados.

El compromiso postural y el levantamiento de materiales, son los que presentan mayor aporte en el nivel de riesgo de LME, seguido por el compromiso cardiovascular y el esfuerzo percibido.

Referencias

1. Bernard, B. (1997). A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity and low back. Centers for disease control and prevention (NIOSH). NIOSH publication, 97-141.
2. Borg, G. (1990). Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 16:55-58.
3. Corlett, E., y Bishop, R. (1976). A technique for measuring postural discomfort. *Ergonomics*, 9:175-182.
4. Devereux, J., Vlachonikolis, I., Buckle, P. (2002). Epidemiological study to investigate potential interaction between physical and psychosocial factors at work that may increase the risk of symptoms of musculoskeletal disorder of the neck and upper limb. *Occupational and Environmental Medicine*, 59: 269-277.
5. González, E., Gutiérrez, R. (2006). La Carga de Trabajo Mental como Factor de Riesgo de Estrés en Trabajadores de la Industria Electrónica. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 38 (2), 259-270.
6. Grozdanovic, M. (2002). Human activity and musculoskeletal injuries and disorders. *Facta Universitatis, Medicine and Biology*, Vol 9: 150-156.
7. Gueland, F. (1982). Para un análisis del trabajo obrero en la empresa. Lima:Inda-Inet. Laboratorio de Economía y Sociología del Trabajo.
8. Haukka, E., Leino-Arjas, P., Viikari-Juntura, E., Takala, E., Malmivaara, A., Hopsu, L., y otros. (2008). A randomised controlled trial on whether a participatory ergonomics intervention could prevent musculoskeletal disorders. *Occupational and Environmental Medicine* (65), 849-856.
9. Hignett, S., y Mcatamney, L. (2000). Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, Vol 31:201-205.
10. Kadeffors, R., y Forsman, M. (2000). Ergonomic evaluation of complex work: a participative approach employing video computer interaction, exemplified in a study of order picking. *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol 25:435-445.
11. Leijon, O., Lindberg, P., Josephson, M., y Wiktorin, C. (2007). Different working and living conditions and their associations with persistent neck/shoulder and/or low back disorders. *Occupational and Environmental Medicine* (64), 115-121.
12. Manero, R. (2000). Un estudio integral para una paletización exigente. *MAPFRE Medicina*, 11 (2), 126-135.
13. Manero, R., y Manero, J. (1992). Capacidad Física y actividad laboral. *MAPFRE Medicina*, 3, 241-250.
14. Manero, R., Armasen, A., y Manero, J. (1986). Métodos prácticos para estimar la capacidad física de trabajo. *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, 100(2), 170-181.
15. Manero, R., Soto, L., y Rodríguez, T. (2005). Un modelo simple para la evaluación integral del riesgo a lesiones músculo-esqueléticas (MODSI). *MAPFRE Medicina*, vol. 16: 2 12: 86-94.
16. Organización Mundial de la Salud (2000). Obesity: preventing and managing the global epidemic. OMS, Serie de Informes Técnicos N° 894.
17. Palmer, K., Griffin, M., Syddall, H., Pannett, B., Cooper, C., y Coggon, D. (2003). The relative importance of whole body vibration and occupational lifting as risk factors for low-back pain. *Occupational and Environmental Medicine* (60), 715-721.
18. Plouvier, S., Renahy, E., Chastang, J., Bonenfant, S., y Leclerc, A. (2008). Biomechanical strains and low back disorders: quantifying the effects of the number of years of exposure on various types of pain. *Occupational and Environmental Medicine* (65), 268-274.
19. Rodríguez, E. (2007). Ergonomía. Valencia. Venezuela: Serie de Cuadernos de Ingeniería Industrial. Universidad de Carabobo.
20. Rodríguez, E., Medina, E., y Manero, R. (2008). Evaluación del nivel de riesgo a lesiones músculo esqueléticas en el sector automotriz venezolano. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, Vol. 48.
21. Tøge, S. (2000). Cuestionario de Copenhague (CopSoQ). Adaptada en Español por el Instituto Sindical de Trabajo Ambiente y Salud (ISTAS). Dinamarca: Instituto Nacional de Salud Laboral.



22. Van der Windt, D., Thomas, E., Pope, D., de Winter, A. (2007). Occupational risk factors for shoulder pain: a systematic review. *Occupational and Environmental Medicine* (57), 433-442.



Asignación de Carga de Trabajo a Flota de Montacargas Mediante Simulación con Arena V8

González Sandoval, Jadlyn¹; Osorio Monsalve, Katuska²; Gómez Abreu, Ezequiel³

¹Postgrado, Ingeniería Ambiental. Universidad de Carabobo.

²Ingeniería Industrial. Universidad de Carabobo

³Postgrado Ingeniería Industrial. Universidad de Carabobo

jadlyng@gmail.com

Resumen

En el presente trabajo se desarrolló un modelo de simulación, con el fin de analizar la asignación de carga de trabajo a una flota de montacargas de una empresa, en las áreas de almacén, recepción y despacho. El trabajo es una investigación de tipo descriptiva, considerada bajo la modalidad de proyecto factible, y su objetivo es determinar la asignación de cargas de trabajo efectiva para una flota de montacargas mediante simulación con Arena V8. En primer lugar, se analizó la flota de montacargas de la empresa, lo cual evidenció una subutilización de equipos, desbalance de las cargas de trabajo y paradas de líneas por fallas de montacargas. Se seleccionaron y analizaron estadísticamente las variables de interés para la elaboración del modelo. Luego, se construyó el modelo de simulación con el programa ARENA V8, posteriormente, se verificó y validó el modelo construido, concluyendo que es una adecuada representación del sistema actual. Luego de analizar la asignación actual de la carga de trabajo, se establecieron algunas propuestas a fin de evaluarlas, mediante un modelo de simulación con el programa ARENA V8. Una vez evaluadas las propuestas, se determina que es necesario redistribuir las cargas de trabajo en el área de productos terminados, lo que permite disminuir la longitud de las colas y el tiempo de permanencia de los camiones en la planta. Además, la creación de la cuadrilla de montacargas, para suplir los requerimientos de servicio cuando ocurra una falla operacional en algún montacargas, disminuye el porcentaje de subutilización de la flota.

Palabras Clave: Flota de Montacargas, Simulación, Asignación de Cargas de trabajo.

Allocation of work load forklift fleet by simulation with software

Abstract

In this paper it developed a simulation model to analyze the allocation of workload to a fleet of forklift company in the areas of warehouse receipt and dispatch. The work is a descriptive research, considered in the form of feasible project, and aims to determine the allocation of actual workload for a fleet of forklifts by simulation with Arena V8. First we analyzed the forklift fleet of the company, which demonstrated the underutilization of equipment, imbalance of workloads and fault lines stops forklift. It selected and statistically analyzed the variables of interest for modeling. Then it built the simulation model with the V8 ARENA program, then was verified and validated the model built concluding that adequate representation of the current system. After reviewing the current allocation of the workload of different proposals have been established to assess the best option, using a simulation model with the V8 ARENA program. After examining the proposals, is determined to be necessary to redistribute the workload in the area of finished products hence reducing the length of queues and time spent by trucks at the plant. Furthermore, the creation of the gang of forklifts, to meet the requirements of service when a failure occurs in a forklift operating, decreases the rate of underutilization of the fleet.

Key words: Forklift Fleet, Simulation, Workload Allocation.

Introducción

En un ambiente tan competitivo como en el que se desenvuelven hoy en día las empresas, la disminución de costos relacionados al manejo de materiales, constituye un camino adecuado para alcanzar una mejora en la eficiencia y competitividad de éstas. La flota de montacargas constituye un elemento dentro del manejo de materiales que, al igual que todas las actividades relacionadas con manejo de materiales, es necesaria pero improductiva, ya que no le agrega ningún valor al producto, pero sí le genera costos. Por esta razón, toda empresa debe dirigir sus esfuerzos a reducir el remanaje, usar los equipos adecuados y operarlos eficientemente, de tal manera que la empresa pueda cumplir sus metas de producción con la mínima utilización de sus recursos disponibles, alcanzando la productividad.

Carmona, H. (2001) plantea que uno de los aspectos que debe tomarse en cuenta en la gestión de una flota de montacargas es que exista un óptimo servicio, con mínimos tiempos de carga y descarga, bajos tiempos entre fallas por mantenimiento y una adecuada asignación de las cargas de trabajo. Una herramienta estadística muy útil en el análisis de sistemas de producción y transporte en las industrias, es la simulación de sistemas, ya que, de acuerdo a Kelton, D. (2002), permite investigar, mediante experimentos, el efecto de los cambios de las variables de un sistema a través de un modelo, puesto que la alternativa de experimentar con el sistema real no siempre es conveniente o posible, bien sea por causa del costo, tiempo o riesgo implicado.

Varios estudios han utilizado la simulación mediante el software Arena, en distintas versiones, como soporte para evaluar propuestas de mejoras en el área



de producción. Tal es el caso de Jiménez L., y Cala Y. (2.006), quienes diseñaron un modelo de simulación en una empresa automotriz. También, han sido notorios modelos de simulación planteados en el área de manejo de materiales, como el estudio desarrollado por Moreno J., y Reyes R. (2.004), quienes usaron la simulación como herramienta de análisis y evaluación de propuestas en un centro de distribución.

En el mismo orden de ideas, Briceño, J. y Graciano F. (2006) realizaron propuestas de mejoras en la logística para el proceso de carga de materiales, y el uso de un modelo de simulación permitió comparar diferentes alternativas y elegir la mejor entre ellas. El sistema de transporte también es factible que sea evaluado a través de modelos de simulación, como lo hizo Jiménez, M., (2.009), al construir un modelo de simulación para evaluar el sistema de transporte de una empresa, lo que permitió evaluar la factibilidad de las alternativas de solución planteadas.

En base a los estudios anteriormente mencionados, se observa la conveniencia de emplear modelos de simulación para sistemas de manejo de materiales. En este sentido, el presente trabajo esboza una serie de análisis y propuestas a la flota de montacargas de una empresa de alimentos, las cuales tienen como fundamento la respuesta a las siguientes interrogantes: ¿Es posible realizar una asignación óptima de las cargas de trabajo de la flota de montacargas? ¿Un modelo de simulación permitirá evaluar la asignación de cargas de trabajo de manera adecuada?

Objetivo General del Estudio

Determinar la asignación de cargas de trabajo efectiva para una flota de montacargas mediante simulación con Arena V8.

Metodología

El presente trabajo es una investigación de tipo descriptiva, en vista de que se identifica y analiza la situación actual de la flota de montacargas de una empresa de alimentos, mediante los resultados de un modelo de simulación. El estudio se encuentra dentro de la denominación proyecto factible puesto que se ofrece un modelo operativo viable para solucionar los problemas o de la flota de montacargas, en cuanto a la asignación de la carga de trabajo. Dicho estudio fue aplicado a la población total de la flota de montacargas de la empresa, la cual es de 10 montacargas, distribuidos en 3 áreas diferentes de recepción, despacho y producción.

La metodología consistió en la aplicación de un muestreo de trabajo inicial de la flota de montacargas, durante 10 días, con el objeto de determinar el porcentaje de ocupación actual de cada equipo, fijando un nivel de confianza de 90% y una precisión de 5%. De acuerdo a Burgos, F (2002), el cronometrado continuo permite

tomar en cuenta cualquier elemento que ocurra dentro del estudio de tiempos, por tanto, se realizó un estudio de tiempos de cronometrado, usando el método de cronometrado continuo, para cada una de las actividades de carga, descarga y traslado de los montacargas.

Se procedió a revisar en los registros históricos de la empresa, los tiempos de falla de los montacargas por mantenimiento, así como todas las variables de interés para construir el modelo de simulación.

Una vez recopilada toda la información, se realizó el análisis de datos de entrada para el modelo. Para llevar a cabo dicho análisis se empleó la aplicación Input Analyzer del Software Arena V8, la cual, según se indica en el manual de usuario de Rockwell- Software, Inc, USA (2.003), permite ajustar los datos a distintas distribuciones de probabilidades, observar los distintos errores estadísticos que se producen al ajustar los datos a dichas distribuciones, además de señalar cómo se comportan los datos según los Test de bondad de ajuste Chi-cuadrado y Kolmogorov-Smirnov. En relación a esto, Montgomery D., y Runger G., (2.005), recomiendan la aplicación de dichos test de bondad de ajuste para comprobar si las distribuciones teóricas se ajustan correctamente los datos recolectados. Posteriormente, se diseñó el modelo de simulación que representa las actividades realizadas por la flota de montacargas, por área de trabajo, empleando para ello el software Arena V8. Dicho modelo fue validado por la gerencia de producción, almacén y despacho de la empresa. También, se diseñó el modelo que representa las propuestas de asignación de cargas de trabajo a los montacargas, empleando el software Arena V8.

Resultados y Discusión

Determinación de la Utilización de la Flota Mediante el Muestreo de Trabajo

El muestreo de trabajo efectuado reflejó que la empresa tiene una subutilización del 35% de la flota de montacargas. En promedio, un 14,81% de los montacargas permanecen en el taller en espera de repuestos para su reparación. Durante el muestreo, se evidenció que las cargas de trabajo de los montacargas no están equilibradas, ya que algunos equipos permanecen largos períodos de tiempo sin realizar ninguna actividad, esperando por la llegada de los materiales a movilizar y otros son utilizados para realizar actividades eventuales, por lo que permanecen inactivos en el área de trabajo.

Por otra parte, existen áreas como productos terminados, mayonesa y margarina que tienen montacargas de reserva para sustituir a los equipos cuando presenten fallas operacionales, lo cual incrementa el porcentaje de ocio de los montacargas. El área de mayonesa es un caso particular, posee tres (3) montacargas y una transpaleta eléctrica (pallet jack) como reserva, sin embargo, ocurren paradas de planta por coleo de líneas debido a la falta de montacargas.



Se tomaron los tiempos de servicio, carga y descarga, de los montacargas en las áreas de productos terminados y producción y los valores fueron analizados estadísticamente a fin de conocer la distribución de probabilidades a la cual se ajustan. Estos resultados se presentan en la Tabla 1.

Asimismo, se tomaron los tiempos entre fallas eléctricas, mecánicas y tiempo de servicio, y estos fueron analizados para determinar el ajuste más adecuado, ver Tabla 2. A cada una de las variables se le aplicó las

pruebas de bondad de ajuste, como se ve en las tablas de resultados.

Luego, se diseñaron los modelos de simulación de la situación actual en Arena V8 [Figura 1 y Figura 2], y se le calculó el número de réplicas, para cada modelo. Es importante destacar, que el sistema no inicia vacío, sino que se realiza un período de calentamiento del mismo hasta el momento en que las variables comienzan a estabilizarse, de un total de 12 días.

Tabla 1: Distribuciones de las Variables del Área de Productos Terminados.

Variable	Distribución	p-value (Chi-Cuadrado)	p-value (Kolmogorov)
Tiempo de carga del montacargas al camión pt	TRIA(4.5, 8, 17.5)	0.465	
Tiempo de organizar paletas vacías	9.5 + 33 * BETA(0.855, 1.16)	0.354	
Tiempo de servicio del camión con pt	TRIA(4.5, 20, 55.5)	< 0.005	> 0.15
Tiempo de servicio para gandolas	25 + WEIB(64, 0.728)	< 0.005	> 0.15
Tiempo entre llegada de camiones para cargar con pt	4.5 + WEIB(22.1, 1.43)	0.359	
Tiempo entre llegada de gandolas para cargar con producto terminado	20 + WEIB(61, 0.649)	< 0.005	> 0.15
Tiempo entre llegadas de camiones para descargar paletas vacías	10 + 278 * BETA(0.361, 0.713)	< 0.005	> 0.15
Tiempo entre requerimientos por paletas vacías en almacén	42.5 + 40 * BETA(1.23, 1.4)	0.337	
Tiempo de descarga de paletas vacías	TRIA(4.5, 25, 75.5)	0.410	
Tiempo de buscar paletas con PT desde el ascensor hasta el andén	0.999 + EXPO(1.02)	0.02	> 0.15
Tiempo de buscar paletas desde producción hasta el andén	0.12 + 4.45 * BETA(1.36, 2.14)	0.324	
Tiempo de llenar el camión refrigerado	34 + ERLA(17.4, 2)	< 0.005	> 0.15
Tiempo de llenar el almacén de productos terminados	NORM(67.6, 19.6)	0.247	
Tiempo de llevar paletas desde cavita hasta camiones	1 + WEIB(2.11, 2.09)	< 0.005	> 0.15
Tiempo de llevar paletas desde el andén	WEIB(1.54, 1.64)	< 0.005	> 0.15
Tiempo de llevar paletas desde los rodillos hasta el andén	EXPO(1.29)	0.249	
Tiempo de llevar paletas desde los rodillos hasta la cavita	TRIA(0.5, 1.82, 3.5)	0.593	
Tiempo de llevar paletas vacías a almacén refrigerado	1 + LOGN(2.09, 1.7)	< 0.005	> 0.15
Tiempo de organizar paletas por lotes en el andén	TRIA(0.5, 5, 17.5)	0.250	



Tabla 2: Distribuciones de Fallas de los Montacargas.

Variable	Distribución	p-value (Chi-cuadrado)	p-value (Kolmogorov)
Fallas eléctricas montacargas 13	NORM (117, 18.1)	> 0.539	
Fallas eléctricas montacargas 17	TRIA (73.5, 116, 163)	> 0.563	
Fallas eléctricas montacargas 22	TRIA(133, 211, 288)	> 0.750	> 0.15
Fallas eléctricas montacargas 27	73.5 + ERLANG(10.3, 4)	0.155	
Fallas eléctricas montacargas 3	21.5 + ERLANG (3.3, 5)	0.0648	
Fallas mecánicas montacargas 13	NORM (53.3, 10)	0.479	
Fallas mecánicas montacargas 17	18 + 216*BETA(2.79, 4.65)	< 0.005	> 0.149
Fallas mecánicas montacargas 22	21.5 + WEIB(18.5, 2.71)	0.256	
Fallas mecánicas montacargas 3	142 + 253*BETA(3.79, 4.94)	0.0655	> 0.15
Fallas por servicio montacargas 17	NORM (252, 40.1)	0.212	
Fallas por servicio montacargas 22	TRIAN(4.5, 13.9, 21.5)	> 0.750	
Fallas por servicio montacargas 3	1.5 + WEIB (12.6, 2.82)	0.193	
Fallas por servicio montacargas 13	NORM(214, 31.5)	0.750	> 0.15

Figura 1: Modelo Simulación de Situación Actual en Áreas de Producción.

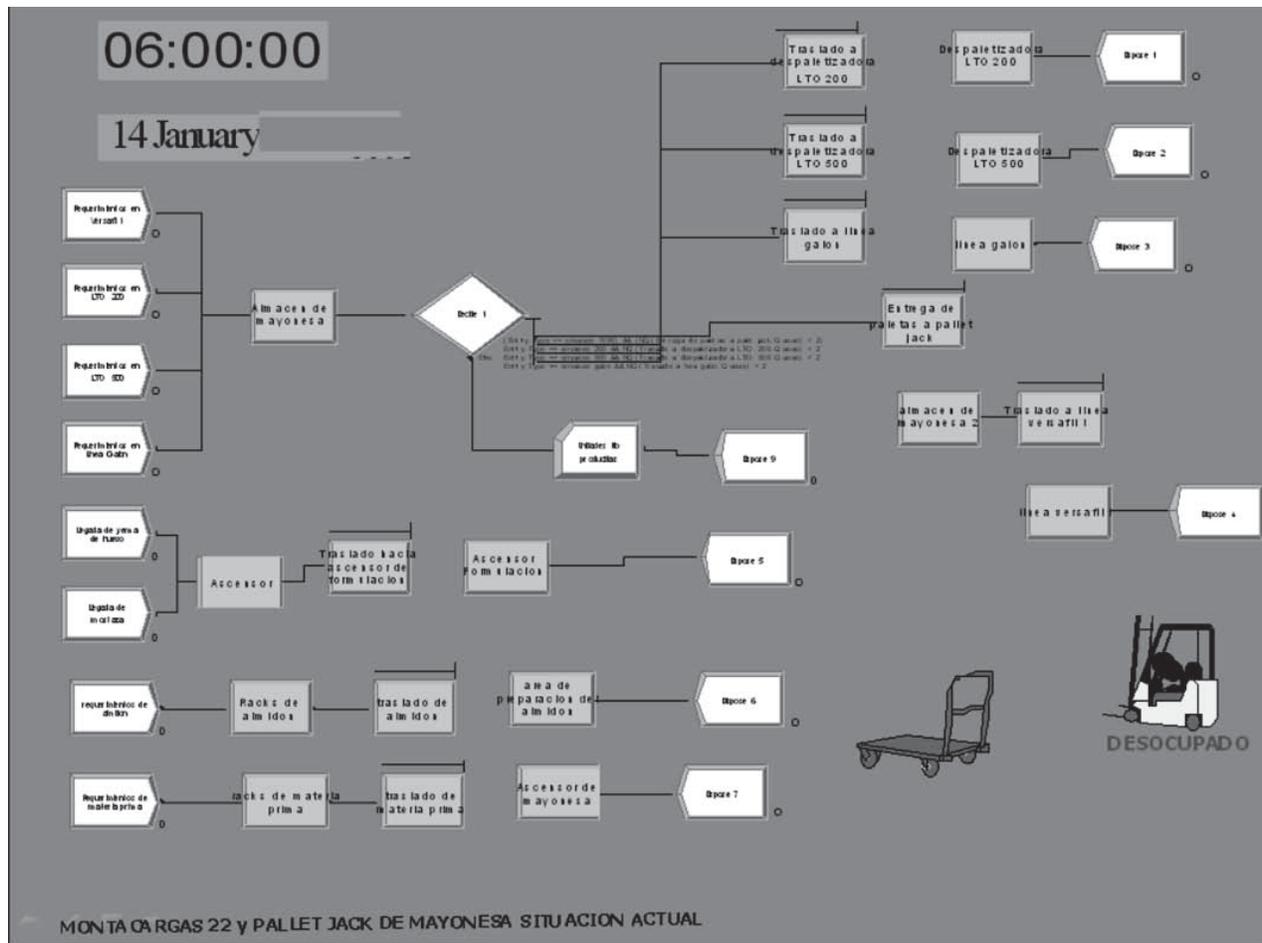
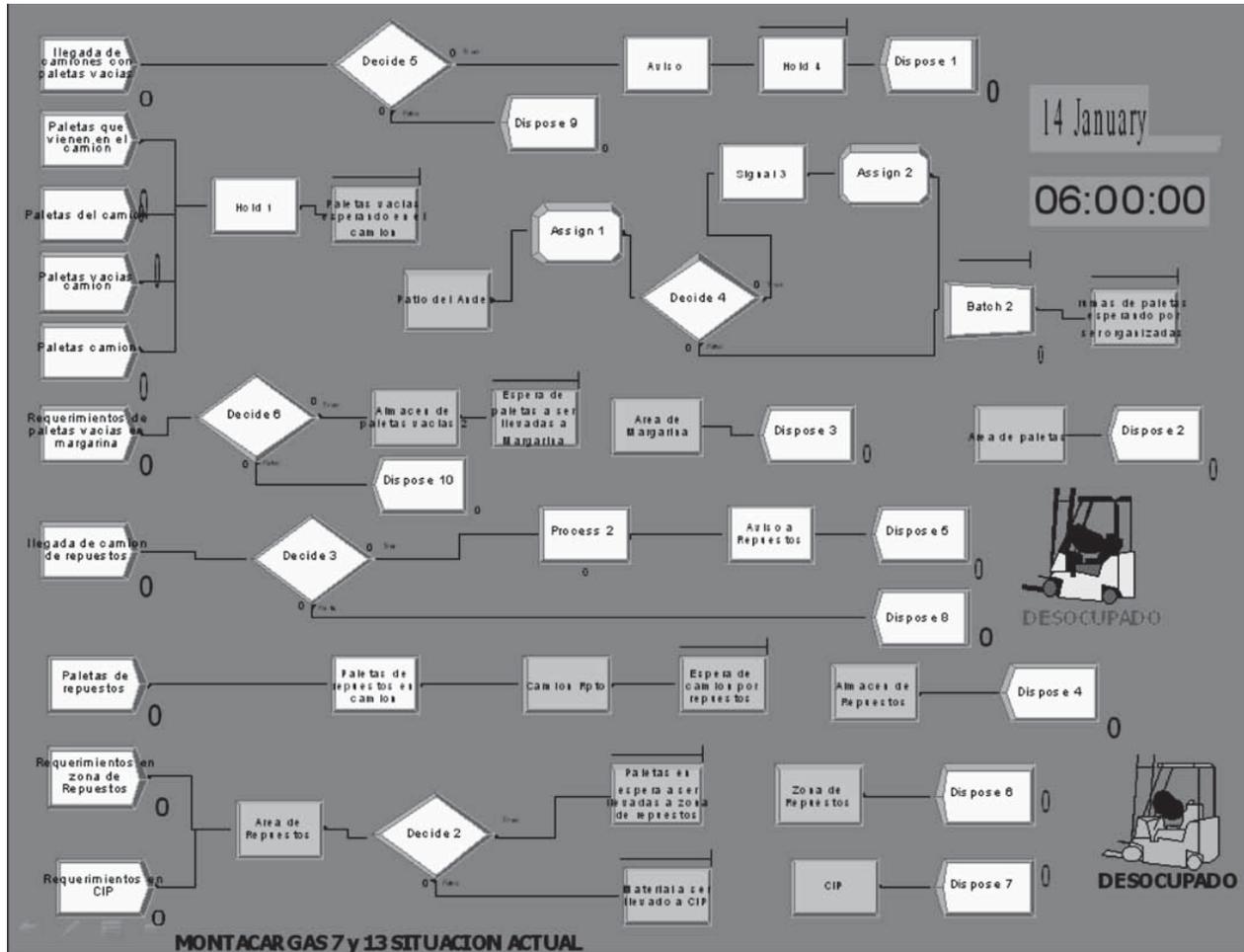




Figura 2: Modelo Simulación de Situación Actual en Áreas de Productos Terminados.



Los resultados de la simulación incluyen el porcentaje de utilización, calculado en función a la relación entre el tiempo de servicio y tiempo disponible de cada montacargas, ver Tabla 3. Además, se le incluyeron los costos asociados a la ocupación de los equipos y el costo asociado al tiempo improductivo u ocio.

El resultado de la simulación refleja que existen montacargas con mayores porcentajes de ocupación que otros, de forma desbalanceada. Algunos tienen un porcentaje de ocupación de 64,01%; 76,15% y 80,11%, mientras que otros son usados sólo un 4,99% o un 13,41%, entre otros, ver Tabla 3. Además, se observaron tiempos de paradas, en líneas de producción, por falta de montacargas que suministre los materiales. Se observó también, que existen tiempos elevados de atención a gandalas de productos terminados, sobre todo en horas de la mañana.

Una vez revisados los resultados, se plantearon propuestas como las siguientes:

- Adquisición de un montacargas nuevo para el área de mayonesa y desincorporación de equipos ociosos, y equipos que generan paradas. (El reemplazo de equipos fue justificado mediante un

análisis económico que demostró la factibilidad de la propuesta). En consecuencia, un solo equipo se encargará de realizar las actividades, en lugar de dos equipos.

- Redistribución de las cargas de trabajo en el área de productos terminados, combinando las actividades, y que en los horarios de mayor saturación del almacén (de 6:00am a 10:00am), la carga de gandalas sea efectuada por dos montacargas simultáneamente.
- Combinación de actividades de los montacargas en cada área de producción y crear una cuadrilla de montacargas de uso común (pool) con los equipos restantes, con el fin de mantenerlos disponibles para suplir los requerimientos de servicio cuando ocurra una falla operacional en algún montacargas.

Para la evaluación de las propuestas de reasignación de cargas de trabajo, así como el pool de montacargas, se planteó un modelo de simulación, el cual permite comparar los resultados con la situación actual, ver Tabla 4.



Tabla 3: Resultados del Modelo de Simulación de la Situación Actual.

Equipos	% Utilización	Costos De Ocupación (Bs.F/mes)	Costos Por Ocio (Bs.F/mes)
Montacargas N° 22	64.01	9.912,72	5.574,11
Transpaleta eléctrica	13.41	712,75	4.601,04
Montacargas N° 2	76.15	8.374,77	2.623,23
Montacargas N° 3	4.99	176,57	3.359,67
Montacargas N° 35	72.5	9.599,23	1.123,79
Montacargas N° 17	58.96	8.353,83	3.703,22
Montacargas N° 27	51.94	6.144,75	5.685,02
Montacargas N° 30	80.11	12.502,35	3.103,61
Montacargas N° 13	69.19	3.107,28	1.383,70
Montacargas N° 7	9.34	172,43	1.674,48

Tabla 4: Comparación de resultados de Simulación de Situación actual y Propuestas.

EQUIPOS	% Utilización	
	Situación Actual	Propuesta
Montacargas Área de Mayonesa (N° 22)*	64.01	86.58 *
Transpaleta eléctrica	13.41	
Montacargas N° 2	76.15	82.34
Montacargas N° 3	4.99	
Montacargas N° 35	72.5	62.36
Montacargas N° 17	48.96	58.59
Montacargas N° 27	51.94	62.21
Montacargas N° 30	80.11	75.29
Montacargas N° 13	69.19	78.52
Montacargas N° 7	9.34	

* En el área de mayonesa para la simulación propuesta se empleó el montacargas nuevo, realizando la respectiva desincorporación de montacargas ociosos, según la propuesta.

Conclusiones y recomendaciones

En cuanto a la situación actual de la flota de montacargas en la empresa, se evidencia una subutilización de equipos, un desbalance en las cargas de trabajo y la generación de paradas de líneas de producción, debido a un inadecuado manejo de materiales. El uso del modelo de simulación en arena V8, permitió el análisis técnico de esta situación. Además, las propuestas planteadas fueron evaluadas con un modelo de simulación que demostró el incremento de la disponibilidad de equipos, la eficiente utilización de montacargas y asignación de cargas de

trabajo equilibradas, lo cual es logrado con la aplicación de las propuestas.

La subutilización de la flota de montacargas observada se debe a que algunas áreas tienen más equipos de los necesarios (en caso de que algún montacargas falle), mientras otras tienen un solo equipo que trabaja en exceso, generando un desbalance en las cargas de trabajo, lo cual reduce la eficiencia de la flota y conlleva a un inadecuado manejo de materiales. Sin embargo, el manejo de materiales es ineficiente observándose, incluso, paradas de las líneas de producción. Las causas que originan esta ineficiencia son: inadecuada planificación de la adquisición de equipos, montacargas con obsolescencia y deterioro y enfoque aislado de cada una de las áreas acerca de la utilización de montacargas y asignación de actividades de manejo de material. Con el modelo de simulación de la situación actual se demuestra el desbalance de cargas de trabajo existente en la flota.

Los modelos de simulación de las propuestas planteadas permiten evaluar dichas propuestas, evidenciándose una mejor distribución de la carga de trabajo lo que permite incrementar la productividad de las operaciones de carga y descarga de camiones, disminuyendo la longitud de las colas y el tiempo de permanencia de los camiones en la planta.

Además, se puede observar la disminución de la subutilización de equipos con la creación de la cuadrilla de montacargas de uso común, incrementando la disponibilidad de los equipos para tener una rápida respuesta en el servicio.

Finalmente, se recomienda para futuras investigaciones dentro de la misma empresa, realizar un modelo de simulación para todo el sistema de manejo de materiales, a fin de evaluar su eficiencia, no sólo a nivel de la flota de montacargas, además. En relación al software de simulación, es recomendable emplear nuevas versiones, a fin de tener un mayor aprovechamiento del mismo.



Agradecimientos

Agradecimientos especiales al Ingeniero Rubén González, gerente de la empresa en la cual se desarrolló el presente estudio de investigación, por el apoyo técnico brindado.

Referencias

- Briceño, J. y Graciano F. (2006). Mejoras en la Logística para el Proceso de Carga (Caso: Pepsi-Cola Venezuela C.A. Agencia Valencia). Trabajo de Grado. Universidad de Carabobo. Venezuela
- Burgos, F (2002). Ingeniería de métodos. Calidad Productividad. Universidad de Carabobo, Edición III. Venezuela
- Carmona, H. (2001). Gestión de Flotillas. Enfoque Integral para la Administración del Servicio. Trabajo de Ascenso. Universidad de Carabobo. Venezuela.
- Jiménez L., y Cala Y. (2.006). Diseño de un Simulador para el Área de Pintura de una Empresa Ensambladora Automotriz (Caso: General Motors Venezolana C.A.). Trabajo de Grado. Universidad de Carabobo. Venezuela
- Jiménez, M. (2009). Construcción de un Modelo de Simulación para Evaluar el Sistema de Transporte de una Empresa. Trabajo de Ascenso. Universidad de Carabobo. Venezuela.
- Kelton, D. (2.002). Simulation With Arena. 2da Edición. Editorial Mc Graw-Hill. Book Company. USA
- Montgomery D., y Runger G. (2.005). Probabilidad y Estadística Aplicadas a Ingeniería. Editorial Mc Graw-Hill. México D.F.
- Moreno J., y Reyes R. (2.004). Análisis y propuesta de implementación de Herramientas para la mejora en la ubicación y manejo de materiales dentro del Centro de Distribución Interceramic. Trabajo de Grado. Universidad de las Américas Puebla, México.
- Rockwell –Software, Inc USA. (2.003) Manual Arena – Version 8.



Software para la Traducción de Lenguaje Escalera a Lista de Instrucciones, Destinado a la Programación de un Autómata

Aída R. Pérez R., Fausto A. González E. y Francisco A. Álvarez G.¹

¹Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica.
Departamento de Sistemas y Automática.

aperezr@uc.edu.ve, ingfaustogonzalez@gmail.com, faalvarezg@gmail.com

Resumen

Los autómatas programables (PLC: Programmable Logic Controller), son dispositivos electrónicos industriales que ejecutan una secuencia de instrucciones mediante un microcontrolador o un microprocesador, para lograr automatizar un determinado proceso. Muchos autómatas implementan una programación gráfica, denominada diagrama escalera, que por su facilidad de aprender y por su parecido con la lógica de contactos, es ampliamente usada en el campo de la automatización industrial. Para ejecutar esta programación, es necesario que el software de programación para el PLC, cuente con una herramienta para traducir el diagrama escalera a lenguaje máquina. En la presente investigación, se llevó a cabo el diseño y desarrollo de un software, que realiza un primer paso de traducción de la programación gráfica a una programación escrita denominada lista de instrucciones. El software fue desarrollado bajo ambiente Java, por ser éste un lenguaje multiplataforma. Se utilizó la programación orientada a objetos, la cual permitió realizar un diseño modular de las diferentes funciones del software. Se diseñaron métodos (rutinas de programación) para la verificación del diagrama escalera antes de su conversión a lista, con la finalidad de detectar los errores producto de un código lógicamente mal estructurado por un usuario. Luego de realizar las pruebas pertinentes al software desarrollado, se pudo comprobar su completa operatividad. Este software ofrece las funcionalidades básicas que se consiguen en un PLC comercial: manejo de contactos normalmente abiertos y cerrados, bloques temporizadores, contadores, memoria interna de bits, relés set-reset, y manejo de entradas y salidas analógicas y digitales.

Palabras clave: controladores lógicos programables (PLCs), Java, software traductor, programación escalera.

Software for translating from ladder language to an instructions list, conceived for an automaton's programming

Abstract

Programmable automaton (PLC: Programmable Logic Controllers) are industrial electronic devices, which execute a sequence of instructions through an internal microprocessor or microcontroller, for the automation of a specific process. Many an automaton implements graphical programming, known as 'ladder diagrams', because of its simplicity and similarities with contact's logic, broadly extended in the industrial automation area, being used in the field of industrial automation. In order to execute this program, the programming software for the PLC must include a tool for translation from ladder diagrams to machine code. Main purposes of this research are the design and development of software, which performs a first step on translating graphical programming to a pseudo-code defined as instruction list. This software was developed using Java programming, which is a language for multiple operative systems. Programming object oriented was used, in order to get a modular design for several functions in the software. Different methods (programming routines) were designed for the verification of ladder diagrams before its translation to instruction list; with the intention of detect errors caused by user code logically mistaken. Tests of functionality for the software of translating were applied, so its performance could be verified. This software offers basic functionalities presented in a typical PLC: the use of normally open and closed contacts, temporized blocks, counters, internal bit memory, set-reset relays, and handle of digital and analog inputs/outputs.

Key words: programmable logic controllers (PLC), Java, translating software, ladder programming.

Introducción

Desarrollar proyectos de automatización, utilizando PLCs (Controladores Lógicos Programables), para facilitar la sistematización de procesos en los diferentes campos industriales, implica una solución eficaz y eficiente. En la actualidad, una gran variedad de estos dispositivos permite ser programados mediante diagramas escalera, los cuales son de fácil aprendizaje para personas que tienen poca o ninguna experiencia como programadores, (Mandado, 2004). Otro de los lenguajes disponibles para programar los PLCs, lo constituye la lista de instrucciones, lo cual requiere mayor conocimiento y entrenamiento en programación que, generalmente, las personas en el ámbito de la automatización industrial

no manejan, hecho que ameritaría una gran inversión de tiempo y dinero para que las mismas aprendan dichos lenguajes.

Abordando la problemática antes planteada, se llevó a cabo el diseño y desarrollo de un software que permite la conversión del lenguaje de programación gráfica a programación de lenguaje lista, destinado a la programación con autómatas. El software para programación del dispositivo, se desarrolló usando el lenguaje de programación Java el cual, por ser un lenguaje interpretado, se compila en tiempo real por una herramienta de software desarrollada por Sun Microsystems llamada Java Virtual Machine (máquina virtual de Java), gratuita y se encarga de realizar la



traducción de las instrucciones al lenguaje máquina de la plataforma del sistema operativo, utilizado en dicho momento, lo cual garantiza que se cumpla el principio de las aplicaciones “multiplataforma”.

Metodología

Este proyecto es considerado como factible, ya que consta de la elaboración de una propuesta viable, un diseño de software con base en un proceso de investigación previo. También, ha tenido el apoyo de una investigación de tipo documental. Se utilizó como metodología de diseño, la programación orientada a objetos, la cual se basa en el uso de clases y sus métodos. Una clase es una plantilla para la creación de objetos. Cuando se crea un objeto (instanciación) se ha de especificar de qué clase es el objeto instanciado, para que el compilador comprenda las características del objeto. Los métodos son las funciones mediante las cuales las clases representan el comportamiento de los objetos. En dichos métodos se modifican los valores de los atributos del objeto (García J. y Rodríguez, 200). Como primer paso, se creó una interfaz gráfica de usuario (GUI: Graphical User Interface), donde el diseñador realiza sus programas en lenguaje escalera y luego, la herramienta de software ejecutará la traducción correspondiente a programación en lista de instrucciones.

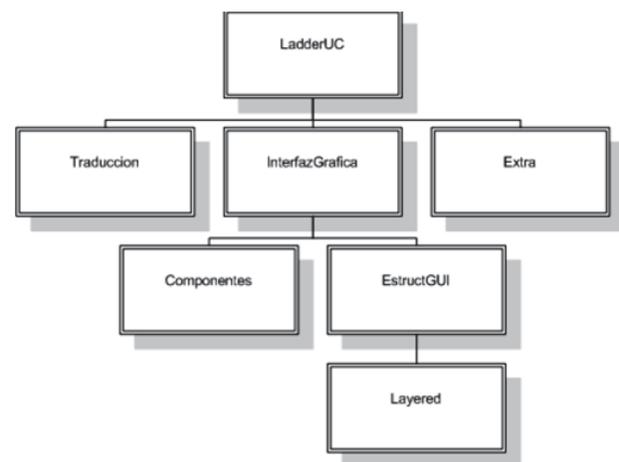
Para la traducción de código, se definieron los métodos utilizados en las clases de Java, así como también, los parámetros de entrada y de salida de dichos métodos. La verificación de código escalera, es un paso necesario para evitar que el proceso de traducción produzca errores producto de un código escalera lógicamente mal estructurado. Esta verificación se implementa mediante una serie de métodos encapsulados en una clase de Java, la cual tiene, entre sus parámetros de entrada, el código escalera a verificar y sobre el cual ejecutará una serie de funciones, basadas en criterios de verificación, que se definen en una sección posterior.

La interfaz gráfica permite al usuario comunicarse con las rutinas de traducción y verificación. La interfaz se divide en bloques de trabajo, siendo los más importantes: el menú de funciones del software, los menús de elementos del diagrama escalera, configuración de bloques y lista de alias y el área de desarrollo del diagrama escalera. La herramienta de software desarrollada, está conformada por una serie de clases, que contienen los diversos métodos necesarios para lograr las funciones de traducción requeridas. Estas clases están organizadas en paquetes, que actúan como carpetas contenedoras de las mismas y se utilizan para ordenar, en forma lógica, a las clases dentro de la herramienta de software. La estructura jerárquica de los paquetes viene dada de la forma descrita por la figura 1.

El primer paquete de la figura 1, contiene todas las clases relacionadas con la traducción de código de

lenguaje escalera a lenguaje lista (paquete Traducción); el segundo contiene una serie de clases de funcionalidad variada (paquete Extras), destacándose, por ejemplo, la clase que verifica los circuitos en diagrama escalera, la que implementa la lógica relacionada con la generación de una línea de conexión entre elementos de un circuito, o la encargada de lectura y escritura de los datos de diseños almacenados en archivos, entre otras. El último paquete (“InterfazGrafica”) es la columna dorsal del software, ya que almacena los elementos gráficos correspondientes a la herramienta en sí y a la generación y presentación de circuitos. Este paquete se subdivide en los paquetes “Componentes” y “EstructGUI”, conteniendo el primero, todas las clases correspondientes a los elementos utilizados en los circuitos del diagrama escalera y su funcionalidad aplicada y el segundo, una serie de clases encargadas del manejo y funcionalidad de la interfaz gráfica de la herramienta de software. El paquete “EstructGUI” tiene, también, otro paquete anidado llamado “Layered”, el cual posee clases que manejan la funcionalidad de la interfaz gráfica, (González y Álvarez, 2007).

Figura 1: Estructura jerárquica de los paquetes en la herramienta de software.



Definición de tipos de variables y nomenclatura

Para el diseño de la interfaz gráfica, fue necesario definir los tipos de variables a manipular en el PLC. Estas variables son: entradas y salidas digitales (booleanas), bits para marcas internas de memoria, bloques temporizadores, bloques contadores, entradas y salidas analógicas. La Tabla 1 muestra la nomenclatura para dichas variables, indicando también cantidad de cada tipo de variable.

Bloques de programación implementados en la herramienta de software

Los bloques de programación constituyen poderosas herramientas cuando se trabaja con autómatas programables, ellos implican un desarrollo de rutinas de

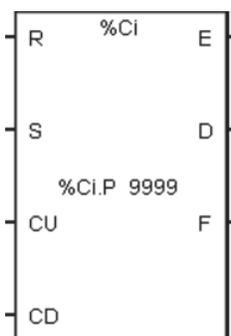
**Tabla 1:** Nomenclatura de las variables usadas en el software.

Variables	Nomenclatura	Variables	Nomenclatura
12 Entradas Digitales	%I0 - %I11	8 Bloques Temporizadores	%TM0 - %TM7
8 Salidas Digitales	%Q0 - %Q7	2 Entradas Analógicas	%IAN0 - %IAN1
64 Marcas Internas de Memoria	%M0 - %M63	2 Salidas Analógicas	%QAN0 - %QAN1
8 Bloques Contadores	%C0 - %C7	-----	-----

programación considerablemente extensas y complejas, hecho que se convirtió en una limitante para la implementación de una mayor cantidad de bloques, por lo que se decidió implementar, solamente, los bloques más básicos y más utilizados en cualquier PLC comercial, estos son los contadores y los temporizadores. Estos bloques tienen entradas y salidas de tipo booleanas, que admiten sólo dos posibles valores, 1 lógico que indica que está activada o encendida y 0 lógico que indica que está desactiva o apagada.

Contadores

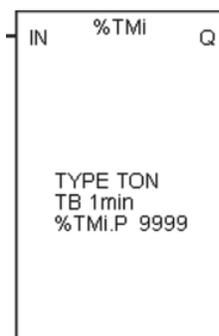
En la figura 2 se muestra un bloque contador tal como aparece en la interfaz para el diagrama escalera. Dichos bloques realizan una cuenta desde 0 hasta 9.999, en forma ascendente/descendente y cíclicamente (Manual de operaciones TSX07Nano Telemecanique, 1993). Los contadores están enumerados desde el 0 (%C0) hasta el 7 (%C7), para un total de 8 contadores. Para almacenar el valor de la cuenta se utilizan 2 bytes y se usan 2 bytes adicionales para guardar el valor de preselección, introducido por el usuario. Cuando se activa la entrada "R" (Reset) del contador, este reinicia la cuenta a 0 y coloca las salidas E (Empty), D (Done) y F (Full) a 0, o sea, las desactiva. La entrada "R" es prioritaria, ya que si está activa no serán tomadas en cuenta las restantes entradas del bloque. Cuando la entrada "S" (Set) está activa, el contador iguala el valor actual de la cuenta al valor de preselección y coloca las salidas E y F a 0 y la salida D a 1. Esta entrada tiene el segundo orden en prioridad después de "R".

Figura 2: Detalle de un bloque contador en la interfaz gráfica.

La entrada "CU" (Count Up) detecta cuando hay un flanco ascendente en ella (cambio del valor en esta entrada de 0 a 1 lógico, o transición α) para aumentar el valor de la cuenta en uno. Si la cuenta llega a 10.000, entonces, la reinicia a 0 y se activa la salida "F". Luego, detecta si el valor actual de la cuenta es igual al valor de la preselección, en cuyo caso activará la salida "D". Si luego de haber pasado la cuenta de 9.999 a 0, el contador sigue con la cuenta ascendente, entonces la salida "F" volverá a 0. La entrada "CD" (Count Down) detecta cuando hay un flanco ascendente en ella para disminuir el valor de la cuenta en uno. Si el valor de la cuenta está en 0 y se presenta un flanco ascendente en la entrada "CD", entonces el nuevo valor de la cuenta será 9.999, en cuyo caso se activará la salida "E", de lo contrario permanecerá desactivada. Por último, detecta si el valor actual de la cuenta es igual al valor de preselección para determinar si activa la salida "D".

Temporizadores

En la figura 3, se ilustra un bloque temporizador. Estos bloques sirven para contar tiempo (Manual de operaciones TSX07Nano Telemecanique, 1993). Los temporizadores están enumerados desde el 0 (%TM0) hasta el 7 (%TM7), para un total de 8 temporizadores.

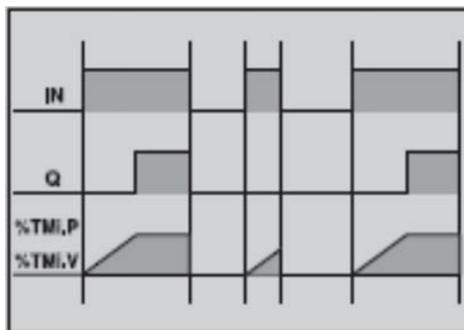
Figura 3: Detalle de un bloque temporizador en la interfaz gráfica.

Al momento de diseñar el programa en escalera, el usuario elige los parámetros de configuración de este bloque, que son el tiempo base (TB) con las opciones de 2 ms, 10 ms, 1 s y 1 min; el valor de preselección desde 0 hasta 9.999 en pasos enteros; y el tipo de temporizador, tipo TON (Time On) y TOF (Time Off). El tiempo que contará el temporizador será el resultado de la multiplicación



del tiempo base por el valor de preselección %TMI.P, donde el subíndice “i” corresponde al temporizador con que estemos trabajando. Todos los temporizadores tienen un error máximo de $\pm 0,2 \mu s$, independientemente cual sea la base de tiempo elegida ni el número del contador. El máximo tiempo de conteo elegible por el usuario es de 9.999 min. Para almacenar este valor de la cuenta actual, el microcontrolador requiere de 4 bytes. Cada temporizador también utiliza 4 bytes adicionales para almacenar el valor de la preselección %TMI.P. Este valor de preselección no puede ser cambiado durante la ejecución del programa, sólo en el momento de la creación en lenguaje escalera. En la figura 4 se muestra el diagrama de tiempo de un temporizador tipo TON.

Figura 4: Diagrama de tiempo de un temporizador tipo TON.



Para el caso del temporizador tipo TON, cuando su entrada booleana IN pasa de 0 a 1, el temporizador empieza a contar el tiempo predefinido; la entrada IN debe permanecer en 1 para que el bloque pueda completar la cuenta de ese lapso de tiempo. Cuando se alcanza el tiempo predefinido, la salida booleana Q pasa de 0 a 1 y permanece en dicho valor mientras no se apague la entrada IN.

Verificación del diagrama escalera a ser traducido a código lista

Una vez que el usuario haya elaborado su diagrama escalera, utilizando la aplicación de software, el mismo es sometido a un proceso de verificación antes de comenzar la traducción del diagrama a lenguaje tipo texto, esto para evitar que el usuario cometa errores que no permitan la correcta traducción del mismo. Dicha verificación se realiza cada vez que un circuito o bloque es añadido al diagrama escalera por el usuario, de manera que, el mismo pueda corregir al momento su error, procurando de esta manera brindar al usuario la experiencia más grata posible con la herramienta de traducción. Este proceso se realiza teniendo en cuenta una serie de criterios, los cuales serán mencionados a continuación:

- ♦ El cableado de las líneas deberá finalizar en cualquiera de las bobinas, o en un paralelo, evitando en todo momento que se produzcan circuitos abiertos.

- ♦ No podrá cortocircuitarse ningún elemento de forma franca.
- ♦ Todos los paralelos establecidos en el diseño y las líneas que de estos se deriven, deberán comenzar y finalizar en las mismas columnas.
- ♦ No pueden colocarse los elementos “XOR” en paralelo con algún otro elemento, ya que siempre es necesario un elemento precedente para realizar la operación lógica.
- ♦ Los elementos “XOR” no podrán ser los primeros al inicio de la línea, o de un paralelo, debido a que es necesaria la presencia de otro elemento para realizar la operación lógica.
- ♦ Los contactos de tipo “fall” o “raise” solamente podrán ser asignados a las entradas del autómata.
- ♦ Deberá verificarse que los nombres de los elementos dispuestos en el diseño estén correctamente escritos y dentro del rango de elementos disponibles para cada tipo.
- ♦ No podrán cortocircuitarse las salidas de los bloques, ni existir cortocircuitos francos en las entradas de los mismos.
- ♦ No podrán disponerse elementos debajo de un bloque.
- ♦ Las bobinas del diseño sólo podrán ser asignadas a una sola posición de memoria, no pudiéndose repetir esta.
- ♦ En un circuito sólo podrá existir una línea independiente, evitándose así las líneas flotantes.

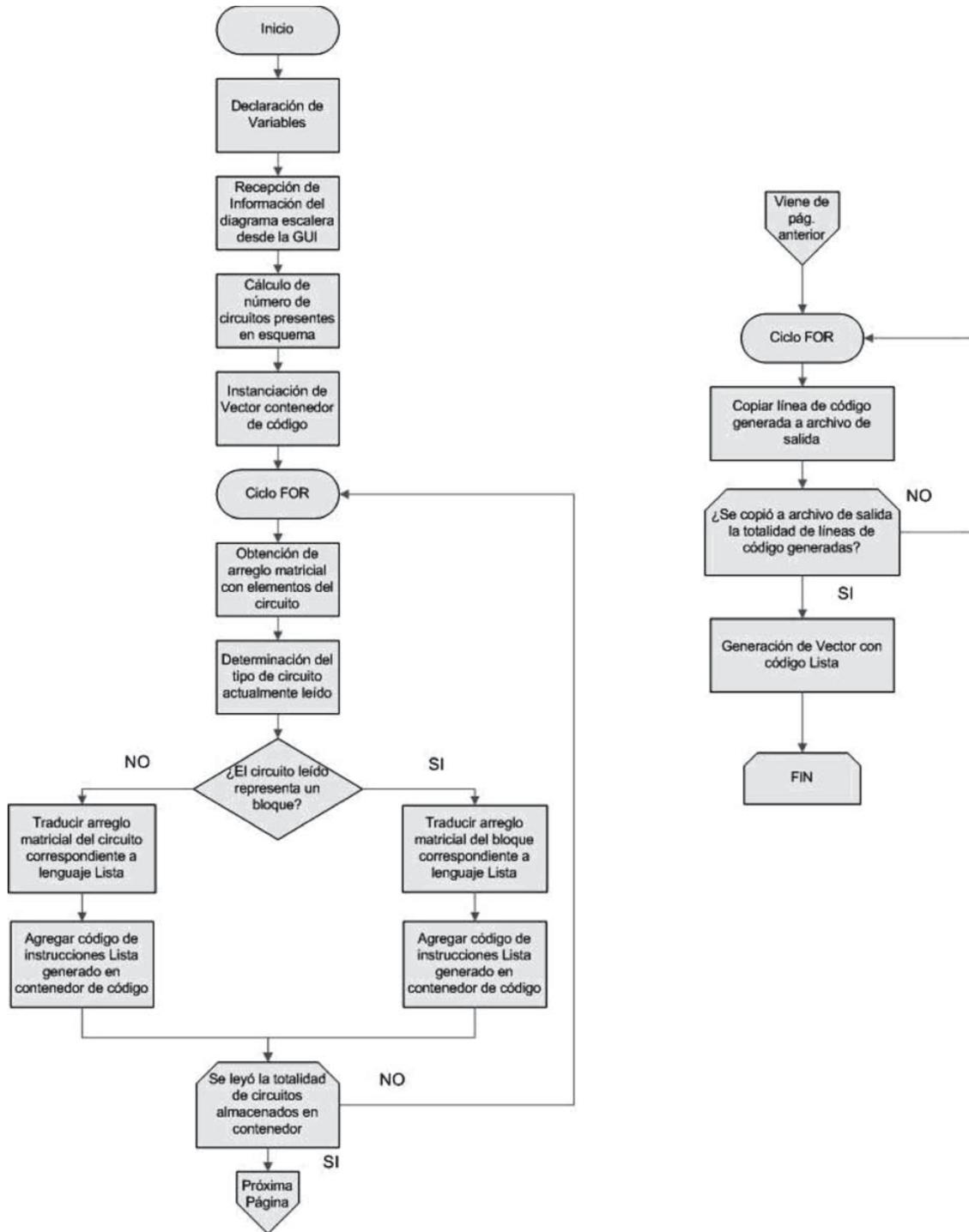
En caso de existir errores en el diseño realizado por el usuario, la herramienta de traducción está en la capacidad de advertir al usuario sobre su posible error a partir de la revisión del circuito hecha anteriormente. Para ello, realiza las verificaciones correspondientes a cada una de las premisas anteriores en el orden dado, devolviendo el listado completo de errores al usuario. Es importante señalar que, la herramienta de traducción no realiza la generación de código ensamblador hasta que el proceso de verificación haya resultado satisfactorio para todos los circuitos y bloques de programación presentes en el diagrama escalera a traducir, esto con la finalidad de evitar la aparición de errores durante la compilación, en la ejecución de las rutinas de programación efectuada por la máquina virtual de Java (González y Álvarez, 2007).

Traducción de diagramas escalera a código en lenguaje lista

La figura 5 muestra el algoritmo para la rutina para la traducción de código de diagrama escalera a lista de instrucciones. La rutina realiza una lectura de los elementos correspondientes al diagrama escalera, desde un vector enviado por la interfaz gráfica, verificando, previamente, que dicho diagrama no contenga errores, siguiendo las reglas señaladas en una sección anterior.



Figura 5: Diagrama de flujo para la traducción de diagrama escalera a código lista.



La rutina de programación comienza con la instanciación de variables. Una vez obtenido el vector como parámetro de entrada para la rutina, el mismo es procesado, para determinar el número de circuitos y bloques de programación representados en el diagrama. Con dicho número obtenido, se ejecuta un ciclo FOR que permite trabajar sobre cada circuito en forma específica. De esta manera, se procesan las líneas de texto correspondientes a cada circuito, tanto para obtener

la representación matricial del mismo, como para poder determinar si se trata de un circuito o de un bloque de programación.

Dependiendo de si se está trabajando con un circuito o con un bloque de programación, se utilizan distintos métodos de procesamiento de la información. Para el caso de un circuito, se recurre a la lectura de los elementos que conforman el mismo en una forma lógica, emulando en cierta medida la lectura humana. Es decir, la



lectura se realiza siguiendo criterios, como la agrupación de los elementos en paralelo, el almacenamiento de posiciones o la declaración de instrucciones de pilas, normas para la realización de operaciones lógicas, entre otros. Si, por el contrario, se trabaja con un bloque de programación, el programa verifica el tipo de bloque de programación si se trata (temporizadores o contadores), para poder determinar cuáles posiciones del mismo son entradas o salidas y si las mismas están cableadas o no. En caso de estarlo, el programa realiza la traducción de código correspondiente, teniendo en cuenta, solamente, las operaciones lógicas ya que en este caso no se permite colocar elementos en paralelo. Una vez completado el ciclo, las líneas de código generadas son enviadas al buffer de salida, el cual se encarga de escribirlas en un string o cadena de salida que se corresponderá con la traducción a lenguaje lista del programa original en lenguaje escalera.

Resultados

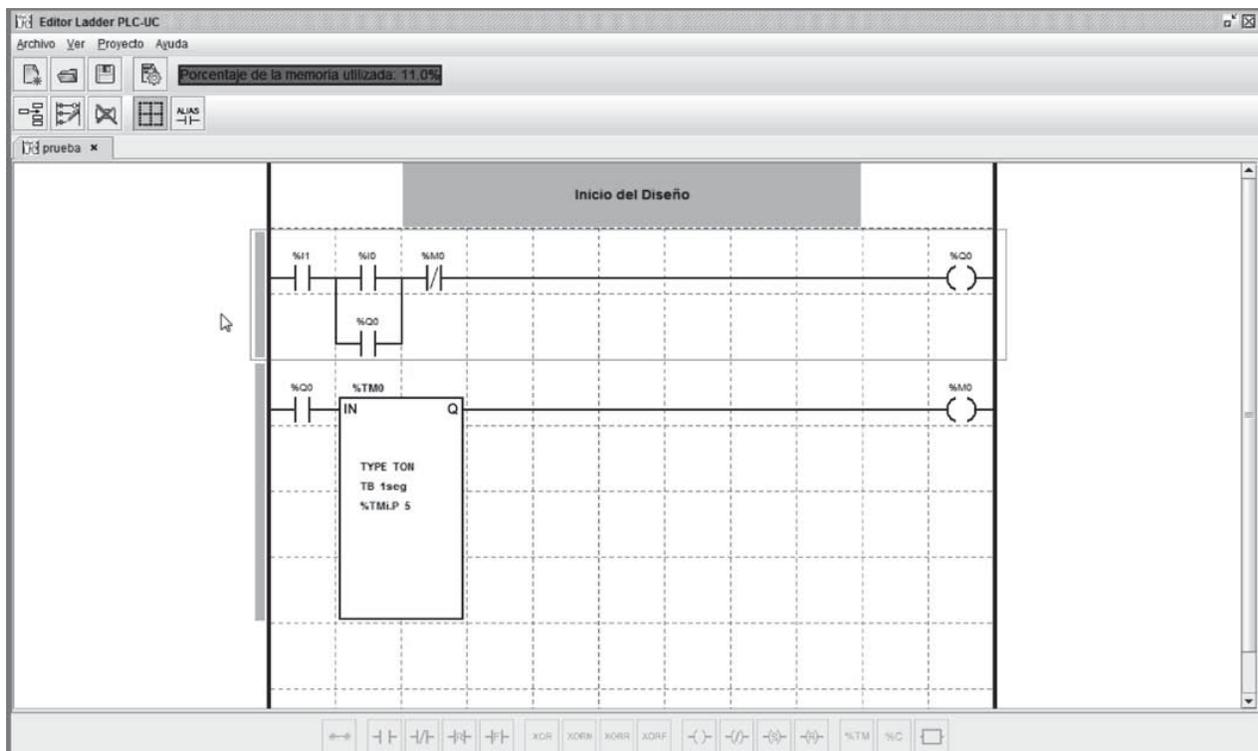
El software de traducción desarrollado en este trabajo efectivamente permite, tal como puede deducirse de las pruebas efectuadas, introducir una rutina de programación en lógica cableada (diagramas escalera) a la interfaz y obtener un código en lenguaje lista. El usuario del software puede trabajar de forma sencilla con los diferentes elementos y bloques de programación temporizadores y contadores, proporcionando funcionalidades como la generación de archivos con

el código en lenguaje lista resultante de la traducción. En la figura 6 se muestra una vista de la interfaz gráfica del software, donde también aparece como ejemplo, un programa creado en diagrama escalera. La interfaz gráfica desarrollada para la herramienta de traducción dispone de los elementos básicos para que el usuario pueda construir sus diagramas escalera en forma sencilla, en un ambiente lo suficientemente amigable, (Depcik, & Denno, 2004).

El diagrama escalera de la figura 6-a, sirve para controlar un proceso que tiene un pulsador de inicio, normalmente abierto, conectado en la entrada 0 (variable %I0) del PLC y otro pulsador de parada, normalmente cerrado, conectado en la entrada 1 (variable %I1). Cuando se presiona el pulsador de inicio se activa la variable %Q0 en la cual podría estar conectada una luz piloto y ésta permanece en este estado durante 5 s (determinados por el temporizador 0 %TM0, de tipo TON). Una vez que pasa este tiempo, la salida vuelve a su estado inicial, es decir, se apaga. Si se presiona el pulsador de parada antes de cumplirse el tiempo de 5 s, entonces, la salida se desactiva y el valor de la cuenta actual del temporizador se reinicia. La figura 7 muestra el código en lista de instrucciones generado por el software de traducción para el diagrama escalera indicado.

Para verificar que los diagramas escaleras y sus códigos de lista de instrucción generados eran correctos en cuanto a diseño y funcionamiento, se utilizaron otras herramientas de software: un traductor de lenguaje lista a

Figura 6: Ejemplo de un diagrama escalera desarrollado en la interfaz.





código ensamblador desarrollado en el Departamento de Sistemas y Automática de la Universidad de Carabobo (González y Álvarez, 2007) y luego, un programa en su versión de acceso libre en la red (MPLAB) para traducir de lenguaje ensamblador a lenguaje máquina. Una vez obtenido el lenguaje máquina, dicho código fue simulado en el mismo programa MPLAB y se pudo comprobar el funcionamiento lógico del diseño realizado originalmente en diagrama escalera.

Figura 7: Resultado de la traducción de un diagrama escalera a lista de instrucciones.

```
LD %I1
AND( %I0
OR %Q0
)
ANDN %M0
ST %Q0
BLK %TMO
LD %Q0
IN
OUT_BLK
LD Q-
ST %M0
END_BLK
```

Durante las pruebas de verificación realizadas, se comprobó que la traducción de los diagramas escalera fue efectuada en tiempos por el orden de centenas de milisegundos, dando este hecho una medida de la velocidad de ejecución de las rutinas implementadas por parte de la máquina virtual de Java. Este tiempo de la compilación del código lista generado, fue determinado mediante el compilador NetBeans IDE 6.8 para Java, ejecutándose este en una computadora Pentium D de 2.8GHz, con 1GB de memoria RAM y con Windows XP como sistema operativo. En cuanto a recursos de memoria RAM demandados por este programa en ejecución fue aproximadamente 25.000 K para la Máquina Virtual de Java.

Conclusiones

La herramienta de software desarrollada tiene cierto nivel de inteligencia incorporada, en el sentido que tiene la capacidad de poder verificar el diseño en lenguaje escalera generado por el usuario, garantizando de esta forma mayor eficiencia a la hora de la generación de código en lenguaje lista, minimizando la posibilidad de que ocurran errores durante la traducción de los diagramas escalera. En cuanto al desempeño de la interfaz, se comprobó que la misma no ocupa una gran cantidad de recursos de memoria en el equipo donde se ejecuta, pues la herramienta de software en su versión

ejecutable puede instalarse en computadoras con un procesador mínimo Pentium 3, 450 MHz de velocidad y 256 KB de memoria ram. El equipo necesita tener instalado la Máquina Virtual de Java como mínimo en su versión “jre 6”. Además, basado en las extensivas pruebas que se le hizo al compilador para probar su desempeño y correcto funcionamiento por parte de los desarrolladores y personas cercanas a estos y afines al campo de la automatización con PLCs y a la programación, la presente es una aplicación muy estable desde el punto de vista de los errores de ejecución y “bugs”.

Dentro de las limitaciones de este software, se debe mencionar que por ser una primera versión, no se incluyeron variables de memoria interna tipo palabra ni los bloques de instrucciones para realizar operaciones aritméticas y lógicas con dichas variables. Este aspecto fue una de las recomendaciones indicadas por los autores en el informe en extenso de este trabajo de investigación, ya que el mismo forma parte de un conjunto de proyectos ya ejecutados y otros actualmente en ejecución, enmarcados en el desarrollo de hardware y software para la construcción de controladores lógicos programables con fines didácticos y de investigación, dentro de la Universidad de Carabobo.

REFERENCIAS

1. Depcik, C. & Dennon, A. (2004). Graphical Users Interfaces in an Engineering Educational Environment. University of Michigan. USA.
2. García J. y Rodríguez J. (2000). Aprenda Java como si estuviera en primero. Campus Tecnológico de la Universidad de Navarra, España.
3. González, F. y Álvarez F. (2007). Desarrollo de una herramienta de software para la traducción de programación de lenguaje escalera a lenguaje assembler, para un prototipo de PLC basado en un microcontrolador PIC16F877 (PLC-UC). Escuela de Ingeniería Eléctrica. Universidad de Carabobo. Valencia- Venezuela.
4. Mandado E. (2004). Controladores lógicos programables. España: Marcombo-Boixareu Editores.
5. Telemecanique. (1993). Manual de operaciones TSX07NANO. Schneider Electric. Francia.



Evaluación del Citral contenido en el Aceite Esencial del Limón Criollo (*Citrus limonium*) extraído con CO₂ Supercrítico

Mariuxi Fernández¹, Andrea Manosalva¹, Daniel Arias², Víctor Pérez² y Germania Marquina-Chidsey¹

¹Centro de Investigaciones Químicas, Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería-Universidad de Carabobo, Bárbula-Carabobo. gmarquin@uc.edu.ve; bba_8502@hotmail.com; andreamanosalva@gmail.com;

²Departamento de Química, Facultad de Ciencias y Tecnología (FACYT), Universidad de Carabobo. dariast@yahoo.com; vmperez@uc.edu.ve

Resumen

El aceite esencial de limón (*Citrus limonium*) consiste de terpenos (92-94% p/p), del cual el limoneno es el principal componente (65%). El aroma se debe a la mezcla de aldehídos, ésteres y alcoholes C₁-C₆ y el principal componente del aroma es el citral. En este trabajo se determinaron las mejores condiciones del proceso de extracción, con CO₂ supercrítico, del citral contenido en el aceite esencial de limón criollo (*Citrus limonium*), a nivel de laboratorio, usando para esto un diseño factorial 2³, en donde los factores estudiados fueron: presión, tiempo dinámico y tiempo estático, con valores de 100-120 bar (10-12MPa), 10-20 min y 20-30 min, respectivamente. La temperatura y el flujo de CO₂ fueron mantenidos constantes a 40°C (313 K) y 2,5 L/min, respectivamente. La variable de respuesta fue el porcentaje de citral, el cual se obtuvo a partir de análisis cromatográfico, usando patrones como referencia. Establecidas las variables, se realizaron ocho corridas con sus respectivas réplicas y mediante un programa estadístico se obtuvo que las variables más influyentes son: la presión y la interacción entre presión y tiempo estático. Posteriormente, para optimizar el rendimiento se usó la metodología de la superficie de respuesta, la cual generó 11 extracciones donde las condiciones óptimas de extracción para la obtención del citral, fueron un tiempo estático de 18 min y una presión de 108,3 bar (10,83 MPa). Bajo estas condiciones se hizo una extracción exhaustiva durante 3 h y media encontrándose un rendimiento de 0,56% de aceite esencial que contenía 21% de citral.

Palabras Clave: citral, limón criollo, *Citrus limonium*, extracción supercrítica, diseño factorial.

Evaluation of Citral in Venezuelan Lemon (*Citrus limonium*) Essential Oil Extracted Using Supercritical CO₂

Abstract

In this work the best conditions for the extraction process of citral contained in Venezuelan lemon (*Citrus Limonium*) essential oil using supercritical CO₂, were determined at laboratory scale. A 2³ factorial design was used where the variables were: pressure, dynamic time and static time with values of 100-120 bar (10-12 MPa), 10-20 min and 20-30 min respectively. The response variable was citral percentage. Citral percentage was obtained through chromatographic analysis using standards as reference. Having established the operative variables 8 runs plus replicates were carried out and through an statistic program and variance analysis it was found than the statistically significant variables were the interaction pressure-static time and pressure. To optimize the responses a Response Surface Methodology was used which generated 11 extractions, where optimal condition for maximizing citral extraction were a static time of 18 min and 108.3 bar (10.83 MPa) pressure employing these conditions an exhaustive extraction for 3.5 h, producing a yield of 0.56% of essential oil with a content of 21% citral.

Key words: Citral, Venezuelan lemon, *Citrus Limonium*, supercritical CO₂, Factorial Design.

Introducción

El limón criollo (*Citrus limonium*), llamado también lima mejicano o limón gallego, es un fruto muy pequeño por lo que no es rentable comercialmente y se vende cuando las otras variedades de limón escasean. Es la especie más susceptible al virus de la tristeza. Es una de las tres especies disponibles en el mercado venezolano, las otras dos son limón persa y el Eureka o limón europeo [1]. El limón criollo fue escogido porque después de un análisis preliminar se encontró que tiene el mayor contenido de citral. Su aceite esencial es un producto volátil obtenido del epicarpo fresco del fruto, se trata de un líquido de color amarillo pálido a verde amarillento; posee un aroma fresca que recuerda a la cáscara madura del fruto y es una mezcla compleja de más de 200 componentes [2] que puede ser representada por tres clases principales terpenos oxigenados y

sesquiterpenos. El principal componente es el limoneno (hasta 75%), terpenos oxigenados (6-8%), con el Neral (0,87%) (Citral a ó Cis-citral) y Geranial (1,43%) (Citral b ó trans-Citral), como los principales componentes y el resto de sesquiterpenos[2-4].

El limón representa el 5% de todos los cultivos cítricos, que para el año 2007 eran 71 millones de toneladas a nivel mundial[5]; de esta producción, se industrializaba solo el 28%. La producción del aceite esencial de limón esta de tercer lugar después del de naranja y de la menta, de acuerdo con datos publicados por Lawrence en el 2009 [6]. La industria emplea, aproximadamente, 190 kg de limón para obtener 1 kg de aceite esencial. Su exquisito y refrescante aroma lo hacen ideal para crear fragancias, por lo que es muy popular en perfumería[7]. La producción mundial de aceite esencial de limón para el año 2007 fue de 9,2 mil toneladas, creciendo a una



tasa anual de 10%. Argentina fue el principal productor mundial de aceite esencial de limón con 5 mil toneladas, seguido por EE.UU e Italia. El Reino Unido es un importante redistribuidor del producto [7].

La extracción con fluidos supercríticos (EFSC) es una técnica de separación de sustancias disueltas o incluidas dentro de una matriz, basada, fundamentalmente, en la capacidad que tienen determinados fluidos en estado supercrítico de modificar su poder disolvente [8,9]. Un fluido supercrítico tiene propiedades como gas y como líquido, alta difusividad, baja densidad y baja viscosidad, posibilitando, por lo tanto, una extracción rápida. El solvente más usado hasta ahora para la extracción de productos naturales es el CO₂ debido a sus bajas temperatura y presión críticas. La transferencia de materia en la EFSC es elevada [10,11], puede realizarse a bajas temperaturas, el CO₂ no contamina los productos y no ocurren reacciones de descomposición en este solvente [12,13]. El costo de producción en algunos procesos de EFSC a nivel industrial para el 2007, había alcanzado, de acuerdo a Perrut, a un (1) € por kg [14].

Las técnicas de diseño experimental se usan para examinar situaciones de mejora de procesos y para actividades de resolución de problemas en una forma estructurada, para encontrar un conjunto de variables que influyen en el sistema del proceso y determinar a que nivel estas variables deben fijarse para optimizar el rendimiento. Estas técnicas permiten variar varios factores al mismo tiempo, de tal forma que se puedan extraer conclusiones válidas y confiables de una forma económica y eficiente, en lugar del experimento clásico de uno a la vez [16]. El diseño experimental factorial detecta y estima cualquier interacción entre factores, lo cual no puede hacer el experimento clásico, por lo tanto, el diseño factorial tiene la ventaja de obtener mayor información con tan pocas corridas como sea posible variando todos los factores de una vez, de acuerdo a un patrón pre-arreglado.

El objetivo de este trabajo es buscar las mejores condiciones para la extracción supercrítica de citral contenido en el aceite esencial de limón criollo, usando para ello un diseño factorial cuya variable de respuesta es el porcentaje de citral.

Materiales y métodos

Reactivos: Los patrones de limoneno y citral se compraron en Sigma Aldrich (USA). El CO₂ (99%) se adquirió en la empresa venezolana OXICAR.

Preparación de la muestra: Los limones criollos utilizados en este estudio se adquirieron en el mercado periférico de Valencia, se pelaron y la concha se cortó en pedazos de entre 7 y 10 mm de largo, usándose en cada extracción un peso de 80 g.

Extracción supercrítica: Se llevó a cabo un diseño experimental de tres factores: tiempo dinámico, tiempo estático y presión y dos niveles: (18 y 30 min; 10 y 20 min y 100 y 120 bar) para definir las mejores condiciones para obtener el extracto de mejor calidad. 80 g de piel de limón fueron usados en cada experimento con un flujo de 2,5 L/min a una temperatura constante de 40°C (313 K). La extracción se realizó en un equipo de extracción con CO₂ supercrítico Spe-ed SFE-2. El CO₂ es bombeado, a las condiciones requeridas, a la línea para ponerse en contacto con la muestra en un cilindro de acero inoxidable. La mezcla de CO₂ y el extracto salen por la válvula de salida y el extracto se puede coleccionar y pesar en un envase frío. Una válvula micrométrica permite controlar el flujo de dióxido de carbono, que se mide en el rotámetro calibrado. Los extractos son analizados por cromatografía de gases.

Cromatografía de gases: Se empleó un cromatógrafo VARIAN, Modelo 3800, equipado con detectores de Ionización a la Llama (FID), con una columna capilar DB-5 (30 m, 0,25 mm de diámetro interno y 0,1 μm) usando helio como gas de arrastre, con un programa que inicia a 65°C (338 K) por 2 min, aumenta a 0,7/min hasta 70°C (343 K) por 1 min, luego 15/min hasta 260°C (533 K) por 5 min. Las temperaturas de inyector y detector fueron de 250°C (523 K). Se efectuaron inyecciones de los patrones y de los extractos, con la finalidad de identificar los compuestos por los tiempos de retención de cada uno.

Análisis Estadístico: Se empleó un diseño factorial 2³, los factores estudiados fueron: el tiempo dinámico (10-20 min), tiempo estático (20-30 min) y presión (100-120 bar) (10-12 MPa), y como variable de respuesta, el porcentaje de citral como medida de la calidad del aceite esencial. Para estos tres factores había 8 posibles combinaciones de los niveles (alto y bajo) y con su réplica se realizaron en total 16 extracciones. A los valores obtenidos se les realizó un análisis de varianza (ANOVA) del paquete estadístico (Stat Graphics Plus versión 5.1 [15]). Del análisis del Anova, y para realizar la superficie de respuesta, se realizaron 11 extracciones más, con el fin de encontrar las condiciones adecuadas en las cuales se favorece el porcentaje de citral en el proceso.

Resultados

Los extractos obtenidos por FSC se analizaron por cromatografía de gases, para encontrar el contenido de citral de cada uno. En la tabla 1 se muestra el análisis de varianza en la cual se aprecian los resultados de la suma de cuadrados, grados de libertad y la media de cuadrados que conllevaron a la determinación del F₀ (Factor de Fisher) experimental de cada factor e interacción. Considerando los valores de los F₀ experimentales, se puede observar que, individualmente, la presión es el factor que más



influye en el proceso, con un F₀ igual a 6,63 y en cuanto a las interacciones, la que más influye es la AB (presión-tiempo estático), con un F₀ igual a 7,71. En cuanto al resto de los factores, se puede decir que no presentan influencia significativa sobre el proceso de extracción supercrítica. Tomando el mismo nivel de confianza reportado por el programa (5%), se encontró un F₀ (0,05;1;8) igual a 5,32, corroborando así lo planteado anteriormente ya que mientras el F₀ teórico < F₀ experimental, siempre va a existir evidencia estadística de que el factor afecta a la variable de respuesta[16].

Tabla 1: Resultados del análisis de varianza para el porcentaje de citral, en el diseño 2³.

Variable	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Factor de Fisher (F ₀)
A: Presión	38,9604	1	38,9604	6,63
B: Tiempo estático	1,55021	1	1,55021	0,26
C: Tiempo dinámico	4,69535	1	4,69535	0,80
AB	45,3202	1	45,3202	7,71
AC	8,93307	1	8,93307	1,52
BC	5,46449	1	5,46449	0,93
Error Total	47,0437	8	5,88047	--

Con base a los análisis de los resultados anteriores, se decidió emplear el método estadístico de superficie de respuesta (MSR), para poder establecer las condiciones adecuadas en las cuales se favorece el porcentaje de citral en la evaluación del proceso. Este método consiste en el modelado y análisis, en aplicaciones donde la respuesta de interés está influenciada por varias variables y el objetivo es optimizar esta respuesta mediante una función de dos factores.

$$y = f(x_1, x_2) + \epsilon \quad (1)$$

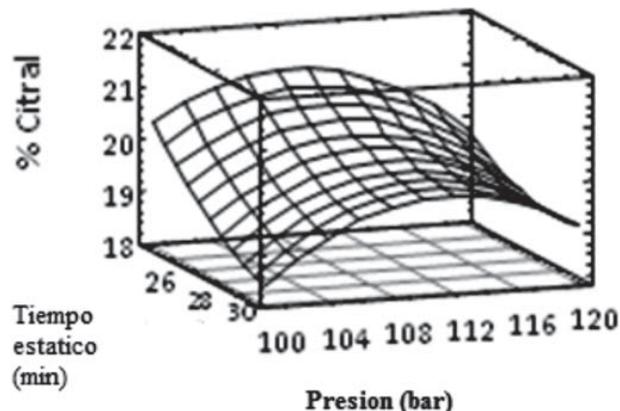
Donde, para este caso, en (1) y representa el porcentaje de citral, x₁ la presión, x₂ al tiempo estático y ϵ representa el error observado en la respuesta y. Se empleó un diseño central compuesto (DCC), para así ajustar nuestros resultados y obtener una superficie de respuesta óptima. Este método requiere de k factores, 2^k corridas factoriales, 2^k corridas axiales y al menos, un punto central (de 2 a 5 puntos), donde “k” es el número de factores de estudio. Para el nuevo diseño se lleva a cabo un total de 11 corridas, donde 4 corresponden a las combinaciones de los niveles establecidos en los rangos de operación, 3 corridas corresponden al punto central y las 4 restantes pertenecen a los puntos axiales que elige el programa de acuerdo a la rotabilidad establecida por $\alpha = (F)^{1/4}$, donde F es el número de puntos en la parte factorial de diseño ($F = 2^k$), es decir, para este caso $\alpha = (2^2)^{1/4} = 1,414$.

Luego de haber obtenido los resultados de la variable de respuesta del diseño central compuesto, se

analizaron mediante el uso del programa estadístico, lo cual permite obtener la ecuación de regresión que se ajusta a los datos. Dicha ecuación es:

$$\begin{aligned} \% \text{ Citral} = & -88,3702 + 2,31641 * \text{Presión} - 1,39429 * \text{TiempoEstático} - \\ & 0,0112137 * \text{Presión}^2 + 6,258 \times 10^{-3} * \text{Presión} * \\ & \text{TiempoEstático} + 0,0114287 * \text{TiempoEstático}^2 \end{aligned} \quad (2)$$

Figura 1: Superficie de Respuesta estimada del % de citral en el proceso de Extracción Supercrítica.



Mediante la ecuación (2), se genera la superficie de respuesta que se muestra en la figura 1, que permite estimar las condiciones de operación que logren maximizar el porcentaje de citral, es decir, las condiciones óptimas del proceso, resultando ser: presión de 108,3 bar (10,83 MPa), tiempo estático de 18 min y tiempo dinámico de 15 min, el cual se había fijado previamente, ya que como se demostró inicialmente ésta última variable no influye en el proceso.

Se realizó una corrida exhaustiva, de manera de conocer la mayor cantidad de aceite esencial de limón que se puede obtener con una muestra de 80 g, utilizando las condiciones obtenidas del análisis de superficie de respuesta (presión de 108,3 bar (10,83 MPa) y tiempo estático de 18 min). Para ello se dejan correr los tiempos estático y dinámico repetidas veces y cambiando el vial cuando se termine el tiempo de descarga, hasta que la masa del mismo sea aproximadamente la misma, lo que se alcanzó en un tiempo de 3 horas y media, encontrándose un rendimiento de 0,56% de aceite esencial, que contiene 21% de citral.

Conclusiones

Los resultados indican que, la interacción presión-tiempo estático y la presión son las variables estadísticamente significativas en el proceso de extracción del aceite esencial del limón criollo (Citrus limonium). Las condiciones óptimas de extracción para la obtención del citral fueron: tiempo estático de 18 min y presión de



108,3 bar (10,83 MPa). La extracción exhaustiva bajo estas condiciones, por un periodo de 3,5 h, arrojó un rendimiento de 0,56% de aceite esencial que contiene 21% de citral.

Agradecimientos

Los Autores quieren agradecer al Laboratorio de Cromatografía y Elucidación Espectroscópica del Departamento de Química de la FACyT, al personal del CIQ-Ingeniería y al Ing. Gilberto Erazo de Oxicar, por su ayuda.

Referencias

- 1.- Avilan L; Dorantes I; Ruiz J and Rodriguez M. (1998) Descripción de las limas y limones de la colección de Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. *Agronomía Tropical*. 48(1): 41-52
- 2.- Blanco Tirado C; Stashenko E.E; Combariza M; Martinez J.R. (1995) Comparative study of Colombian citrus oils by high-resolution gas chromatography and gas chromatography-mass Spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 697 501-513
- 3.- Rothe F. J. (1985) Contribución al estudio de los aceites esenciales de la corteza de los frutos de algunas variedades de Citrus cultivados. Tercera Conferencia Interamericana de Agricultura, Caracas.
- 4.- Ojeda de R. G; Morales de G. V; González de C. N; Cabrera S. L; Sulbaran de F. B. (1998) Composition of Venezuelan lemon essential oil Citrus Limon (L) *Burm.f. Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 15: 343-3494.
5. Justo, A. Rivera, I. (2009). Inserción de Argentina en el mercado mundial de cítricos. *Estudios Socioeconómicos de los Sistemas Agroalimentarios y Agroindustriales*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Issn 1852-4605
6. - Lawrence B. (2009). A preliminary report on the world production of some selected essential oils and countries. *Perfumer & Flavorist*. 34: 38-44
- 7.- Bruzzone A. (2002). Aceite Esencial de Limón, Análisis de Cadena Alimenticia. Subsecretaría de Política Agropecuaria y Alimentos Dirección Nacional de Alimentación, Ministerio de Economía. Buenos Aires, República Argentina. Disponible en: http://www.alimentosargentinos.gov.ar/0-3/frutas/aceite_limon/Aceite_limon.htm
8. - Mukhopadhyay M. (2000) *Natural Extracts Using Supercritical Carbon Dioxide*, published by CRC Press LLC, Florida, USA.
9. - King, W.J. (2004) Critical fluid technology for the processing of lipid-related natural products. *C.R. Chimie*. 7: 647-659.
10. - Reverchon, E. and Della Porta, G. (1997). Isolation of Rosemary Oil: Comparison between

Hydrodistillation and Supercritical CO₂ Extraction. *J. of Flavour and Fragrance*, 7:227-230.

11. - King J.W. (2002). *Supercritical Fluid Extraction: Present Status and Prospects*. *Grasas y Aceites*. 53 (1): 8-21
12. - Brunner G. (2005). *Supercritical fluids: technology and application to food processing*. *Journal of Food Engineering*. 21-33
13. - Ho, J.; Tang, P. (1992). Optimization of Supercritical Fluid extraction of Environmental Pollutants from a Liquid-Solid Extraction Cartridge. *Journal of Chromatographic Science*, 30:344-350.
14. - Perrut. M. (2007) *Industrial Applications of Supercritical Fluids: Development status and scale-up Issues*. Invited lecture at Iberoamerican Conference on Supercritical Fluids. Iguazu-Brazil. CD.
15. - Statgraphics. Net - Analysis, Programming & Logistics plus 5.1. Software estadístico
16. - Montgomery, D.C; Runger G.C. (1996). *Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería*. Editorial McGraw – Hill. 1era. Edición. México D.F.



Formulación de un preparado farmacéutico con propiedades cicatrizantes a partir del llantén (Plantago mayor)

María Inés Preciado, Mariely Ortega y Pamela Cartes.
Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.
marinespreciado@gmail.com

Resumen

La oferta de productos cicatrizantes existentes en el mercado local es escasa, en su mayoría los principios activos son de origen sintético, mientras que los obtenidos a partir de plantas naturales no son cosechadas en Venezuela, por lo que se plantea la formulación de un preparado farmacéutico con propiedades cicatrizantes a partir del llantén (Plantago mayor), realizando extracción de las sustancias presentes en las hojas por dos métodos: extracción sólido-líquido (soxhlet) a nivel de laboratorio, utilizando etanol como solvente y la decocción con agua; luego, se procede a la elaboración del preparado con los extractos obtenidos, y finalmente, la determinación de las propiedades cicatrizantes del mismo, empleando ratas albinas adultas. Con esta investigación se pretende generar un preparado farmacéutico que acelere el proceso de cicatrización; para ello se manipularon variables a diferentes niveles, para obtener una combinación de factores que garanticen las mejores condiciones de extracción y formulación del preparado. En la extracción con etanol se obtuvo un rendimiento de 22,4% y 25,6%, mientras que cuando se empleó agua, el rendimiento fue de 26,15%. La crema preparada con extracto etanólico, al 1%, presentó los mejores resultados en cuanto a su efecto en el proceso de cicatrización de las úlceras, el cual corresponde al 97,96% del porcentaje de cierre de las mismas, ofreciéndose un producto estable que no pone en riesgo la salud de los consumidores.

Palabras clave: llantén (plantago mayor L), preparado farmacéutico, extracción sólido-líquido.

Formulations of product with healing properties made by extracting in leaves of llantén (Plantago mayor)

Abstract

The supply of healing products available in the local market is weak, most are active ingredients of synthetic origin, while those obtained from natural plants are not harvested in Venezuela. Formulations of product with healing properties were made by extracting in leaves of llantén (Plantago mayor) by two methods: solid-liquid extraction (soxhlet) in laboratory, using ethanol as a solvent and a process of decoction with water, then preparation is made with the extracts obtained by determining the healing properties of the same, using adult albino rats.

The investigation is at a depth of projective type, generating a proposal for the pharmaceutical industry in accelerating the healing process. According to the methodological strategy to use is an experimental work, because you manipulate variables at different levels for a combination of factors that ensure the best conditions for extraction and make preparation.

In the extraction with ethanol has a yield of 22.4% and 25.6%, whereas when water is used the yield is 26.15%. The cream prepared with 1% ethanol extract is the best performer in terms of their effect on healing of ulcers, which corresponds to 97.96% of the rate of closure of the same, providing a stable product that does not at risk the health of consumers.

Key words: plantago mayor L, pharmaceutical preparation, solid-liquid extraction.

Introducción

A pesar de la existencia de diversos laboratorios orientados a la fabricación de productos farmacéuticos, obtenidos en su mayoría con materias primas de origen sintético, el escenario nacional en cuanto a la elaboración de preparados farmacéuticos con actividad cicatrizante es escaso, lo que ha traído como consecuencia, el consumo masivo de productos importados para poder satisfacer la demanda. Actualmente, se está retomando la aplicación de productos naturales para el tratamiento de enfermedades, asimismo, se conoce que en la naturaleza existen especies que poseen, en su composición, agentes con propiedades cicatrizantes, entre los cuales se encuentra el llantén (Plantago mayor), por lo que se formula un preparado farmacéutico con propiedades cicatrizantes a partir de esta planta. Esta investigación se encuentra enmarcada en el área de Tecnología Farmacéutica, pues implica la formulación de un producto natural con actividad farmacológica en los tejidos cutáneos, así como también,

el estudio de todas las consideraciones biológicas, técnicas y económicas indispensables para elaboración del producto a escala industrial para el consumo humano, donde la Ingeniería Química, con el apoyo de las áreas de Botánica, Farmacología y las ciencias médicas, se ha entrelazado para ofrecer un producto de calidad y de acción comprobada.

Metodología

La investigación es de tipo proyectiva y la metodología a emplear es experimental, con un arreglo de tipo factorial. Para lograr los objetivos se empleó un procedimiento, mediante el seguimiento de las siguientes fases:

Extracción de las sustancias presentes en las hojas del llantén. Para la obtención de los extractos se fijaron dos variables: el volumen de solvente y la masa de la materia vegetal seca, estableciéndose dos niveles, que corresponde a un diseño multifactorial 2k de efectos



cruzados, donde k es el número de factores seleccionados y el 2 indica el número de niveles de cada factor, los valores de los niveles de los factores seleccionados para la extracción se muestran en la tabla 1.

Tabla 1: Valores de los niveles de los factores seleccionados para la extracción con los diferentes solventes.

FACTOR	SOLVENTE	SÍMBOLO	NIVELES
Masa del material vegetal seco	Etanol	M_E	5 g
			10 g
	Agua	M_A	30 g
			50 g
Volumen de Solvente	Etanol	V_E	150 mL
			200 mL
	Agua	V_A	300 mL
			500 mL

La extracción se realizó por dos métodos independientes: el método de obtención de un extracto fluido acuoso en un proceso de decocción, con un tiempo de contacto de 20 mi y el método de extracción con Soxhlet, a escala de laboratorio, para la extracción con alcohol etílico, fijándose un tiempo constante de aproximadamente 4 h. Luego, se procedió a eliminar el solvente correspondiente, empleando un liofilizador y un rotavapor para el extracto acuoso y etanólico, respectivamente. A partir de los resultados obtenidos durante la aplicación del diseño experimental, se determinó el rendimiento de cada una de las extracciones realizadas, empleando la relación matemática:

$$R_E = \frac{m_e}{m_{ms}} \cdot 100$$

Donde: RE: Rendimiento de la extracción (%), me: Masa del extracto (g) y mms: Masa del material vegetal seco (g).

Finalmente, para determinar la influencia de cada uno de los factores involucrados en el diseño experimental se realizó un análisis estadístico de tipo factorial, empleando como herramienta el programa estadístico MINITAB 14, el cual determina la interacción existente entre cada una de las variables durante el proceso extracción.

Elaboración de un preparado farmacéutico con el extracto obtenido. Se procedió a la elaboración del

preparado farmacéutico, el cual constituye un sistema semisólido conformado por dos fases, una oleosa y otra acuosa (Farmacopea Europea, 1997). La composición química de las fases oleosa y acuosa para la elaboración del sistema emulsionado o/w como base de la crema, se presenta en la tabla 2.

El método, en general, consiste de la incorporación de la fase acuosa a la fase oleosa, ambas a una temperatura aproximada de 60°C (333 K), requiriéndose agitación continua para emulsionar y una agitación final para enfriar. Posteriormente, por dispersión directa, se agregan los extractos etanólicos y acuosos, respectivamente. Se inicia con la pesada de los compuestos químicos referidos, en las proporciones indicadas, destacándose que esto debe realizarse de forma separada para cada una de las fases (Bravo y Pérez, 2005). Seguidamente, se calientan simultáneamente la fase acuosa y oleosa hasta, aproximadamente, 75°C (348 K) y 65°C (338 K), respectivamente. Una vez disueltos los sólidos, se retiran ambas fases del calor y se mezclan cuando se encuentren a la misma temperatura, asegurándose que al unir las fases que la diferencia de temperatura no exceda 10 grados entre ellas. Durante la agitación, eventualmente, se utiliza la técnica de la espatulación, la cual consiste en producir un roce fuerte entre la emulsión y las paredes del beaker en forma circular y de manera envolvente, dejando que la espátula deslice hasta el fondo del recipiente, de tal forma que no se incorpore aire a las fases (Bravo y Pérez, 2005). Una vez realizada la incorporación de las fases, se agregan los extractos etanólicos y acuosos, respectivamente, por dispersión directa en un equipo de agitación mecánica, se mezcla y se envasa. Todo este procedimiento regido bajo las normas de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).

Propiedades cicatrizantes del preparado farmacéutico elaborado. Para evaluar el efecto cicatrizante se emplearon 36 ratas albinas adultas Sprague-Dawley de 350-450 g de peso, estableciendo diferentes grupos experimentales, los cuales se muestran en la Figura 1.

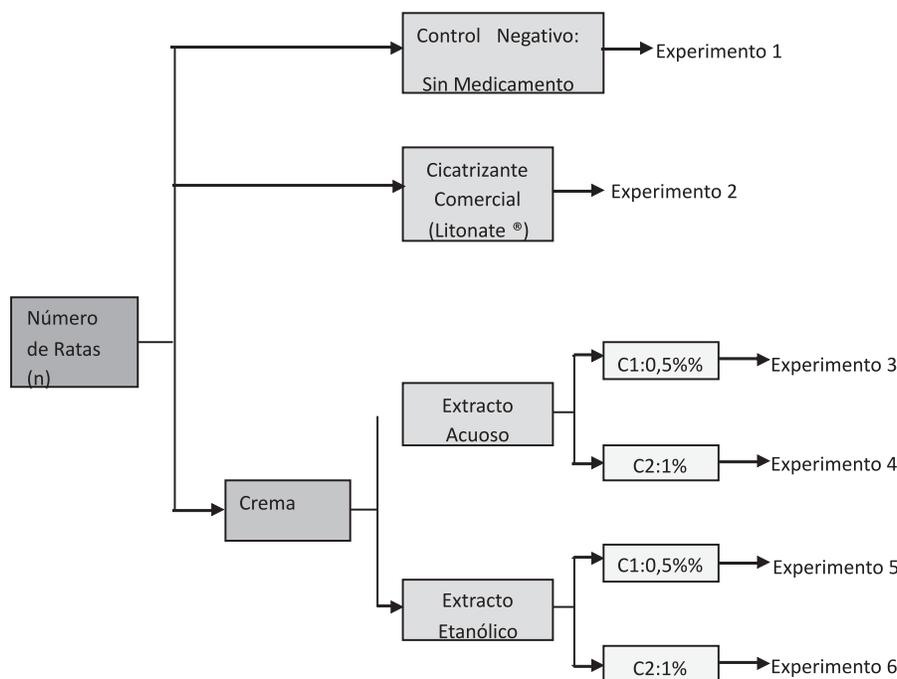
Se distribuyeron de forma aleatoria 36 ratas en los 6 grupos experimentales, con una muestra de 6 animales por cada uno. La herida que se induce a los animales para observar el proceso de cicatrización, es una quemadura de segundo grado. A cada grupo experimental se le aplicó el tratamiento correspondiente una vez al día, manteniendo constante la cantidad de crema aplicada para cada uno.

Tabla 2: Composición química de las fases oleosa y acuosa para la elaboración del sistema emulsionado o/w como base de la crema.

FASE	Componente	Propiedad	Porcentaje en peso / %
Acuosa	Agua	Vehículo	68,86
	Lauril-sulfato de sodio	Emulsificante	0,99
	Nipagin	Conservante	0,18
	Nipasol	Conservante	0,02
Oleosa	Alcohol cetílico	Emoliente	19,96
	Glicerina	Humectante	9,99



Figura 1: Arreglo experimental para la demostración de las propiedades cicatrizantes del extracto del Llantén.



Para el área de la quemadura inicial (t=0) se asume 0% de cicatrización. Durante 14 días de tratamiento se miden las dimensiones del tamaño de la cicatriz en dos direcciones (largo y ancho), para un tiempo inicial (t=0), y para días sucesivos durante el estudio y así obtener el porcentaje de disminución de la herida. Así mismo, se observa el aspecto de la herida, indicando la evidencia de inflamación, presencia de costra y presencia de exudado.

La selección del preparado farmacéutico con el tipo de extracto y concentración que presenta los mejores efectos de cicatrización, se determina a partir del promedio del porcentaje de disminución del área de la cicatriz al finalizar el experimento, empleando la siguiente ecuación:

$$\%C = \sum_{i=1}^n \frac{A_{0i} - A_{Fi}}{A_{0i}} * 100$$

Donde, %C: Porcentaje de disminución del área de la herida (adim), A_{0i}: Área inicial de la herida para cada animal (mm²), A_{Fi}: Área final de la herida para cada animal (mm²), n: Número de total de animales por grupo experimental (adim);

$$A = \pi \cdot \bar{r}^2 \quad ; \quad \bar{r} = \frac{l + a}{2} ;$$

Donde, A: Área de la herida (mm²), \bar{r} : Radio promedio de la herida (mm), l: Largo de la herida (mm), a: ancho de la herida (mm).

El grupo experimental que presente un mayor porcentaje de disminución del área de la herida, comparado con el grupo que no se le aplica medicamento, será el factor determinante para la selección del tipo de extracto más efectivo con su respectiva concentración.

Resultados

Extracción de las sustancias presentes en las hojas del llantén. En la extracción con etanol, para la primera corrida experimental se obtuvo un rendimiento del 23,00% y 22,62%, mientras que para la tercera corrida un rendimiento de 22,18 % y 21,21 %.

Tabla 3: Valores obtenidos de rendimientos del proceso de extracción utilizando etanol como solvente.

Corrida Experimental	Masa de extracto (m _e ± 0,001) g		Rendimiento (R ± 0,03) %	
	I	II	I	II
5 g de llantén seco molido con 150 mL de etanol	1,150	1,131	23,00	22,62
5 g de llantén seco molido con 200 mL de etanol	1,120	1,280	22,40	25,60
10 g de llantén seco molido con 150 mL etanol	2,218	2,121	22,18	21,21
10 g de llantén seco molido con 200 mL etanol	2,208	2,448	22,08	24,48

De acuerdo a los resultados probabilísticos determinados por el Programa MINITAB, se seleccionó el arreglo experimental de 10 g de llantén y 150 mL de solvente, para obtener un rendimiento del proceso de



extracción entre 22,40% y 25,60%. No obstante, en la obtención del extracto acuoso se obtiene que el arreglo experimental de mayor rendimiento corresponde a 30 g de llantén seco y 300 mL de agua, con valores de 26,15 % y 24,17%.

Tabla 4: Valores obtenidos de rendimientos del proceso de extracción utilizando agua como solvente.

Corrida Experimental	Masa de extracto (m _e ± 0,001) g		Rendimiento (R ± 0,004) %	
	I	II	I	II
30 g de llantén seco molido con 300 mL de agua	7,845	7,251	26,150	24,170
30 g de llantén seco molido con 500 mL de agua	7,569	7,728	25,230	25,760
50 g de llantén seco molido con 300 mL agua	9,276	9,585	18,552	19,170
50 g de llantén seco molido con 500 mL agua	12,203	12,857	24,406	25,714

Elaboración de un preparado farmacéutico con el extracto obtenido. El preparado constituyó una crema cuya base para la incorporación de los extractos obtenidos fue la Unibase, con la glicerina como humectante principal. Durante el proceso de obtención de la emulsión, a nivel de laboratorio, la temperatura se mantuvo constante en 65°C (338 K), con un control riguroso en el momento de verter la fase acuosa sobre la oleosa en temperaturas similares. De la misma manera, se consideraron relevantes la velocidad de agitación durante la emulsificación, la velocidad de agitación durante el enfriamiento y el orden de adición de las fases. Se formularon cremas con concentraciones de 0,5% y 1% para cada extracto acuoso y etanólico, respectivamente.

Propiedades cicatrizantes del preparado farmacéutico elaborado. El efecto cicatrizante de los extractos se demuestra comparándolo con un grupo control, al cual no se le aplica medicamento, para determinar la cicatrización natural del animal, que representa el patrón negativo del proceso, mientras que el patrón positivo se obtiene aplicando un cicatrizante comercial como el Litonate® y de alguna manera, evidenciar la similitud del proceso de cicatrización con un producto probado comercialmente. El grupo de ratas albinas, al cual se le aplicó crema de extracto etanólico al 1 % por 14 días de tratamiento, presentó un porcentaje promedio del cierre de la úlcera del 97,96%, mientras que para el extracto acuoso al 1% el porcentaje promedio de cierre de la úlcera fue de 90,61%.

Se observó la formación de costra sobre la úlcera, sin evidenciar presencia de exudado e inflamación para ambos grupos experimentales. Al finalizar el tratamiento, la piel de todos los animales tratados con la crema etanólica al 1% presentó un aspecto liso y color blanco, mientras que el animal que no cerró por completo su úlcera, tenía piel con aspecto rugoso y ligeras señales

del área que ocupaba la úlcera inicial. Para los grupos con crema acuosa al 1% y etanólica al 0,5%, el aspecto de la úlcera no era muy favorable para la mayoría de las ratas, algunas presentaban enrojecimiento y ligeros abultamientos. De forma similar, el grupo control negativo (sin tratamiento) presentó un enrojecimiento de la úlcera y el animal que cerró por completo la úlcera tenía una textura rugosa. Adicionalmente, la úlcera final en el grupo positivo (Litonate®), en algunos casos, tenía aspecto rugoso y para otro grupo se observó una pequeña costra delgada, al igual que para el grupo de crema acuosa al 0,5 %, pero las úlceras que no cerraron por completo eran de mayor área que para el Litonate®. La selección del producto con mejor efecto cicatrizante es la crema con extracto etanólico al 1%.

Tabla 5: Disminución promedio del área de la cicatriz para cada grupo experimental durante el período de tratamiento.

Grupo Experimental	Porcentaje de disminución del área de la cicatriz			
	Tiempo de tratamiento / días			
	0	4	10	14
Control negativo: Sin Tratamiento	0,00	0,00	27,89	74,83
Control positivo: Litonate	0,00	0,00	43,40	95,16
Etanólico al 0,5 %	0,00	0,00	42,35	79,77
Etanólico al 1 %	0,00	0,00	48,19	97,96
Acuoso al 0,5 %	0,00	0,00	41,64	91,06
Acuoso al 1 %	0,00	0,00	45,73	90,61

Discusión

Extracción de las sustancias presentes en las hojas del llantén. Al realizarse la extracción con el volumen más bajo del solvente, éste se enriqueció más rápidamente de las sustancias presentes en el material vegetal, ocasionando que la temperatura necesaria para evaporar el etanol aumentara y a su vez, la tasa de evaporación del solvente disminuyera, teniéndose una menor cantidad de solvente fresco en contacto con el material vegetal de llantén para agitar completamente las sustancias presentes. Mientras que para un mayor volumen de solvente e igual masa de material vegetal, ocurrió todo lo contrario y se obtuvo un mayor rendimiento en el proceso de extracción.

La disminución del rendimiento del proceso de extracción con agua, a medida que se aumentó la cantidad de material vegetal para un mismo volumen de solvente, se debió a que la relación masa de material vegetal-volumen de solvente no fue suficiente para extraer todas las sustancias presentes en la cantidad más alta de material vegetal fijada; se alcanza un punto que con la cantidad de solvente alimentada no se tiene un gradiente de concentración suficiente para extraer el resto de las sustancias.



Elaboración de un preparado farmacéutico con el extracto obtenido. Se selecciona una crema semisólida porque los componentes activos pueden penetrar a través de la piel y en el proceso de cicatrización es necesario que tales ingredientes se encuentren en contacto con las diferentes capas que conforman la piel (Farmacopea Europea, 1997). La temperatura de fundición de los componentes de la fase oleosa no se excedió de los 65°C (338 K), ya que se puede correr el riesgo de oxidar los ingredientes y, de igual manera, no debe ser menor a esta temperatura porque se puede solidificar la fase. De forma análoga, se debe llevar un control riguroso cuando se vierte la fase acuosa sobre la oleosa en temperaturas similares, para evitar que se corte la emulsión por un amplio gradiente de temperatura existente entre ambas fases. (Sistemas dispersos, emulsiones, 2005). Otras consideraciones corresponden a la velocidad de agitación durante la emulsificación, la velocidad de agitación durante el enfriamiento y el orden de adición de las fases. La primera, porque a medida que se adiciona la fase acuosa sobre la oleosa, se va formando la emulsión y tanto las características reológicas como organolépticas del fluido cambian, siendo necesario aumentar gradualmente la velocidad de agitación para lograr una mejor consistencia y homogeneización de las fases. Finalmente, el orden de adición de las fases representa un factor crítico en el proceso de elaboración, pues si se invierte, cambia completamente la naturaleza del sistema emulsionado, y por tanto, las características de éste.

Propiedades cicatrizantes del preparado farmacéutico elaborado. El efecto cicatrizante de los extractos se demostró comparándolo con un grupo control, al cual no se le aplicó medicamento y representa el patrón negativo del proceso, mientras que el patrón positivo se obtiene aplicando un cicatrizante comercial como el Litonate, para así evidenciar la similitud del proceso de cicatrización con un producto probado comercialmente. El grupo de ratas albinas, al cual se le aplicó crema de extracto etanólico al 1%, presentó un mayor porcentaje promedio de cierre de la úlcera en comparación con el extracto acuoso a la misma concentración. La formación de costra sobre la úlcera es un indicativo de la rapidez del cierre de la herida. El aspecto liso y blanco de la zona de la piel donde se indujo la quemadura de los animales tratados con la crema etanólica al 1%, indica la efectividad en la zona dérmica y constituye un aspecto estético.

Referencias

Bravo, R. y Pérez, S. (2005). Factibilidad de desarrollar un producto cosmético empleando como principio activo el aceite extraído de una semilla vegetal. Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química-Venezuela.

- Castro de Castro, A. (1973). Control de calidad mínimo de los productos cosméticos. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Farmacia. Venezuela.
- De Ordáz, R. y De Sanabria, E. (1987). Elaboración y Dispensación de Fórmulas magistrales extemporáneas. Manual de Consulta. Segunda Edición. Caracas-Venezuela.
- Farmacopea Europea (1997). European Pharmacopeia. Tercera edición. Strasbourg, Europa.
- Food and Drug Administration (FDA). Department of Health and Human Services. Good Manufacturing Practices, GMP. (Buenas Prácticas de Manufactura para la Industria Farmacéutica) (2006). [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.fda.gov/cdrh/comp/gmp.html>. [Consulta: 2006, Enero 18].
- Martin, E., Cook, E., Levallen, E., Osol, A., Tice, L. y Vanmeter, C. (1965). Farmacia Práctica de Remington (2da. Edición). Edit. Unión Tipográfica Hispanoamericana. México.
- Pérez, A. (2003). Factibilidad técnico económica de una planta productora de una crema cosmética a partir del aceite de la semilla del Neem (*Azadirachta indica*). Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química. Venezuela.
- Perry, R. (1992). Manual del Ingeniero Químico. (6ed). Editorial Mc Graw Hill. México. Chemical Engineer's handbook. Traducido por: Fernando Corral y Pedro Delgado.
- Rodríguez, A., León, M., Hernández, A. y Barranco, J. (1996). Prueba de irritabilidad dérmica primaria del *Plantago major* L. Revista cubana de plantas medicinales, Vol.1(3): 46-48, Septiembre-Diciembre. Disponible en: http://www.bvs.sld.ci/revistas/pla/vol1_3_96/pla11396.pdf. [Consulta: 2005, Octubre 15]
- Sistemas dispersos, emulsiones (2006). Universidad de Alcalá. Disponible en: <http://www.uah.es/farmacia/programas/fisicoquimica/SISTEMAS%20DISPERSOS%20%20br.pdf>. [Consulta: 2006, Abril 05]



Imagen de un Instituto de Idiomas

Carmen Guédez, Lily Hosten y Deymarí Blanco
Ingeniería Industrial de la Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.
guedezc@yahoo.es

Resumen

Evaluar la imagen es importante para las instituciones educativas, porque influye en la toma de decisión de sus públicos en matricularse o continuar estudiando en la institución, así como de los profesionales en querer formar parte de la misma y, es también, un elemento clave de la planificación estratégica de mercado, entre otros aspectos. En esta investigación se evaluó la imagen del programa de idiomas de FUNDAUC, desde la perspectiva de los estudiantes. Se diseñó el modelo teórico IMAGEFUC y se aplicó un instrumento de medición, mediante la técnica de la encuesta. Los datos se procesaron por Análisis Factorial, considerando la clasificación de la muestra en dos grupos, producto de las diferencias de percepción de la imagen encontradas entre ellos. Las dimensiones obtenidas para el grupo 1 (alumnos de inglés) fueron: aspectos económicos y acreditación, aspectos académicos, elementos tangibles y calidad de servicio y, para el grupo 2, (alumnos de otros idiomas): servicios, aspectos académicos y beneficios percibidos. La escala tiene validez de contenido porque fue elaborada a partir de estudios previos realizados por expertos de imagen institucional universitaria, de centros comerciales y personalidad de páginas web. Adicionalmente, es fiable para medir la imagen del Programa pues el alfa de Cronbach fue superior a 0,8 y, además, presenta validez de criterio y de constructo, dado el resultado de las pruebas estadísticas significativas al 1%. Finalmente, a partir de la evaluación de la imagen se realizó el análisis DOFA y se propusieron estrategias para mejorar la imagen del Programa.

Palabras clave: Imagen Institucional, FUNDAUC, Análisis Factorial, Estudiantes, Estrategias.

Image of a Languages Institute

Abstract

Evaluate the image is important for the educational institutions because it influences in the publics' decision-making to enroll or to continue studying in the institution, as well as professionals wanting to become part of the institution; it is also a key element of the strategic planning of market, among other aspects. In this research it was evaluated the image of the FUNDAUC language program from the perspective of the students. The theoretical model IMAGEFUC was designed, a measuring instrument was elaborated and applied through the survey technique. Data were processed by Factorial Analysis, considering the classification of the sample in two groups, product of the differences of perception of the image found among them. The dimensions obtain for the group 1 (English students) were: economic aspects and accreditation, academic aspects, tangible elements and service quality; and for the group 2 (students of other languages): services, academic aspects and benefits for the students. The scale presents content validity because it was elaborated from previous studies carried out by experts of university institutional image, mall and web pages personality. Additionally, to measure the image the scale is reliable since Cronbach alpha was greater than 0,8; and the scale also presents criterion and constructo validity due to the result of the significant statistical tests to 1%. Finally, starting from the image evaluation the analysis SWOT was carried out and it is suggest strategies to improve the image of the Program.

Key words: Institutional Image, FUNDAUC, Factorial Analysis, Students, Strategies.

Introducción

La imagen es “la suma de las creencias, ideas e impresiones que una persona tiene de un objeto” (Kotler y Fox, 1995: 231). En el contexto institucional, Guerra y de Arends (2008), la definen como el conjunto de significados por los que la institución es conocida y a través de los cuales la gente la describe, recuerda y relaciona y se forma, como lo expone Traverso (2005), a través de la percepción de los diferentes atributos de la organización donde se entremezclan estímulos internos y externos, los cuales, como lo exponen Shiffman y Kanuk (citado por Traverso, 2005), son inherentes a cada individuo como consecuencia de expectativas, motivos y aprendizaje, basados en experiencias anteriores, además de sus circunstancias psicosociales.

Kazoleas, Kim, Moffitt (2001) y Arpan, Raney y Zivnuska (2003), coinciden en varios atributos que describen la imagen de instituciones educativas, entre

las cuales se destacan: los programas académicos, la infraestructura, los planes de financiamiento, los servicios prestados, la ofertas de programas, el paisajismo, la calidad de la educación, la excelencia del personal docente, la calidad de los programas académicos.

La imagen, entendida como percepción, debe verse como un proceso en el cual el público selecciona, organiza e interpreta los estímulos, para formarse una idea coherente de las organizaciones. Dicho proceso es altamente singular porque se basa en las necesidades, experiencias y expectativas de cada individuo, por lo tanto, es probable que la imagen de una institución varíe entre los grupos que hacen su evaluación (Arpan et al., 2003).

La imagen influye en la conducta del consumidor, por ello, para las organizaciones, un manejo adecuado de su imagen es importante, debido a la atracción que ejerce en los clientes, inversionistas, colaboradores,



entre otros, por su utilidad en el desarrollo de la planificación estratégica y la cohesión que produce entre los integrantes de la organización si la imagen es buena (Traverso, 2005).

El departamento de Gestión de la Calidad de FUNDAUC, sede Valencia, cuenta con una serie de actividades enmarcadas en la medición de la calidad de servicio; en este ámbito, han obtenido la Certificación ISO 9001, específicamente, para el Programa de Idiomas, considerado como uno de los de mayor demanda. Es importante realizar la evaluación de la imagen para tomar decisiones en diversas áreas de la organización, ya que no sólo involucra elementos como la publicidad, infraestructura y calidad académica, sino además, como lo plantea Gil Saura (citado por Rodríguez, 2004), es un concepto muy relacionado con la calidad del servicio y la satisfacción. Cabe destacar que, la investigación permite conocer como son percibidos los diferentes factores que definen la imagen de este Programa; prescindir de esta información constituiría una desventaja para la gerencia de esta Fundación, interesada en realizar una excelente planificación estratégica en pro de mejorar su calidad de servicio y tener un mejor posicionamiento en el mercado educativo.

La presente investigación tiene como objetivo evaluar la imagen, desde la perspectiva del colectivo alumno, del Programa de Idiomas de FUNDAUC. A continuación se exponen las consideraciones teóricas, metodológicas y estadísticas que se tomaron en cuenta para alcanzar este objetivo; se muestran los resultados del Análisis Factorial realizado a la información obtenida a través de la aplicación del instrumento diseñado, los cuales son las dimensiones y atributos que constituyen la imagen del programa de idiomas de FUNDAUC, desde la perspectiva de los estudiantes; también, se presenta la evaluación de la imagen del Programa de idiomas y las estrategias propuestas a la Fundación para mejorar su imagen.

Metodología

La investigación es descriptiva, no experimental, del tipo transversal y de campo. Se diseñó un instrumento de medición a partir del modelo $IMAGE_{FUC}$, el cual fue el resultado de la recopilación de variables utilizadas en investigación relacionados con la imagen de universidades (Kazoleas et al., 2001, Arpan et al., 2003, Guerra y de Arends, 2008), centros comerciales (Gentry y Burns, 1977–1978, Howell y Rogers, 1980, Rodríguez, 2004) y estudios de personalidad de páginas Web (Chen y Rodgers, 2006). El modelo $IMAGE_{FUC}$ consta de 23 variables, agrupadas en cuatro (4) dimensiones: calidad académica, elementos medioambientales, calidad de servicio y publicidad.

La técnica para la recopilación de la información fue la encuesta. El instrumento fue aplicado en diciembre

de 2009 a los alumnos de los cursos de idiomas de FUNDAUC, trescientos tres (303) de inglés y cuarenta (40) del resto de los idiomas (muestra no probabilística), a quienes se les pidió que expresaran su percepción acerca de cada variable de la imagen en una escala graduada del uno (1) al siete (7), donde el menor valor expresa una situación en total desacuerdo y siete (7), totalmente de acuerdo con lo expresado en la pregunta o planteamiento. El muestreo fue no probabilístico, dada la dificultad de tener un marco muestral. Sin embargo, se calculó un tamaño de muestra referencial y un muestreo por cuotas. Este último, se realizó con la finalidad de que las opiniones de cada grupo tuvieran el mismo peso sobre los resultados finales.

Los resultados de las pruebas estadísticas significativas al 1%, realizadas para verificar si existía diferencias significativas entre las percepciones de los estudiantes, tomando en cuenta la edad y la sede, permitieron clasificar la muestra en dos grupos, el 1 formado por estudiantes de inglés y el 2 estudiantes del resto de los cursos. Por lo cual, se analizaron los datos de los dos grupos por separado, obteniéndose dos modelos de imagen del programa de idiomas.

Resultados y discusión

Dimensiones de la Imagen del Programa de Idiomas de FUNDAUC para cada Grupo

Para verificar la idoneidad de la aplicación del Análisis Factorial a los datos de los grupos 1 y 2, se analizaron los resultados de las matrices de correlación y sus determinantes. El valor del determinante para los grupos 1 y 2 fue 0,081 y 0,003, respectivamente. Como estos valores son cercanos a cero (0) se puede afirmar que el grado de intercorrelación entre las variables es alto. Adicionalmente, se determinó la medida de adecuación muestral de Kaiser Meyer Olkin, cuyos resultados para los grupos 1 y 2 fueron 0,739 y 0,652, respectivamente, valores comprendidos entre 0,5 y 1; por lo cual, se puede afirmar que los datos están correlacionados y que la técnica escogida es idónea para analizar los resultados, (Mínguez y Fuentes, 2004).

Por otro lado, las variables de las comunalidades de cada grupo, luego de la extracción de los factores, fueron superiores a 0,5, lo cual significa que la proporción de varianza de cada variable explicada por los modelos obtenidos para cada uno de los grupos, es mayor al 50%, (Pardo y Ruiz, 2002).

Para la selección del número de dimensiones a extraer para cada modelo, se usó el criterio propuesto por (Mínguez y Fuentes, 2004), quienes sostienen que se incluyen en el estudio aquellos factores cuyo autovalor sea mayor a la unidad. Para el modelo del grupo 1 se obtuvo cuatro (4) factores y para el grupo 2 tres (3)



factores, los cuales explican el 53,449% y el 66,342% de la varianza total de los modelos respectivos.

Con el fin de hacer una mejor interpretación de los resultados, se utilizó el método de rotación ortogonal Varimax. Finalmente, las dimensiones y variables de cada modelo de imagen del programa de idiomas desde la perspectiva del grupo 1 y del grupo 2, se muestran en las Tablas 1 y 2.

Tabla 1: Modelo definitivo de imagen del Programa de Idiomas (Grupo 1).

Dimensión 1: Aspectos Académicos
Dimensión 2: Elementos Tangibles
V02. Infraestructura de la Institución
V03. Espacio (área) total disponible
V06. Paisajismo agradable
V12. Estacionamiento para estudiantes
Dimensión 3: Calidad de Servicio
V13. Variedad de cursos
V18. Atención al cliente
Dimensión 4: Aspectos económicos y acreditación de los cursos
V05. Planes de financiamiento
V10. Cursos avalados por la UC
V20. Cursos accesibles económicamente

Tabla 2: Modelo definitivo de imagen del Programa de Idiomas (Grupo 2).

Dimensión 1: Servicios
V10. Cursos avalados por la UC
V17. Calidad de la página Web
V18. Atención al cliente
V20. Accesibilidad económica
V21. Información publicitaria
Dimensión 2: Aspectos académicos
V01. Excelencia de los programas académicos
V04. Personal docente capacitado (entrenamiento)
V07. Comportamiento docente basado en la ética
V09. Excelencia de la metodología de enseñanza
Dimensión 3: Beneficios para el estudiante
V08. Comodidad de horarios
V11. Beneficios profesionales o académicos obtenidos realizar el curso
V23. Beneficios personales obtenidos al realizar el curso

Análisis de Fiabilidad

En esta investigación se determinó el alfa de Cronbach global y el alfa de Cronbach por dimensión, para verificar la consistencia interna de los ítems de la escala. Para el grupo 1, el alfa de Cronbach general fue de 0,812 y los valores para cada dimensión fueron superiores a 0,50. Para el grupo 2, el alfa de Cronbach general fue de 0,861 y para las dimensiones fue superior a 0,75, lo cual apoya la validez de la estructura

subyacente presentada, por ello, es posible afirmar, según lo expresado por Maneiro y Mejías (2007) y Hernández Fernández y Baptista, (2008), que los modelos presentan fiabilidad en términos de la consistencia interna.

Validez de Contenido

El instrumento utilizado para medir la imagen de FUNDAUC se basó en el modelo teórico IMAGE_{FUC}, el cual se elaboró a partir de variables de modelos validados en estudios de imagen universitaria, centros comerciales y personalidad de páginas Web. Por otro lado, dicho instrumento fue validado por estudiosos en materia de imagen y calidad de servicio. Por ende, se puede afirmar que el instrumento presenta validez de contenido.

Validez de Criterio

La validez concurrente se verificó siguiendo el procedimiento usado por Rodríguez (2004), el cual consistió en clasificar los encuestados en dos categorías; una que reunió los estudiantes con baja percepción promedio de la imagen (puntuaciones promedio inferiores a la media) y otra formada por el grupo con una alta o buena percepción de la imagen del Programa de Idiomas; posteriormente, a partir de la aplicación de la Prueba de U de Mann-Whitney, se procedió a determinar la existencia de diferencias significativas entre ambas categorías en relación con la pregunta auxiliar sobre la imagen global del Programa, concluyéndose la existencia de diferencias significativas al 1% entre las percepciones de la imagen de las categorías comparadas.

La validez predictiva se verificó mediante un análisis de regresión múltiple y un análisis de varianza, las variables independientes fueron los promedios de las percepciones de la imagen por dimensión y la variable dependiente la percepción promedio obtenida a partir de la pregunta auxiliar de imagen global. Los resultados del ANOVA mostraron P-valores menores al nivel de significación de 1% para ambos grupos, por tanto, la escala posee validez predictiva.

Validez de Constructo

Para determinar la validez convergente se evaluó la correlación existente entre el promedio de las percepciones de la escala y la pregunta auxiliar relacionada con la imagen global, los cuales representan conceptos similares. Los coeficientes de correlación de Spearman fueron 0,554 para el grupo 1 y 0,606 para el grupo 2; ambos significativos al 1%, quedando, de este modo, verificada la validez convergente del instrumento.

La validez divergente se verificó analizando la correlación de Spearman para un nivel de significación de 1%, entre el promedio de las percepciones de la escala y la pregunta auxiliar no relacionada directamente con el tema de imagen institucional, que hace referencia a la disminución del clima de inseguridad física si se realizan



dichos cursos. Para el grupo 1, el coeficiente de correlación y el valor P fueron 0,136 y 0,057, respectivamente. Para el grupo 2, se obtuvieron valores del coeficiente y de P iguales a -0,259 y a 0,106, respectivamente. Estos resultados permiten concluir que no existe correlación entre las variables para el nivel de significación establecido del 1%, por lo tanto, la escala presenta validez discriminante.

Evaluación de la Imagen del Programa de Idiomas de FUNDAUC

Para cada grupo de estudiantes, se realizó la evaluación de la imagen del programa de Idiomas, tomando en cuenta la percepción promedio obtenida por cada atributo y a su vez, por cada factor. Además, se consideró que un promedio menor a cuatro (4) indica una percepción negativa, el valor cuatro (4) representa una percepción neutral y un valor superior indica una percepción positiva.

De manera general, es posible afirmar que el grupo 1 (estudiantes de inglés) tiene una percepción ligeramente positiva del programa, pues el promedio global de la imagen fue de 4,2. Entre los atributos mejor percibidos, con promedios superiores a 5,5, se encuentran el comportamiento ético de los docentes (V07), los beneficios profesionales y académicos obtenidos al realizar el curso (V11), la variedad de cursos (V13), la atención al cliente (V18) y el aval de la Universidad de Carabobo sobre los cursos (V10). Los atributos peor valorados fueron los pertenecientes a la dimensión elementos tangibles, cuyo promedio fue 2,88, el más bajo de este modelo. Los promedios obtenidos por las variables infraestructura (V02), área total disponible (V03), paisajismo (V06) y estacionamiento (V12) fueron 2, 2,5, 3,5 y 3,5, respectivamente. Estos resultados son consistentes con la realidad, pues durante el período de aplicación de encuestas en la sede de FUNDAUC, ubicada en el sector Las Acacias, se observó que el área total disponible es reducida y la infraestructura inadecuada para la cantidad de estudiantes; además, no hay espacios destinados al paisajismo y el acceso al estacionamiento es difícil e incómodo. Los planes de financiamiento (V05) y la accesibilidad económica (V20) obtuvieron promedios de 1,5 y 2,5, respectivamente; lo cual sugiere que los estudiantes perciben que los costos de la matrícula son elevados y la no existencia de planes de financiamiento por parte de FUNDAUC.

Los estudiantes del grupo 2 (otros idiomas) tienen una imagen general positiva de la Fundación, dado el valor promedio del grupo de 5,6. Este resultado favorable se debe a los promedios superiores a 6 obtenidos por los atributos: aval que poseen los cursos por parte de la Universidad de Carabobo (V10), la excelencia académica del programa y de la metodología de enseñanza (V01 y V09), la capacitación y el comportamiento ético de los docentes (V04 y V07), la comodidad de horarios y

los beneficios que reporta la realización de los cursos (V08, V11 y V23). Cabe destacar que, gran cantidad de encuestados expresaron abiertamente el desconocimiento de la página web de la Fundación, reflejándose esto en una percepción neutral de la calidad de la misma (V17). Al atributo información publicitaria (V21) le fue asignado un promedio igual a 2; tal percepción podría indicar un contenido o impacto visual insuficiente, o bien, deficiencias en la difusión de la información (medios de comunicación). Una situación similar se presentó para la variable atención al cliente (V18), valorada negativamente con un promedio de 2,5.

Propuestas de mejora

La evaluación de la imagen del programa de idiomas permitió realizar un análisis interno de la Fundación, cuyo resultado fue la clasificación de los atributos en debilidades y fortalezas. Por otro lado, se recopiló información del entorno mediante entrevistas telefónicas y consultas a páginas web oficiales y de la competencia, con el propósito de identificar oportunidades y amenazas para la construcción de la matriz DOFA, la cual se muestra en la tabla 3.

A partir de la información contenida en la matriz DOFA, se propusieron quince (15) estrategias de mejora para la imagen de la Institución (véase tabla 4), las cuales fueron sometidas a un proceso de selección, donde se usaron criterios como el costo y tiempo de implementación, el impacto de la mejora sobre la percepción de la imagen y la capacidad de la organización para implementarla. En la selección participó personal de la Fundación. Finalmente, las estrategias con mayor puntuación fueron:

- Capacitación del personal administrativo en las áreas de atención al cliente para mejorar la calidad del servicio prestado.
- Realización de un estudio de personalidad de su página web.
- Identificación de oportunidades de mejoras del personal docente, en cuanto a las competencias didácticas- pedagógicas y las estrategias de evaluación, para mantener y mejorar la calidad académica.

Conclusiones

Para la evaluación de la imagen del programa de idiomas de FUNDAUC, se diseñó un modelo teórico IMAGEFUC y un instrumento de medición, los cuales presentan validez de contenido porque su base teórica está respaldada por investigaciones previas sobre imagen en diversas organizaciones y por el juicio de expertos en el área de imagen y calidad de servicio. La escala, también tiene validez de criterio y de constructo, dados los resultados de las pruebas estadísticas realizadas significativas al 1%. Por lo cual, la escala puede ser



Tabla 3: Matriz DOFA.

Debilidades	Fortalezas
D ₁₁ Infraestructura inadecuada en sede de Las Acacias.	F ₀₁ Docentes capacitados
D ₁₂ Espacio disponible insuficiente en sede de Las Acacias.	F ₀₂ Comportamiento de líderes docentes basados en la ética
D ₁₃ Ausencia de paisajismo en sede de Las Acacias.	F ₀₃ Beneficios profesionales y académicos a los estudiantes
D ₁₄ Estacionamiento limitado en sede de Las Acacias	F ₀₄ Excelentes cursos académicos
D ₂₁ Atención al cliente deficiente	F ₀₅ Excelente metodología de enseñanza
D ₂₂ Insuficiente información publicitaria	F ₀₆ Cursos avalados por la UC
D ₂₃ Baja calidad de la Página web	F ₂₁ Comodidad de horarios
	F ₂₂ Beneficios personales
Oportunidades	Amenazas
O ₁ Menor costo de matrícula en el mercado.	A ₁ Influencia del aumento de la tasa de inflación en la selección de servicios educativos complementarios.
O ₂ Vinculación con la Universidad de Carabobo	A ₂ Ofertas de nuevas y mejores metodologías de enseñanza por parte de la competencia
O ₃ Acceso a préstamos de la banca privada para ejecución de proyectos	
Leyenda	
Dij: Debilidad del Grupo i número j	i=1 grupo 1
Fij: Fortaleza del Grupo i número j	i=2 grupo 2
Oi: Oportunidad número i	i=0 ambos grupos
Ai: Amenaza número i	

usada para evaluar la imagen de otras instituciones de educación, siempre y cuando se realicen las adaptaciones pertinentes al caso de estudio.

La muestra se clasificó en dos grupos, estudiantes de inglés (grupo 1) y estudiantes de otros idiomas (grupo 2), de acuerdo a los resultados de las pruebas estadísticas realizadas sobre la diferencias de percepción de la imagen del programa.

El Análisis factorial realizado a los datos recopilados de cada grupo, arrojó como resultado dos modelos de imagen. El del grupo 1 está formado por cuatro (4) factores: aspectos académicos, elementos tangibles, calidad de servicio y aspectos económicos y acreditación y, para el modelo del grupo 2, se obtuvo tres (3) factores: servicios, aspectos académicos y beneficios para el estudiante. Estos resultados permiten concluir que la imagen de los Programas de Idiomas de FUNDAUC difiere entre los dos grupos de estudiantes antes mencionados, resultado respaldado por el planteamiento de (Arpan et al., 2003), quienes plantearon que la imagen puede variar entre los que hacen la evaluación, dependiendo de sus necesidades, experiencias y expectativas.

Los valores del índice de consistencia interna (alfa de Cronbach) general de la escala aplicada a cada grupo, confirman la fiabilidad de la escala IMAGEFUC, de trece (13) variables para medir la imagen institucional del Programa de Idiomas, bajo la perspectiva de los alumnos de inglés (grupo 1) y doce (12) variables para los estudiantes de otros idiomas (grupo 2).

La evaluación de la imagen interna del programa de idiomas, desde la perspectiva de los alumnos, permitió identificar debilidades y fortalezas, las cuales sirvieron de base para realizar el análisis DOFA y plantear estrategias de mejora de dicha imagen, lo cual se considera importante porque ésta forma parte de la imagen general de la Fundación.

Se sugiere a la Fundación llevar a cabo las estrategias propuestas y realizar la evaluación de la imagen de todos los programas, con el fin de conocer la imagen integral de toda la Institución, así como consultar la percepción que otras audiencias tienen sobre los programas, como por ejemplo: el personal docente, el personal administrativo, los padres y representantes.

Referencias

- Arpan, L., Raney, A. y Zivnuska, S. (2003). Cognitive approach to understanding university image. *Corporate communications. An International Journal*, 8(2), 97-113.
- Chen, Q. y Rodgers, S. (2006). Development of an instrument to measure web site personality. *Journal of Interactive Advertising*, 7 (1), 34-46.
- Gentry, J. y Burns, A. (1977-1978): How important are evaluative criteria in shopping center patronage? *Journal of Retailing*, 53 (4), 73-86.
- Guerra, V. y de Arends, P. (2008). Medición de la imagen institucional de un postgrado universitario. *Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias*, Universidad de Carabobo, Valencia, 1, 10-20.



Tabla 4: Estrategias propuestas.

Estrategias DO
D₁₁, D₁₂, D₁₃ y D₁₄ -O₃ Arrendamiento de nuevos espacios con el fin de trasladar todas las actividades de la Sede las Acacias.
D₁₁, D₁₂, D₁₃ y D₁₄ -O₃ Construcción de una nueva edificación en los espacios actuales de la sede Las Acacias o en un nuevo terreno.
D₁₄ -O₃ Arrendamiento o compra de terreno cercano a la sede Las Acacias para la reubicación del estacionamiento.
D₁₁ -O₃ Creación de laboratorios de computación así como salones de juego.
D₁₂ -O₂ Crear convenios con la Universidad de Carabobo que le permitan a la Fundación el uso de los distintos recursos disponibles en la misma.
D₂₁-O₃ Realizar estudios para determinar el grado de satisfacción de los estudiantes con respecto a los servicios.
D₂₁-O₃ Capacitar al personal administrativo en las áreas de atención al cliente para mejorar los servicios prestados.
D₂₂-O₃ Realizar investigación de mercado para identificar las fallas deficiencias en el proceso de comunicación.
D₂₃-O₃ Realizar estudio de personalidad de la página web.
D₂₃-O₃ Crear una plataforma virtual altamente interactiva.
Estrategias FO
F₀₄-O₃ Identificar oportunidades de mejoras del personal docente en cuanto a las competencias didáctico- pedagógicas y las estrategias de evaluación, para mantener y mejorar la calidad académica.
F₀₅-O₁ Acondicionamiento de las aulas actuales y dotación de las mismas con diversos recursos audiovisuales para el desarrollo de actividades didácticas complementarias.
Estrategias DA
D₂₂-A₁ Destacar a través de los medios de comunicación disponibles el balance positivo existente entre la alta calidad de los cursos ofertados por la Fundación y el bajo costo de la matrícula
Estrategias FA
F₀₁-A₃ Capacitación del personal docente, para mejorar su competitividad.
F₀₅-A₂ Evaluar las metodologías de enseñanza implementadas por la competencia, con el objetivo de desarrollar una metodología integral propia.

- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2008). Metodología de la investigación. México: Mc Graw Hill.
- Howell, R. y Rogers, J. (1980). Research into shopping mall choice behavior. *Advances in consumer research*, 8, 671-681.
- Kazoleas, D., Kim, Y. y Moffitt, M. (2001). Institutional image: a case study. *Corporate Communications. An International Journal*, 6 (4), 205-216
- Kotler, P. y Fox, K. (1995). *Strategic marketing for educational institutions*. 2da ed. USA: Prentice-Hall, Inc.
- Maneiro, N. y Mejías, A. (2007). Introducción al análisis de datos. Cuaderno de Ingeniería Industrial. 2. Valencia, Venezuela, ISBN: 978-980-12-2923-0.
- Mínguez, A. y Fuentes, M. (2004). *Cómo Hacer una investigación social*, España (Valencia): Tirant lo Blanch.
- Pardo, A. y Ruiz, M. (2002). *SPSS 11. Guía para el Análisis de Datos*. Madrid: McGraw-Hill.
- Rodríguez, M. (2004). Determinación de la imagen de los centros comerciales. *Tribuna de economía*, Mayo- Junio (815), 241-257.
- Traverso, J. (2005). Imagen interna de la institución universitaria. Modelo para el personal de administración y servicios. *Revista de Economía y Empresa*, 23 (53 y 54), 95-112.



Síntesis del ácido cinámico en un sistema catalítico heterogéneo y su evaluación como fungicida

Vanessa Altomare¹, Rafael Hernández-Andara², Rodrigo García³,
Javier Ravelo³, Celeste Fernández¹ y Mario Rosi³

¹Centro de Investigaciones Químicas, Facultad de Ingeniería,
Universidad de Carabobo (CIQ), Av. Universidad, Bárbula, Valencia-Venezuela.
vanessaaltomare@gmail.com, valtomar@uc.edu.ve

²Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo,
Av. Universidad, Bárbula, Valencia-Venezuela.

³Laboratorio de Química Orgánica, Facultad de Ingeniería,
Universidad de Carabobo, Av. Universidad, Bárbula, Valencia-Venezuela.

Resumen

La investigación se basó en un estudio del proceso de obtención del ácido cinámico y su efectividad como fungicida. La metodología consistió en un estudio cinético y de rendimiento del proceso de producción a partir anhídrido acético y benzaldehído, utilizando acetato de sodio como catalizador, por medio de la condensación de Perkin, en el cual se variaron concentraciones de los reactivos, catalizador y los métodos de purificación, utilizando un equipo de reflujo anhidro a presión ambiente y un sistema de destilación simple. Se obtuvo un rendimiento de 57% en condiciones de exceso de benzaldehído y catalizador. Se aplicó “in vitro” el ácido cinámico en los hongos *Macrophomina sp.*, *Rhizoctonia sp.*, *Fusarium sp.*, *Colletotrichum sp.* y *Phytophthora sp.*, evaluando su efecto fungicida a 1000 ppm, resultando un porcentaje de inhibición del crecimiento (PIC) de 100%. Además, el ácido cinámico impide tanto el crecimiento micelial como reproductor del hongo *Macrophomina sp.*, a concentraciones de 100 ppm y 1000 ppm. Por tanto, éste representa un fungicida ecológico y altamente efectivo en el control de los hongos fitopatógenos estudiados.

Palabras clave: Ácido cinámico, condensación de Perkin, fungicida ecológico.

Synthesis of the Cinnamic Acid in a Catalytic Heterogeneous System and its Fungicidal Effect Evaluation

Abstract

This study was based in the evaluation of the cinnamic acid obtaining process and its fungicidal effect. The methodology consisted of a kinetic and yield study of the production process from acetic anhydride and benzaldehyde, using sodium acetate as catalyst, by means of the Perkin condensation, varying the reactants and catalyst concentrations and the purifying methods, using an anhydrous reflux equipment and a still. It was obtained a 57% yield in excess of both benzaldehyde and catalyst. The cinnamic acid was applied “in Vitro” in the *Macrophomina sp.*, *Rhizoctonia sp.*, *Fusarium sp.*, *Colletotrichum sp.* y *Phytophthora sp.* fungi, evaluating its fungicidal effect at 1000 ppm, whose inhibition percent was 100%. In addition, the cinnamic acid inhibits micelial either sclerotial growth of *Macrophomina sp.* at 100ppm and 1000ppm. Therefore, this represents an ecological and highly effective fungicide for the control of studied phytopathogenic fungi.

Key words: cinnamic acid, Perkin' condensation, green fungicide.

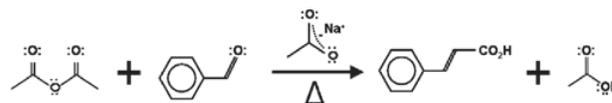
Introducción

Los fungicidas tóxicos y no biodegradables han constituido un problema en el control de hongos dañinos para las cosechas de frutas y vegetales, ocasionando pérdidas y bajas en los rendimientos de producción de alimentos. Por sus características no biodegradables, pueden reducir la calidad de los suelos de las plantaciones. Algunos hongos patógenos dejan toxinas en los alimentos cultivados, lo cual ocasiona enfermedades en los seres humanos que consumen dichos alimentos.

Los ácidos cinámicos son una familia importante de compuestos que se utilizan en la obtención de principios bioactivos y anticorrosivos y como intermediarios de procesos químicos, por ejemplo en la síntesis de estireno. Es un componente natural del aceite de canela y también, se encuentra en la grasa de foca (1). Se puede obtener mediante la condensación de Perkin, calentando anhídrido acético y benzaldehído en presencia de acetato

de sodio como catalizador, tal como se muestra en la figura 1 (2).

Figura 1: Reacción de condensación de Perkin para la producción del ácido cinámico.



Se ha determinado que el ácido trans-cinámico tiene propiedades fungicidas, ya que los dobles enlaces conjugados así como el grupo carboxilato afectan el crecimiento micelial y reproductor del hongo (3,4). Presenta baja toxicidad y alta biodegradabilidad debido a que se transforma en acetofenona, la cual es poco contaminante del agua. Es un potente inhibidor del agente de la malaria y un ingrediente activo de fármacos contra el cáncer (4).



Los hongos son pequeños organismos productores de esporas, generalmente microscópicos, eucarióticos, ramificados y algunos filamentosos, que carecen de clorofila. Todos estos ocasionan enfermedades llamadas fungosis, en donde alrededor de 50 especies afectan al hombre y casi el mismo número a los animales, la mayoría de las cuales son enfermedades superficiales de la piel o de sus apéndices. Sin embargo, más de las 8000 especies de hongos producen enfermedades en las plantas (5).

Las fungosis comprenden dos tercios de las enfermedades de las plantas, causando graves pérdidas en la agricultura. Tienen el potencial de destruir enteramente las cosechas, reducen en forma crónica el rendimiento de la mayoría de los cultivos, y obligan a tomar medidas de remediación que aumentan los costos de producción y afecta la calidad y durabilidad de los productos cosechados. De manera que constituyen una de las principales causas de inestabilidad en la empresa agrícola y del déficit alimentario mundial (6, 7).

Gran parte de las medidas que se toman para combatir las fungosis, consiste en la aplicación de sustancias químicas a las plantas, a las semillas o al suelo. Las sustancias más usadas y también las más diversas en su composición, son los fungicidas, los cuales pueden tanto retardar el crecimiento del hongo como erradicarlo (7). Sin embargo, los fungicidas utilizados actualmente, tales como el benomilo (8), causan envenenamientos sistémicos en el hombre. Dicho fungicida, siendo uno de los más utilizados, tiene una biodegradabilidad lenta, además de ser muy tóxico para los peces (9). Por ello, se decidió evaluar el proceso de obtención del ácido cinámico y su efectividad como fungicida sobre las especies de hongos patógenos *Phytophthora* sp., *Fusarium* sp., *Rhizoctonia* sp., *Colletotrichum* sp. y *Macrophomina* sp.

Metodología Experimental

Síntesis y caracterización del ácido cinámico

Se obtuvo ácido cinámico a partir de la condensación de Perkin, utilizando anhídrido acético (Merck), benzaldehído (Merck) y acetato de sodio anhidro (Merck) en condiciones de presión ambiente, temperatura de reflujo, sistema anhidro y agitación (10). Las cantidades de los reactivos para cada ensayo se muestran en la Tabla 1.

El sistema se mantuvo a temperatura de reflujo de (150 – 162) °C durante 180 min.

En la etapa de purificación, se dejó enfriar el medio de reacción hasta aproximadamente 100 °C. Luego se añadió agua destilada y se destiló hasta la remoción de la fase orgánica que no reaccionó. Acto seguido, se añadió carbón activado y se hirvió por diez minutos para adsorber la coloración existente. En todos los ensayos exceptuando el “h”, se filtró en caliente la mezcla resultante. Para ello se

dispuso un papel filtrante dentro de un embudo Buchner; este se colocó en un Kitasato de 250 mL, acoplado por una manguera a una bomba de vacío, Welch 1399 Duo Seal Vacuum Pump S55NXMPF-6788. En el ensayo “h” se añadió 5 mL hidróxido de sodio 1M antes del filtrado en caliente y 5 mL de ácido clorhídrico 0,5 M después del mismo, lavándose el producto con agua destilada. El producto obtenido se dejó secar y se pesó. Las muestras del producto final fueron analizadas por espectroscopia infrarroja en un espectrómetro Shimadzu FTIR-8400S, comparando una muestra de ácido cinámico (Merck) con el fin de identificar los grupos funcionales (11).

Tabla 1: Cantidades de reactivos utilizados en cada ensayo.

Ensayo	$V_A \pm 0,1$ mL	$V_B \pm 0,1$ mL	$m_C \pm 0,001$ g
a	7,0	5,0	1,115
b	4,7	5,0	0,900
c	2,5	5,0	0,700
d	7,0	5,0	2,500
e	4,7	5,0	2,000
f	2,5	5,0	1,550
g	2,5	5,0	1,550
h	2,5	5,0	1,550

V_A : Volumen de anhídrido acético (mL).

V_B : Volumen de benzaldehído (mL).

m_C : Masa de acetato de sodio (g).

Preparación del medio de cultivo

Se preparó el medio de cultivo PDA (papa-dextrosa-agar), inicialmente para una solución 1, para lo cual se pelaron y pesaron (200,0±0,5) g de papas comunes en una balanza de platos, OHAUS® Harvard Trip Balance, para luego hervirlas en 500 mL de agua destilada estéril durante 15 minutos, aproximadamente. Luego, se filtró el líquido dos veces, siendo la última vez con gasa estéril. Simultáneamente, para la solución 2, se mezclaron (20,003±0,001) g de dextrosa anhidra en polvo al 99,0% pureza HIMEDIA, y (18,004±0,001)g de agar en polvo HIMEDIA, en 500 mL de agua destilada y se calentó suavemente, agitando constantemente hasta que la mezcla espesó. Inmediatamente, se mezclaron ambas soluciones para obtener la solución de PDA deseada (12).

Ejecución de la prueba de disolución en el medio

Se vertieron 200 mL de PDA en frascos de vidrio de 300 mL y se esterilizaron en una autoclave Gemmy Industrial Corp. HL-341, por 45 minutos a 15 lbs (0.1 MPa) y 121°C (394 K), para mantener el PDA en estado líquido. Para la preparación de las placas con ácido cinámico en el PDA, en condiciones de asepsia en una cámara de vaciado, LAMBCONCO® 50275, se procedió a mezclar el ácido cinámico en polvo con el PDA; se pesó (0,259±0,001) g del producto con una balanza analítica, Thomas scientific® T20S, y se



incorporó al medio de cultivo aún líquido a (120,0±0,5) °C (393 K). De esta mezcla se vertió (15±1) mL por cada placa de Petri estéril, dejando enfriar por varios minutos a temperatura ambiente hasta que la mezcla solidificó. A las placas de Petri testigos sólo se vertió PDA, realizando el mismo procedimiento, pero sin la adición del ácido cinámico al medio de cultivo. Posteriormente, se dejaron reposar en un lapso de 24 h para luego, en una cámara de aislamiento de flujo laminar, LAMBCONCO Purifier Clean Bench, insertar en el medio de cultivo un disco de agar con micelio del hongo de 8 - 10 días de edad y 5 mm de diámetro, en el centro de la placa. Todas éstas fueron colocadas en una cámara de crecimiento, COMET RF26BL a una temperatura de 27°C (300 K) durante varios días para su medición (12).

Este procedimiento se efectuó en los hongos de géneros *Phytophthora* sp., *Fusarium* sp., *Rhizoctonia* sp., *Colletotrichum* sp. y *Macrophomina* sp., hasta obtener cinco repeticiones por cada tipo, con dos tratamientos por cada uno, es decir: testigo (sólo PDA) y ácido cinámico con PDA.

Resultados y Discusión

El estudio de la síntesis del ácido mediante la condensación de Perkin, se efectuó debido a que los tiempos de reacción son moderados y sus reactivos son químicamente menos tóxicos que los usados en otras tecnologías. El sistema de reacción utilizado es cerrado, por tanto, no se tienen emisiones de compuestos orgánicos al ambiente, las temperaturas a utilizadas no son muy elevadas, de manera que el consumo energético también es moderado. La búsqueda en la eficiencia energética, en un proceso, es una manera ecológica de reducir costos, además de ser una medida recomendada por la Organización de las Naciones Unidas (13).

En los ensayos "a", "b" y "c", la mezcla reaccionante se observó clara y transparente durante algunos minutos, indicando que la sal se ha disuelto completamente y el medio de reacción se encontraba en fase homogénea. Aun cuando no se distinguió claramente una fase sólida, en los ensayos "a" y "c" se observaron colores ocre y crema, respectivamente, que indican que la solución se saturó de acetato de sodio, cuyo exceso precipitó en forma de pequeños cristales en algunos intervalos de tiempo. En los ensayos "d", "e", "f", "g" y "h" siempre se observó una fase sólida claramente definida, por lo que sus medios de reacción se mantuvieron saturados de acetato de sodio en todo momento, tal como se observa en la tabla 2.

El primer factor de influencia en los rendimientos es la fracción molar de catalizador. Como se puede observar en la figura 2, se obtuvo mayores rendimientos en los ensayos "d", "e", "f", "g" y "h", donde la fase líquida se mantuvo saturada de acetato de sodio durante toda la reacción, que en los ensayos "a", "b" y "c". Este

resultado concuerda con el mecanismo propuesto, el cual establece que el acetato de sodio actúa como catalizador de la condensación de Perkin si está disuelto en el medio de reacción (2).

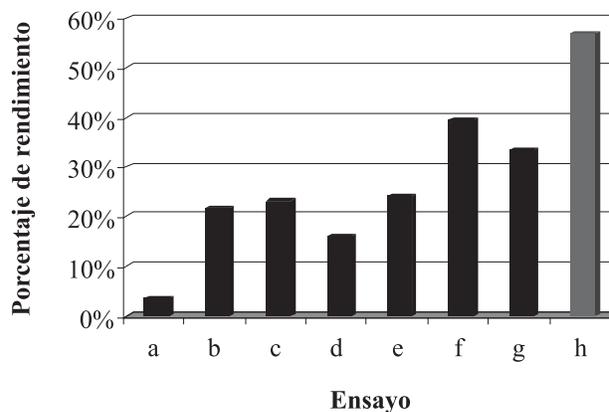
Tabla 2: Características observadas durante los ensayos.

Ensayo	Fase sólida	Color de la fase líquida
A	No se distinguió	Amarilla verdosa / ocre
B	No se distinguió	Amarilla verdosa / naranja
C	No se distinguió	Amarilla verdosa / crema
D	Sí, blanca	Verde / anaranjada
E	Sí, blanca	Verde / amarilla
F	Sí, blanca	Verde / amarilla
G	Sí, blanca	Verde / amarilla
H	Sí, blanca	Verde / amarilla

Se obtuvo mayores rendimientos en los ensayos "c", "f", "g" y "h", para una relación molar anhídrido acético / benzaldehído (A/B) menor a uno, que en los ensayos "a" y "d", con una relación mayor a uno. Por tanto, en exceso de benzaldehído se promueven mayores rendimientos, ya que actúa simultáneamente como reactivo y como catalizador en la reacción (2).

Al filtrar en caliente la mezcla, que contiene ácido cinámico, impurezas, carbón activado y agua como solvente, en los ensayos "a", "b", "c", "d", "e", "f" y "g", se observaron sólidos blancos retenidos en el papel filtro junto con el carbón activado. Puesto que el acetato de sodio es mucho más soluble en agua que el ácido cinámico, éste último quedaba retenido en mayores proporciones. En el ensayo "h", la presencia de hidróxido de sodio mejoró la solubilidad del ácido cinámico antes de filtrar, por lo que el rendimiento obtenido resultó mayor que en los ensayos "f" y "g", tal como se observa en la figura 2.

Figura 2: Porcentajes de rendimiento obtenidos para los ensayos preliminares.

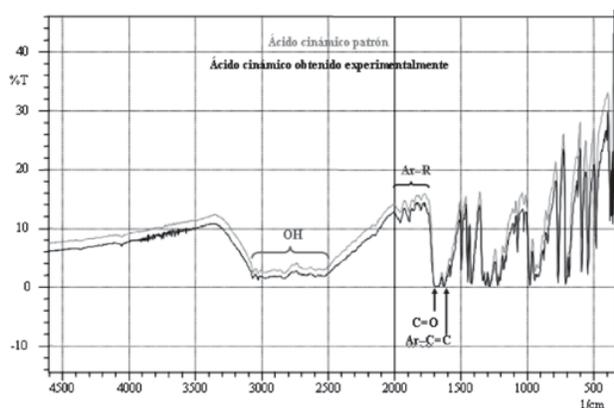


En la figura 3, se compara el espectro IR del ácido cinámico (Merck), con el obtenido experimentalmente. Se detectaron sobretonos del benceno como una región



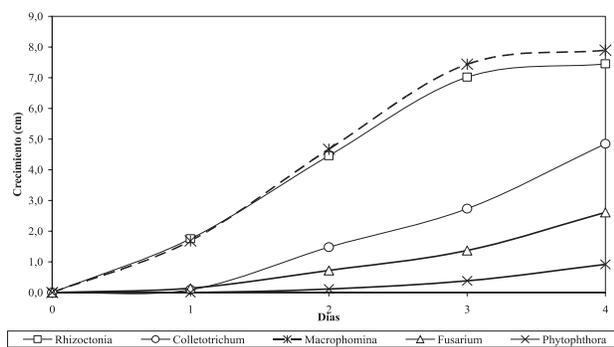
de cuatro bandas entre 1800 cm^{-1} y 2000 cm^{-1} , cuya forma indica que se tiene una única sustitución en el grupo aromático. Se observó también, una banda ancha intensa entre 2500 cm^{-1} y 3100 cm^{-1} , la cual pertenece a un OH ácido; además, una banda muy intensa en 1690 cm^{-1} , característica del grupo carbonilo (C=O). Tanto el OH identificado como el C=O, son consecuencia del grupo carboxílico (COOH) del ácido cinámico. Asimismo, se distinguió una banda en 1630 cm^{-1} producida por un doble enlace sustituido por un grupo aromático (11).

Figura 3: Comparación de espectros del ácido cinámico experimental con el patrón.



El crecimiento micelial de las cepas de hongos dependió del tipo de cepa en la cual las cepas testigos *Rhizoctonia sp.* y *Macrohomina sp.* experimentaron un mayor crecimiento que el resto de los hongos. El incremento fue sólo respecto al tamaño del micelio de cada placa, de un total de cinco placas por hongo y dichos valores se promediaron por día. Los resultados de este proceso se muestran en la figura 4.

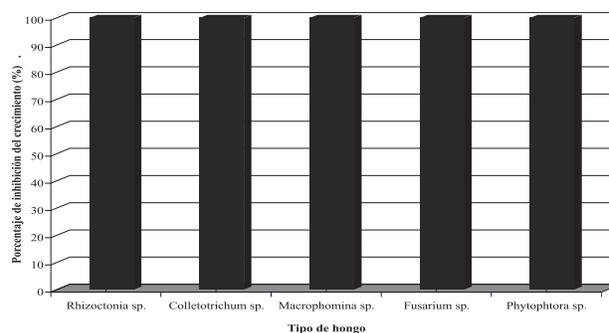
Figura 4: Crecimiento promedio por cepa de los testigos.



El crecimiento de cada uno de los hongos frente al ácido cinámico, con concentración de 1000 ppm, se vio completamente afectado. Esto lleva a deducir que, el ácido cinámico es efectivo a 1000 ppm de concentración en todos los géneros de hongos estudiados, ya que durante las mediciones el disco del micelio insertado en

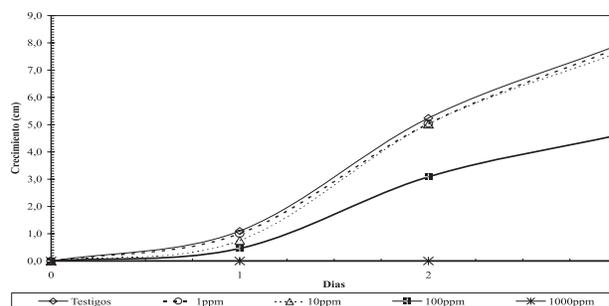
el medio de cultivo con el ácido, no presentó crecimiento alguno e incluso, se tornó de coloración pálida y de textura quebradiza. Estos resultados concuerdan con los estudios anteriores, concluyéndose que el ácido cinámico es un potencial fungicida para las especies de hongos *Laetiporus sulphureus* y *Lenzites betulina* (3). La razón de esta inhibición se debe, en gran parte, a que el ácido cinámico posee tanto dobles enlaces conjugados (C=C), como un grupo funcional ácido contenedor de oxígeno (COOH), los cuales, según Cheng, S et al. (3), tienen un papel primordial en la acción antifúngica. El porcentaje de inhibición del crecimiento (siglas en español, PIC), es un valor en el cual se observa cómo el producto a evaluar impide el crecimiento del hongo respecto al testigo (12). En la figura 5 se observa que el PIC del ácido cinámico a 1000 ppm de concentración es de 100% frente a todos los hongos estudiados, en concordancia con lo descrito en trabajos anteriores (3).

Figura 5: Porcentaje de inhibición del crecimiento de las diferentes cepas de hongos.



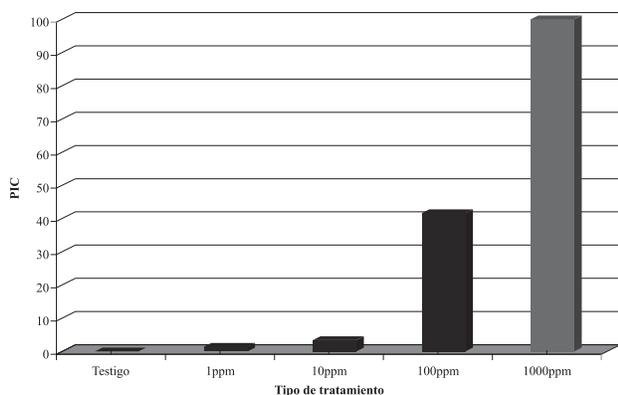
En la figura 6 se muestra como se inhibe el crecimiento micelial y estructural del hongo *Macrohomina sp.* a mayores concentraciones de ácido cinámico en el medio. Además, la similitud entre el crecimiento del hongo a concentraciones de ácido cinámico de 0 ppm (testigo), 1 ppm y 10 ppm, es notorio en comparación con el crecimiento de 100 ppm y 1000 ppm, el cual es reducido.

Figura 6: Crecimiento promedio de la cepa *Macrohomina sp.* tratada a diferentes concentraciones de ácido cinámico.



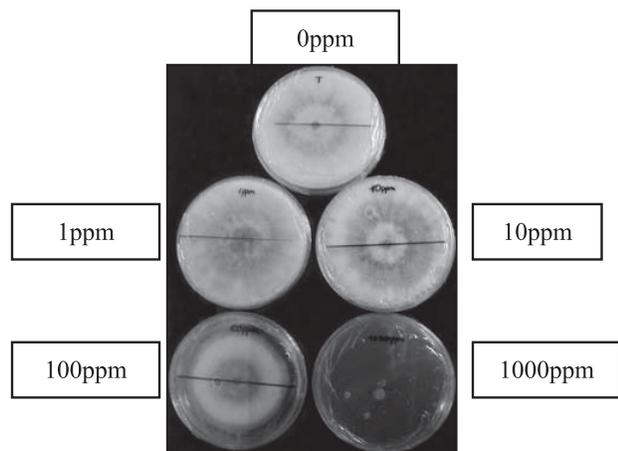
Se calcularon los PIC de la *Macrophomina* sp. bajo las condiciones señaladas. En la figura 7 se observa que el mayor PIC se encontró entre 100 y 1000 ppm de concentración, con valores superiores al 40% para 100 ppm y 100% para 10000 ppm, lo cual indicó que este es el rango más apropiado para aplicar el ácido cinámico sobre este hongo. Estos resultados son similares a otro estudio (15), en el cual se reportaron índices de PIC mayores a 90% para concentraciones de fungicidas entre 100 y 1000 ppm, siendo estas concentraciones el rango efectivo de aplicación del ácido cinámico como fungicida.

Figura 7: Porcentaje de inhibición del crecimiento de la cepa *Macrophomina* tratada a diferentes concentraciones de ácido cinámico en el último día de medición.



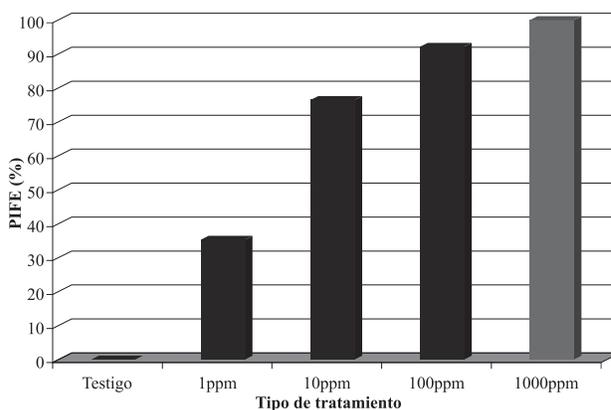
En la figura 8 se evidencia el estado final de la *Macrophomina* sp. después de tres días de tratamiento. Para 1000 ppm no ocurrió crecimiento, para 100 ppm este fue inhibido. Los diámetros finales de los tratamientos de 1 y 10 ppm son iguales a los de la cápsula testigo. Se aprecia una densidad micelial muy alta en los testigos; alta y homogénea en los tratados a 1 ppm; regular en los tratados a 10 ppm; baja en los tratados a 100 ppm y nula en los tratados a 1000 ppm.

Figura 8: Tamaños de cinco muestras representativas de *Macrophomina* sp. después de tres días de tratamiento.



Los resultados del estudio de esporulación del hongo *Macrophomina* sp. se ilustran en la figura 9, en la cual se aprecia que los mayores valores del porcentaje de inhibición de la formación de esclerocios (PIFE) se obtienen a concentraciones de 10, 100 y 1000 ppm de ácido cinámico, siendo 100 y 1000 ppm las que inhibieron los esclerocios en más de un 90%. Es decir, que mientras mayor sea el PIFE, menor es el número de esclerocios o esporas formadas por el hongo.

Figura 9: Porcentaje de inhibición de la formación de esclerocios de la cepa *Macrophomina* tratada a diferentes concentraciones de ácido cinámico.



Conclusiones

El rendimiento de la condensación de Perkin aumenta, tanto con excesos de benzaldehído como con mayores concentraciones de iones acetato en el medio de reacción, para alcanzar un valor de 88% en 180 min. El proceso utilizado representa una tecnología amigable con el ambiente, tratándose de un sistema cerrado y de moderado consumo energético. El ácido cinámico, a 1000 ppm de concentración, impide el crecimiento micelial de las cepas de hongos patógenos *Fusarium* sp., *Colletotrichum* sp., *Rhizoctonia* sp., *Macrophomina* sp. y *Phytophthora* sp.. A concentraciones de 100 ppm y 1000 ppm, impide, tanto el crecimiento micelial como reproductor del hongo *Macrophomina* sp., en un medio de cultivo PDA. Este ácido, a concentraciones de 1 y 10 ppm, es efectivo contra el crecimiento reproductor, más no micelial, del hongo *Macrophomina* sp.. Por tanto, es un fungicida eficiente y ecológico.

Agradecimientos

Agradecemos a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo y a la Clínica de Enfermedades de Plantas de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, por permitirnos usar sus instalaciones, reactivos, materiales y equipos para el desarrollo de este trabajo.



Referencias

1. Budavari, S. (2001). The Merck Index (13^a edición). Merck & Co., Inc, Whitehouse Station, NJ, USA.
2. Chandrasekhar, S. Y. Phaneendrasai, K. (2006): Revised mechanism and improved methodology for the Perkin condensation. Resuscitation of the mechanism involving benzal acetate and the improbability of the enolate of acetic anhydride. *Tetrahedron Letters*. 47(2006), 2249-2251.
3. Cheng, S., Liu, J., Chang, E. Y Chang, S. (2007): Antifungal activity of cinnamaldehyde and eugenol congeners against wood-rot fungi. *Bioresource Technology*. 99(11), 5145-5149.
4. Said, S., Neves, F. Y Griffiths, A. (2003): Cinnamic acid inhibits the growth of the fungus *Neurospora crassa*, but is eliminated as acetophenone. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 54(2004), 1-6.
5. Agrios, G. (1998): *Fitopatología de plantas* (3^a edición). Editorial Limusa. México.
6. Primo, E. Y Carrasco, J. (1976): *Química Agrícola II: Plaguicidas y fitoreguladores* (1^a edición). Editorial Alhambra. España.
7. Gonzalez, L.C. (1976): *Introducción a la fitopatología* (1^a edición). Editorial IICA. Costa Rica.
8. Routt, J. Y Roberts, J. (1999): *Recognition And Management of Pesticide Poisonings* (5^a edición). Environmental Protection Agency. Estados Unidos. 37-139.
9. Dupont (2002): Hoja de datos de seguridad Benlate. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.afipa.cl/afipa/dupont/hojaSeguridad5.pdf> [Consulta, octubre 2008].
10. Chiriac, C., Tanasa, F. Y Onciu, M. (2003): A new direct synthesis of cinnamic acids from aromatic aldehydes and aliphatic carboxylic acids in the presence of sodium borohydride. *Tetrahedron Letters Pergamon*. 44: 3579-3580.
11. Simon, W. Y Clerc, T. (1970): *Elucidación estructural de compuestos orgánicos por métodos espectroscópicos* (1^a edición). Editorial Alhambra. España.
12. Sanabria, A. (2007): Compatibilidad de fungicidas con *Trichoderma harzianum* como biocontrolador de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Trabajo especial de Grado no publicado. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay. Venezuela.
13. Brundtland, G. et al. (1987). Our common future. Cap. 7, sec. VI.94.
14. Merck. (2005). Ficha de Datos de Seguridad del ácido cinámico [Documento en línea]. Disponible en: assets.chemportals.merck.de/documents/sds/emd/esp/es/8002/800235.pdf [Consulta, diciembre 2007].
15. Rondón, O., Sanabria, N. Y Rondón, A. (2006): Respuesta in vitro a la acción de fungicidas para el control de Antracnosis, *Colletotrichum gloeosporioides* Penz, en frutos de mango. *Agronomía Trop*. 56(2), 219-235.



Diagnóstico de dificultades para la gestión del conocimiento en empresas constructoras

Sergio Noguera¹; Marisela Giraldo²; Luís Amendola³; Tibaire Depool⁴

¹Departamento de Dibujo; ²Departamento de Gerencia

Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.

³Dpto. Proy. de Ing. e Innovación, Universidad Politécnica de Valencia. España.

⁴PMM Institute for Learning, Valencia, España.

snoguera@uc.edu.ve; snoguera1002@gmail.com

Resumen

Esta investigación describe un proceso de diagnóstico de dificultades para desarrollar la gestión del conocimiento, en las áreas de proyectos y de obras, en Empresas Constructoras de Venezuela. Actualmente, las empresas del sector de la construcción deben orientar esfuerzos en el mejoramiento de la competitividad a través de su mayor recurso: la gente; por lo que es necesario tomar acciones consistentes para desarrollar el aprendizaje y la transferencia del conocimiento. En este estudio de caso, se aplicó un cuestionario, con escala Likert de 5 puntos, a Gerentes de una muestra representativa, que recogió la percepción de la situación problemática respecto a tres indicadores: gestión estratégica del negocio, gestión del aprendizaje organizativo y gestión del mejoramiento continuo. Se consideró la estadística descriptiva, para determinar las dificultades más frecuentes y las potencialidades actuales. El diagnóstico arrojó que los obstáculos están presentes en: a) el aprendizaje y la cultura organizacional; b) no poseer, en obras, sistemas de gestión de calidad documentados; y c) la transferencia y procesamiento del conocimiento interno. Respecto a los puntos de mejora inmediata, se tienen los relacionados con la Gestión estratégica del negocio. Se concluye, a la luz de los hallazgos, que aunque existen fuertes dificultades para desarrollar la gestión del conocimiento en las empresas estudiadas, es posible comenzar a actuar en los puntos de mejora detectados para influir en el desempeño del factor humano, de manera que se incrementen sus capacidades y competencias.

Palabras clave: Gestión del conocimiento, Aprendizaje organizacional, Transferencia de conocimiento.

Diagnosis of the difficulties to knowledge management in Construction Companies

Abstract

This research describes the diagnostic process of the difficulties to develop knowledge management in the areas of projects and constructions in Venezuelan Construction Companies. Currently, companies in the area of construction have to focus their efforts on the improvement of competitiveness through the use of their best resource: people; this makes necessary to take consistent measures to develop learning and knowledge transfer. In this study case, a questionnaire, using a 5 point Likert scale, was applied to the managers of a representative sample that collected the perception of the problem situation in respect to three items: strategic business management, organization learning management and continuous improvement management. Descriptive statistics were used to determine the most frequent difficulties and actual potentials. The diagnostic shows that the obstacles are present in: a) Learning and organizational culture; b) not having, on site, any documented quality management system; and c) the transfer and processing of inside knowledge. With respect to the points of immediate improvement, there are the ones related to strategic business management. It is concluded, in the light of these findings, that even though there are strong difficulties to develop knowledge management in the studied companies, it is possible to act on the detected points of improvement to influence the performance of the human resources in a way that they improve their capacities and competence.

Key words: Knowledge management, Organizational learning, Knowledge transfer.

Introducción

El sector de la industria de la construcción representa un pilar fundamental en el proceso de desarrollo de la sociedad en cualquier país del mundo. En el ámbito internacional se concibe a la construcción como el resultado de combinar materiales y servicios para la producción de bienes tangibles; ya sea en forma de infraestructura básica, tal como carreteras y autopistas, represas, escuelas, hospitales, viviendas, las fábricas y sus instalaciones, etc., así como otros servicios de construcción (sean civiles, mecánicos o eléctricos); ello constituye la base donde se sustentan los esfuerzos de este sector industrial en favor del progreso y del mejoramiento de los niveles de calidad de vida de la población (Panaia, 2004).

La industria de la construcción tiene un papel muy importante en el desarrollo de la economía de los países, ya que representa uno de los motores fundamentales de la actividad productiva y económica en general. En Venezuela, donde opera una economía de mercado orientada a las exportaciones; y la principal actividad económica es la explotación y procesamiento de hidrocarburo (para la exportación y consumo interno), la industria de la construcción ha aportado, entre los años 2007 y 2009, un promedio cercano al 10% del PIB, según cifras del Banco Central de Venezuela.

Hoy en día, teniendo como telón de fondo a la crisis económica mundial, la competitividad en una empresa constructora se ha convertido en un elemento vital para mantenerse en el negocio. Los cambios que



ha sufrido la economía nacional en los últimos años, especialmente a partir del año 2008, como consecuencia de factores tanto externos como internos, tales como: la caída de los precios del petróleo, la reducción de los ingresos por exportaciones petroleras, la desaceleración del crecimiento del Producto Interior Bruto (PIB), la disminución de la capacidad de importación de materias primas y bienes de capital, el aumento de índice de precios al consumidor (IPC), (Guerra, J. y Olivo, V., 2009) han afectado de manera significativa la vida productiva del país y por consiguiente han colocado a muchas empresas constructoras en una situación en la cual deben optar por una mejor gestión, o desaparecer.

Una mejora sustancial de la gestión estratégica del negocio implica llevar a cabo una serie de acciones sistemáticas, necesarias para la supervivencia de las organizaciones y para el logro permanente de metas y objetivos: en el aprendizaje y en la transferencia del conocimiento; y que es posible a través de la gestión del conocimiento, según aportan North y Rivas (2008).

La praxis en gestión de empresas ha demostrado que un despliegue adecuado de las funciones directivas básicas de planificación, organización, dirección y control es necesario pero no suficiente para alcanzar los objetivos estratégicos de la organización (Drucker, 2005). Los enfoques modernos de competitividad con relación a la gestión del recurso humano, según Gratton (2001), se orientan hacia un incremento de su capacidad, de sus competencias y de su aprendizaje, tal que le permita acometer con éxito las acciones necesarias para los procesos de mejoramiento continuo de la competitividad, la calidad y la productividad.

En la actualidad, dentro de los parámetros en que debe delimitarse la gestión estratégica de los negocios se está tendiendo a dar importancia, tanto al aprendizaje organizacional como al mejoramiento continuo e innovación, (North y Rivas, 2008). Ambos componentes de la estrategia están consustanciados a fin de crear las condiciones y hacer sostenible cualquier modelo que se pretenda para obtener resultados de éxito en cuanto a la gestión del conocimiento.

La gestión del conocimiento es un proceso que va mucho más allá de la administración del recurso humano, (Edvinsson y Malone, 2004); donde, es posible potenciar su desarrollo mediante estrategias orientadas a activar todas las áreas funcionales de la organización y proporciona al recurso humano, especialmente a los gerentes, la experiencia hacer realidad una transformación desde los niveles más operativos de sus organizaciones (North y Rivas, 2008). Por esta razón, es importante estudiar las dificultades que confrontan las empresas constructoras de Venezuela referente a un marco para el desarrollo de la gestión del conocimiento como un medio posible para mejorar la ventaja competitiva de las mismas.

Bajo el contexto descrito anteriormente, se ha planteado la necesidad de realizar un diagnóstico de la situación, apoyado en una investigación de campo, orientado a conocer las dificultades y potencialidades que tienen las empresas constructoras para desarrollar la gestión del conocimiento; y que sirva de elemento para marcar la pauta en lineamientos que contribuyan a solventar de manera sustancial la problemática específica de ese proceso.

Metodología y caso de estudio

Esta investigación de campo no-experimental, puede catalogarse como un estudio de caso transversal-descriptivo, ya que los objetivos planteados pretendieron, por una parte, describir cuantitativamente las características que identifican los elementos situacionales del problema de la gestión del conocimiento con la ventaja competitiva en las empresas de la industria de la construcción; y por la otra, delimitar los hechos que se manifiestan en un escenario para un tiempo único sin intentar establecer las causas de su ocurrencia ni su extensión a otros contextos.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En este estudio de diagnóstico se utilizó como técnica e instrumento de recolección de datos la encuesta y el cuestionario, respectivamente; dado que la población involucrada es apreciablemente homogénea, con niveles y problemáticas semejantes. El cuestionario fue estructurado con preguntas cerradas que contienen alternativas de respuesta, de opciones múltiples, previamente delimitadas.

El instrumento constó de veintidós (22) preguntas, para lo cual se definió conceptualmente la variable en estudio tomando en cuenta las limitaciones del problema. Dicha variable quedó definida como: “nivel de dificultad que presentan las empresas constructoras para implementar el desarrollo de la gestión del conocimiento”. En tal sentido, se procedió luego a operacionalizar la variable en tres indicadores para evaluar los aspectos más resaltantes que involucran la gestión del aprendizaje y el conocimiento en cualquier empresa del sector industrial:

- a) Indicador relacionado con la gestión estratégica del negocio.
- b) Indicador relacionado con la gestión del aprendizaje organizativo.
- c) Indicador relacionado con la gestión del mejoramiento continuo.

Se aplicó un escalonamiento tipo Likert (Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P., 2008) para capturar con el instrumento la actitud de los directivos respecto a los indicadores establecidos. El conjunto



de ítems del instrumento se presentaron en forma de afirmaciones para calificar la actitud de los gerentes con base en los indicadores.

A fin de analizar las alternativas de respuesta se estableció la dirección de las afirmaciones de manera positiva o favorable para conocer como los gerentes percibían su realidad, es decir, con las proposiciones: “Siempre”; “Casi Siempre”; “Indeciso”; “Casi Nunca”; o “Nunca”. En cada uno de los ítems se especifica una situación particular que puede significar limitación o dificultad para desarrollar la gestión del conocimiento, con relación a los indicadores establecidos. Entonces, se interpretó que si un gerente contesta “Siempre” o “Casi Siempre” entonces ello indica que en su empresa esta actividad o afirmación se cumple, por lo tanto no representa una dificultad; por el contrario, si contesta “Indeciso” ello significa que no tiene elementos de juicio suficientes para responder la proposición y por lo tanto si representa una dificultad. Por último si responde “Casi Nunca” o “Nunca” significa que en su empresa esa actividad o afirmación no se cumple por lo tanto está confirmando que es una dificultad.

La población en estudio estuvo conformada por Gerentes de ciento cincuenta y dos (152) empresas, tomadas al azar del directorio de afiliados de las Cámaras de la Construcción en Venezuela (Aragua, Carabobo y Miranda). Esto estableció un parámetro de certidumbre en cuanto a la responsabilidad de los cuadros de mando frente al negocio representando a las empresas del sector construcción.

Para este estudio el tamaño de la muestra se determinó por muestreo simple (Hernández y otros, 2008), es decir, que todos los elementos de la población de empresas tuvieron la misma posibilidad de ser escogidos para consultarles sobre la problemática. Esta técnica se eligió con base en los objetivos del estudio, la naturaleza de la investigación y el alcance de su contribución.

En resumen, esta investigación requirió de una muestra de treinta (30) empresas constructoras para consultar a un sólo directivo, por cada una, preferentemente un gerente de obra o gerente de proyectos. Luego se realizó una selección sistemática de los elementos muestrales (Hernández y otros, 2008) de la lista de empresas. Esto implicó seleccionar de una población (N) un número de elementos (n) a partir de un intervalo K; en este caso 5. Con lo cual se seleccionó cada quinto elemento de la lista hasta completar el total requerido de la muestra.

Validez y confiabilidad del instrumento

Para determinar la validez del instrumento se procedió a solicitar un recurso como el “Juicio de expertos”. En este sentido se pidió a seis especialistas la lectura del cuestionario (dos expertos en metodología de la investigación, dos expertos en gerencia de recursos

humanos y dos expertos en gerencia de construcción) a fin de verificar si los ítems propuestos eran representativos de los indicadores de la variable principal; y si con ellos se abarcaban todas las potenciales dificultades al tratar de diagnosticar la situación actual para desarrollar la gestión del conocimiento en empresas constructoras.

La confiabilidad, se determinó por el método de las mitades partidas, aplicándose a una muestra piloto de 10 gerentes de construcción de la población en estudio. Luego, a cada alternativa de respuesta se le asignó una puntuación de acuerdo al siguiente criterio: La alternativa “Siempre” tiene cinco puntos; la alternativa “Casi Siempre”, tiene cuatro puntos; la alternativa “Indeciso” tiene tres puntos; la alternativa “Casi Nunca” tiene dos puntos, y la alternativa “Nunca” tiene un punto.

Para cada cuestionario se agruparon las preguntas pares e impares, los datos directos se convirtieron en rangos o posiciones, y se sumaron las puntuaciones obtenidas de ellas, conformando así parejas de valores que fueron utilizadas como entradas de datos para el cálculo del coeficiente de correlación por rangos ordenados o Coeficiente de Spearman, debido a que ambas series dan lugar a medidas ordinales; para dicho coeficiente se obtuvo un valor de $r_s = 0,834$. Es decir, la medición realizada con el cuestionario explica en un 83,4% lo que se pretendió medir.

Técnicas de análisis e interpretación de datos

Para el análisis de los datos fue necesario clasificarlos y organizarlos, tomando en consideración los objetivos específicos del estudio. De esta manera se elaboraron tablas de datos para los tres indicadores: de gestión estratégica del negocio, gestión del aprendizaje organizacional y gestión del mejoramiento continuo, respectivamente. A partir de dichas tablas se analizaron descriptivamente y se determinó la distribución de frecuencia y los porcentajes de respuestas obtenidos en base al número de preguntas totales de cada indicador.

Para cada indicador se obtuvieron graficas de las frecuencias para cada alternativa de respuesta, graficadas en orden descendente. Posteriormente, la interpretación se realizó en base al número de directivos consultados ($n = 30$), y así se sintetizó cuáles de las proposiciones representaron dificultades y cuales potencialidades para el desarrollo de la gestión del conocimiento. Se obtuvo un diagrama para analizar las causas de las tendencias para detectar las referidas dificultades críticas (problemas); y concluir así que: “el 20% de las causas son responsables del 80% de los problemas”. En este caso, el grupo de respuestas con tendencia negativa se hizo corresponder con: “indeciso”, “casi nunca” y “nunca”. Por el contrario, el grupo de respuestas con tendencia positiva correspondió con: “siempre” y “casi siempre”.



Resultados

A continuación, se muestran las tabla N° 1, N°2, N°3 y N°4; que registran la distribución de frecuencia correspondiente a la muestra en estudio de las respuestas obtenidas por cada indicador, así como también de la variable que los engloba.

Figura 1: Distribución de frecuencias para el indicador del nivel de dificultad para desarrollar la Gestión Estratégica del Negocio.

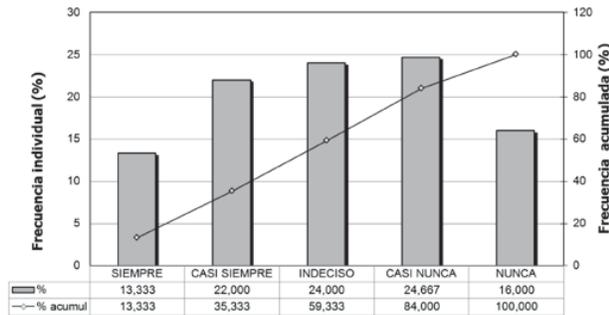


Figura 2: Distribución de frecuencias para el indicador del nivel de dificultad para desarrollar la Gestión del Aprendizaje Organizacional.

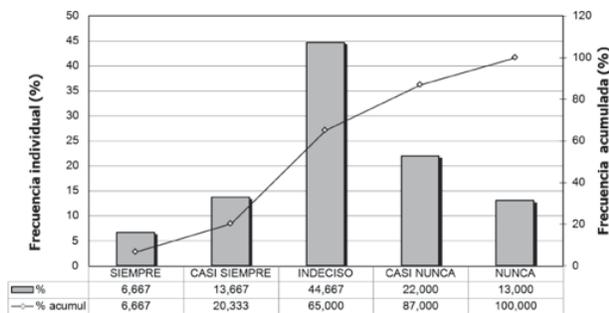


Figura 3: Distribución de frecuencias para del indicador del nivel de dificultad para desarrollar la Gestión del Mejoramiento Continuo.

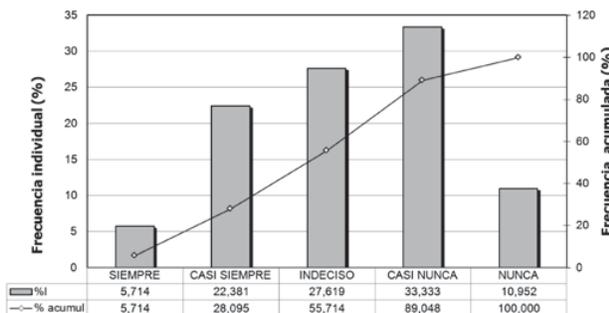
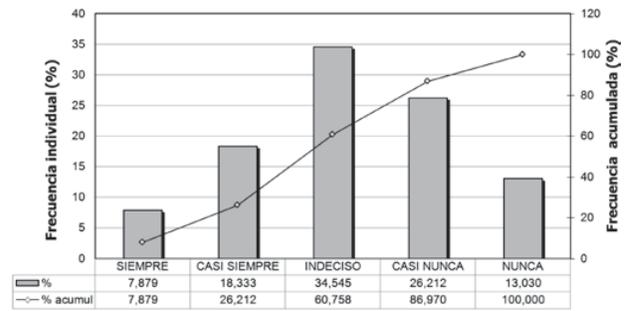


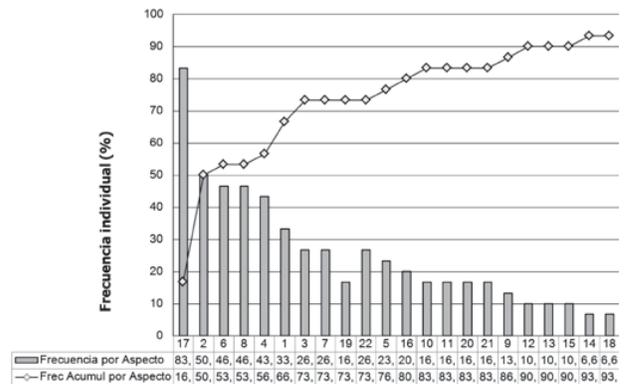
Figura 4: Distribución de frecuencias del nivel de dificultad para implementar el Desarrollo de la Gestión del Conocimiento.



Del análisis realizado a la distribuciones de frecuencias anteriores, mostradas en las figuras N°1, N°2, N°3 y N°4, se puede inferir que, tanto para los tres indicadores individuales como para la variable global Nivel de Dificultad para Desarrollar la Gestión del conocimiento, existe cierta tendencia de las empresas consultadas hacia las respuestas del tipo negativo.

Por lo tanto, se procede a obtener el diagnóstico identificando los problemas mediante la definición de la tendencia de respuesta de los aspectos medidos para permitir el hallazgo de las oportunidades inmediatas de mejora o dificultades críticas.

Figura 5: Tendencia de respuesta de los aspectos medidos para identificar oportunidades inmediatas de mejora.



La figura N°5 muestra las causas críticas de dificultades, clasificadas y ordenadas, relacionadas con los tres indicadores en estudio: gestión estratégica del negocio, gestión del aprendizaje organizacional y gestión del mejoramiento continuo. Con lo cual se confecciona una tabla jerarquizada, tabla N°1, de las causas críticas de dificultades, relacionadas, por supuesto, con los referidos indicadores.

En la tabla N°1 se resaltan las principales las potencialidades y las dificultades a solventar por los gerentes o directivos de las empresas constructoras en estudio. En cuanto a las potencialidades, se percibe claramente que, respecto al aspecto “Gestión estratégica del negocio”, la muestra presenta un nivel aceptable



en cuanto a planificación estratégica, medición de indicadores y estrategia de benchmarking. Esto proporciona, automáticamente oportunidades para acciones de mejora, que contrarresten y apalanquen los obstáculos diagnosticados.

Las dificultades percibidas en este estudio evidencian que la muestra presenta obstáculos respecto a algunos aspectos de la “Gestión del aprendizaje organizacional” y la “Gestión del mejoramiento continuo”.

Discusión

A la luz de los resultados se puede concluir que las dificultades más frecuentes para desarrollar Gestión del Mejoramiento Continuo en empresas del sector construcción están relacionadas con la falta de un sistema de gestión de calidad documentado que sirva de apoyo al control de obras y otras áreas operativas. Es preciso que se propicie el trabajo en equipos multidisciplinarios en proyectos de identificación e implantación de mejores prácticas operativas.

Encuanto al desarrollo de la Gestión del Aprendizaje Organizacional, las dificultades más frecuentes están relacionadas con la cultura organizacional, los valores y el desarrollo humano. Muchas de las deficiencias de las empresas pueden revertirse cuando la gerencia focalice esfuerzos tendientes a sembrar expectativas en el aspecto humano. Otra dificultad tiene que ver con la transferencia y el procesamiento del conocimiento interno sobre cómo hacer las cosas. Se ha destacado también, como un obstáculo, las barreras que impiden que la gente se motive y participe sistemáticamente en la solución de problemas de su competencia.

Respecto al desarrollo de la Gestión Estratégica del Negocio las dificultades más frecuentes están relacionadas con las deficiencias que tienen los gerentes en evaluar competitivamente su posición en los mercados donde compiten. Para ello es preciso contrastar el desempeño propio de la empresa con las principales empresas de la competencia, a fin de aprender de esas experiencias.

Según los hallazgos obtenidos puede asegurarse que los aspectos señalados anteriormente afectan el desarrollo de la gestión del conocimiento originando algunos de los siguientes inconvenientes:

- Deficiencias en la cultura organizacional y valores, que deben alinearse al desarrollo humano.
- Se carece de un sistema de gestión de calidad en las obras.
- Falta de estímulo para reforzar conocimientos, capacidades y habilidades de la gerencia y empleados.
- Falta de motivación para participar en asuntos cotidianos de interés.
- Deficiencias para propiciar la transferencia y procesamiento del conocimiento interno de la organización.
- Desconocimiento de los niveles de desempeño.
De tal manera, cualquier intento para solventar la problemática pasa por considerar las siguientes sugerencias, que pueden ser desarrolladas como trabajos futuros:
 - Trabajar en proyectos para estimular decididamente al personal gerencial y empleados, con potencial, a reforzar y perfeccionar sus conocimientos, capacidades y habilidades.

Tabla 1: Dificultades y Oportunidades inmediatas de mejora.

ASPECTO N°	DESCRIPCIÓN (*)	INDICADOR	ACCIÓN
1	Visión y misión	GESTIÓN ESTRATÉGICA DEL NEGOCIO	<i>Oportunidades de Mejora</i>
2	Planes y estrategias		
3	Monitoreo de indicadores y resultados		
4	Manejo de información externa		
5	Evaluación de competidores		
6	Normas y procedimientos	GESTIÓN DEL APRENDIZAJE ORGANIZACIONAL	
7	Difundir normas y procedimientos		
8	Conocimiento y cumplimiento de N y P		
17	Calidad de los servicios de construcción	GESTIÓN DEL MEJORAMIENTO CONTINUO	
19	Medición de productividad en Horas-Hombre		
22	Retroalimentar soluciones a problemas		
9	Conocimiento del nivel de desempeño	GESTIÓN DEL APREDINZAJE ORGANIZACIONAL	<i>Causas de las Dificultades</i>
10	Retroalimentar el nivel de desempeño		
11	Condiciones y ambiente de trabajo		
12	Reforzar y perfeccionar la capacitación		
13	Motivación a participar		
14	Cultura, valores y desarrollo humano		
15	Transferencia de conocimientos		
16	Funcionalidad de normas y procedimientos	GESTIÓN DEL MEJORAMIENTO CONTINUO	
18	Documentar el sistema de calidad		
20	Programas de mejores practicas		
21	Trabajar en equipo para solucionar		

(*) En negrita aparecen los aspectos más críticos



- b) Trabajar en proyectos que propicien la transferencia y procesamiento del conocimiento interno de la organización.

Referencias

- Notas de prensa 2007, 2008 y 2009. Banco Central de Venezuela. Documentos en línea disponibles en bcv.org.ve/c4/notasprensa.asp
- DRUCKER, P. (2005). La gerencia en la sociedad futura. Bogotá: Editorial Norma.
- EDVINSSON, L y MALONE, M. (2004). El capital intelectual. Madrid: McGraw-Hill.
- GUERRA, J. Y OLIVO, V. (2009). La crisis global y su impacto en Venezuela. Instituto Latinoamericano de Investigaciones sociales (ILDIS). Documento en línea disponible en <http://www.ildis.org.ve/website/administrador/uploads/DocumentoCrisisGlobalVenezuela.pdf>
- GRATTON, L. (2001). Estrategias de capital humano. Madrid: Pearson Educación, S.A.
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P. (2008). Metodología de la investigación. Segunda edición. México: McGraw-Hill.
- NORTH, K. y RIVAS, R. (2008). Gestión del conocimiento. Una guía práctica hacia la empresa inteligente. Primera edición. México: Amertown internacional.
- PANAIA, M. (2004). El sector de la construcción: un proceso de industrialización inconcluso. Buenos Aires: Nobuko.

Agradecimientos

Deseamos expresar públicamente nuestro agradecimiento a las instituciones y empresas constructoras que amablemente colaboraron con el aporte de los datos.



Propuesta de un proceso de aprovechamiento de desechos de conchas de naranja (*Citrus sinensis*) para la obtención de celulosa

Doriana Gutiérrez H.¹, José Correa S.¹, Tony Espinosa¹, Gilberto Pinto P².

¹Escuela de Ingeniería Química, Fac. de Ingeniería, U.C.

²Departamento de Química FACyT, U.C.

tony_paz@hotmail.com

Resumen

En esta investigación se presenta una propuesta para la extracción de celulosa a partir de cáscaras de naranja. Para esto se procedió, en primer lugar, a retirar las semillas y suciedad adherida a las conchas, para luego cortarlas en trozos. Posteriormente, se colocó en un secador de bandeja, para retirar la humedad existente. Luego, se procedió a moler la masa seca en un molino de doble disco. Se realizó la extracción de los aceites y grasas, mediante una extracción sólido líquido en una torre Soxhlet, utilizando n-hexano como solvente extractor; realizando, en esta fase, un diseño experimental de tipo factorial 2ⁿ, para obtener la combinación de variables más favorables para el proceso. Luego se realizó una hidrólisis con peróxido de hidrógeno para retirar la lignina y hemicelulosa adheridas a la celulosa; obteniendo, finalmente, el producto deseado. En el proceso se obtuvo como resultados relevantes un porcentaje de humedad retirada de 17,2%; por su parte el porcentaje de aceites y grasas extraídas es de 46,7%; el de lignina y hemicelulosa extraída es de 53,8%; obteniendo un porcentaje de celulosa recuperada de 46,3%; arrojando un rendimiento global de 22,3%.

Palabras clave: celulosa, extracción, cáscaras de naranja, *Citrus sinensis*.

Proposal development process of a waste of shells of orange (*Citrus sinensis*) for the procurement of cellulose

Abstract

In this research presents a proposal for obtaining cellulose extracted from waste orange shells. For this is necessary first to remove the seeds and dirt attached to the shells, then cut into pieces. Subsequently placed in a tray dryer to remove the moisture. Then proceeds to grind the dry mass in a double disc. It performs the extraction of oils and fats, using a solid-liquid extraction in a Soxhlet tower, using n-hexane as a solvent extractor; doing at this stage of experiment design factorial type 2ⁿ, to obtain the most favorable combination of variables for the process. After hydrolysis is carried out with hydrogen peroxide to remove lignin and hemicellulose attached to the cellulose, ultimately obtaining the desired product resulting in a significant percentage of moisture removed 17.2%, for its part, the percentage of oils and fats is 46.7%, the extracted lignin and is 53 hemicelluloses 8%, getting a percentage of cells recovered from 46.3%, resulting in an overall process yield of 22.3%.

Key words: cellulose, extract, orange peel, *Citrus sinensis*.

Introducción

La celulosa es una de las sustancias orgánicas que en la naturaleza se da con mayor abundancia. Constituye aproximadamente, la tercera parte de la materia vegetal, desempeñando la función de sustancia sostén en las fanerógamas (vegetales superiores), siendo además, el polisacárido natural de mayor peso molecular y uno de los que resisten mejor el ataque de ciertos productos químicos, así como de microorganismos (Camejo, 2004). En el presente trabajo se busca obtener la celulosa a partir de la cáscara de naranja, la cual contiene biomasa; ya que esta contiene una cantidad de celulosa significativa, sin embargo, hoy en día ésta no es utilizada como materia prima para la obtención de la misma, por el contrario las pequeñas y grandes empresas que generan este desecho, lo hacen en grandes cantidades haciéndola un contaminante más para el ecosistema. Los frutos cítricos además de los carbohidratos simples (fructosa, glucosa y sacarosa) también contiene polisacáridos no amiláceos (PNA), pectina que es la fibra predominante en la naranja que conforma el 65 al 70% de la fibra total, y el resto de la fibra esta en forma

de celulosa, hemicelulosa y cantidades trazas de lignina. Es esa cantidad de celulosa presente en la concha de naranja la razón por la cual este desecho representa una alternativa para producir bioetanol, debido a que cuando la celulosa es extraída, puede obtenerse a partir de ésta los azúcares que mediante fermentación dan producto al biocombustible. Los desechos de conchas de naranja están constituidos principalmente por cáscaras, semillas y membranas capilares, que basan la factibilidad de uso en la obtención de harinas cítricas, pectina cítrica, aceites esenciales, pigmentos y productos cítricos especiales; así como también compuestos bioactivos que tienen efectos benéficos sobre la salud, tales como la fibra, y los polifenoles en especial los flavonoides. Otro punto a considerar para determinar la factibilidad de uso de dicho desecho, es la producción de estos residuos en el territorio nacional, que Venezuela, anualmente es de 500.000 Ton/año y la cantidad procesada por la industria representa hasta el 85%. La pulpa extraída de la fruta se utiliza para la preparación de concentrados, pulpas, néctares y jugos. La cáscara representa aproximadamente del 45 al 60% del peso de la fruta, y esta en muchos de los casos es



desechada, pudiendo aprovecharla con otros fines. En respuesta a esta problemática se busca aprovechar éste desecho ayudando así a que este no represente un agente contaminante más y suministrando una fuente alternativa diferente de celulosa, la cual puede ser de gran utilidad a nivel del mercado nacional e internacional.

Metodología

El trabajo de investigación es experimental, ya que comenzó con la observación e investigación de los aspectos intrínsecos involucrados en la obtención de celulosa, proponiéndose alternativas y seleccionando aquella que ofreció las mejores condiciones para su obtención utilizando como materia prima desechos de conchas de la naranja.

Para el tratamiento de las conchas de naranja se procedió, primero, al lavado previo de éstas para retirar, tanto los restos de tierra e impurezas adheridas, como las semillas ya que se deseaba utilizar sólo la concha para la obtención de celulosa.

Una vez realizado el lavado previo, se procedió a cortar en trozos pequeños las conchas, para aumentar la superficie de contacto con el aire y así, facilitar el secado. Luego, se colocaron las conchas, limpias y cortadas en trozos, en un secador de bandeja para que las mismas entrasen en contacto con aire calentado por resistencias e impulsado al interior de la carcasa del secador; en el mismo se tomó el tiempo de secado, pesando las bandejas periódicamente hasta verificar peso constante. Se registró el peso inicial de las bandejas y se comparó con el peso final, para determinar el porcentaje de humedad retirada de las conchas. Se graficaron los datos tomados para verificar el comportamiento del peso de las conchas a medida que transcurre el tiempo en el secador con distintas cargas. Posterior al secado de las conchas, se procedió a moler las mismas en un molino de doble disco, para luego ser almacenadas.

A través de análisis del proceso y estudio bibliográfico de la teoría referida al proceso de extracción sólido-líquido, se desarrolló una tormenta de ideas de las variables que afectan de manera significativa el porcentaje de extracción de grasas y aceites en la concha de naranja, y de esta manera manipular las mismas con la finalidad de obtener una mayor eficiencia. Por medio de la implementación de un diagrama causa-efecto se identifica los factores que influyen potencialmente en el porcentaje de extracción de las materias grasas y pigmentos.

Con las variables arrojadas por el estudio causa y efecto se realiza un diseño experimental del tipo factorial 2ⁿ al proceso, otorgando a los n factores, dos niveles (alto y bajo), con base en la capacidad del equipo y las condiciones de proceso. Luego, se indicaron los distintos experimentos según las combinaciones de las variables que arrojó el diseño factorial elegido. Para disminuir la

cantidad de experimentos se aplicó el diseño “un medio” factorial. Por último, se realizó, según la metodología explicada a continuación, los experimentos resultantes con tres réplicas cada uno, para que el estudio tuviese validez científica.

Una vez realizado todo el tratamiento descrito anteriormente, ya las conchas están listas para pasar al proceso de extracción de aceites y grasas, el cual se realizó en un equipo de extracción sólido-líquido soxhlet, donde se colocaron las mismas en contacto con n-hexano como solvente extractor, en una relación 1:24 (kg de biomasa : L de solvente). El proceso fue monitoreado mediante la variación presentada en el índice de refracción de la solución, resultante del contacto entre las conchas y el solvente extractor. El tanque del solvente se calentó a una temperatura mayor a la de temperatura de ebullición del n-hexano, sin exceder la de los aceites (aproximadamente, 75-80 °C). Se cronometró el tiempo de permanencia de las conchas en la torre en contacto con el solvente y se tomaron los índices de refracción periódicamente, hasta que éste permaneció constante, lo cual indicó que el proceso debía finalizar, determinándose el rendimiento del proceso, tomando como variable de respuesta el porcentaje de aceites extraídos. Una vez concluido el proceso de extracción, se disponen las válvulas del mismo equipo de modo tal que éste trabaje como una torre de rectificación para la recuperación del n-hexano. Al obtener la materia deslipificada, el siguiente paso a seguir, fue separar la celulosa de la lignina y hemicelulosa mediante hidrólisis alcalina con peróxido de hidrógeno, siguiendo la metodología de Camejo (2004).

Resultados

El porcentaje de humedad retirada, obtenido en el proceso de secado, es de 17,2%, cuyo comportamiento se presenta en la figura 1. En la figura 2 se muestran los resultados obtenidos al llevar a cabo la tormenta de ideas que genera el diagrama causa y efecto.

Figura 1: Curva de humedad del proceso de secado de la concha de naranja.

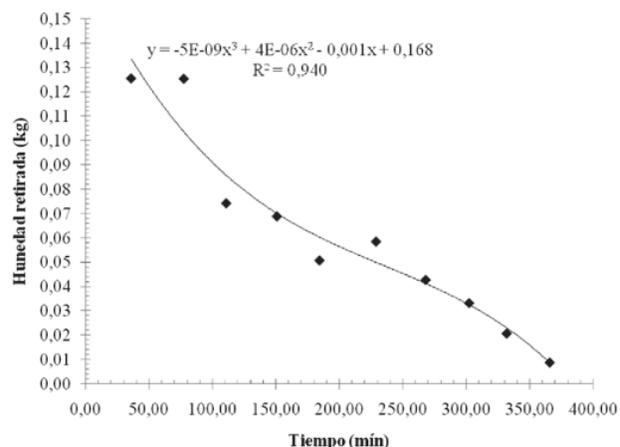
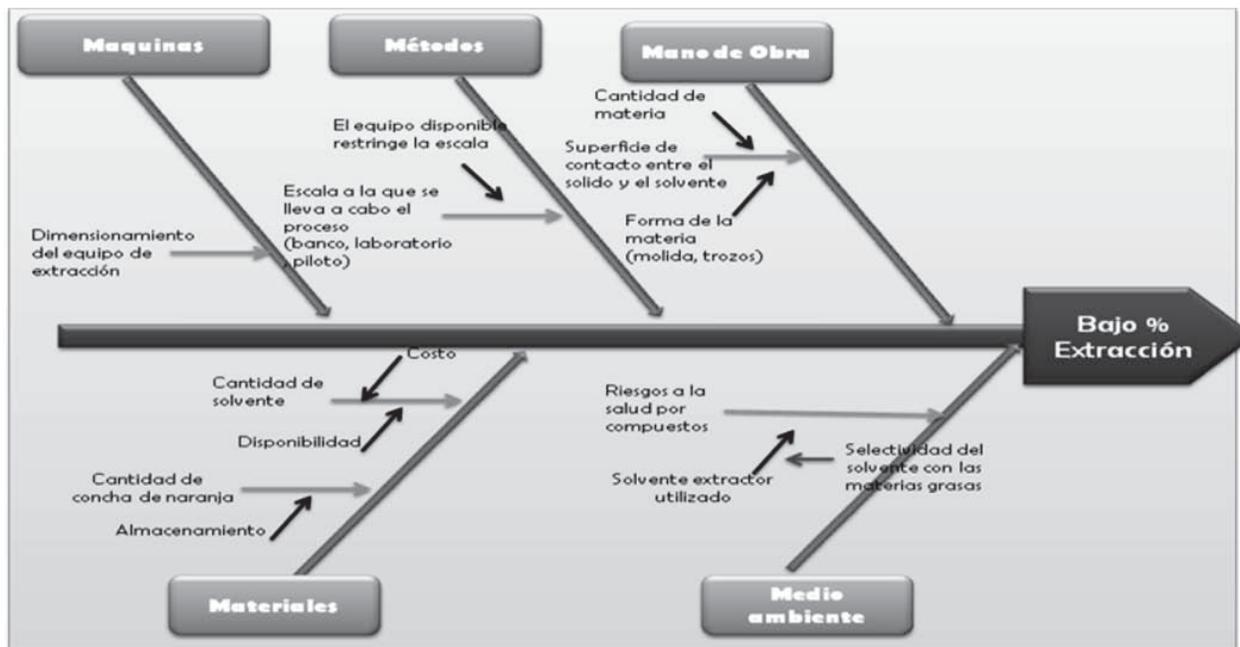




Figura 2: Diagrama causa y efecto para evaluación de variables.



Al realizar el diseño experimental, éste sugiere las posibles combinaciones de las variables a las que se le asocian dos niveles. Para el caso de la masa de concha de naranja los niveles fijados como alto y bajo son 1kg y 0,5 kg, respectivamente; de igual forma, para el solvente son 8 L y 12 L. Posteriormente, se aplica la fracción un medio del diseño 2^k , por lo que sólo se toman las alternativas más significativas según el diseño, quedando éste como un diseño factorial 2^{3-1} , con las combinaciones 2, 3, 5 y 8 de la tabla, para las cuales se realizan tres (3) réplicas. Las combinaciones y resultados obtenidos al llevar a cabo los experimentos sugeridos por el diseño con sus respectivas réplicas se presentan en la tabla 1:

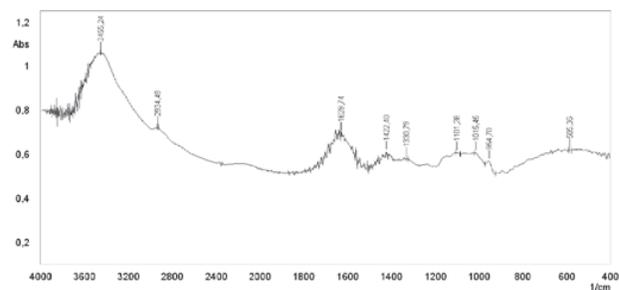
Tabla 1: Combinaciones de los factores empleados en el diseño experimental.

Corrida	Factores			Porcentaje de extracción (%)
	Cantidad de masa alimentada (kg)	Cantidad de solvente (L)	Forma de la masa alimentada	
1	bajo	bajo	molida	Descartado
2	alto	bajo	molida	25,51 24,89 31,61
3	bajo	alto	molida	49,23 46,66 45,83
4	alto	alto	molida	Descartado
5	bajo	bajo	trozos	20,15 19,32 17,20
6	alto	bajo	trozos	Descartado
7	bajo	alto	trozos	Descartado
8	alto	alto	trozos	14,64 16,12 14,43
Variable de respuesta		% de aceites y grasas extraídos		

Observando los resultados obtenidos se pudo apreciar notablemente que la opción más favorable para el proceso es trabajar con conchas de naranja molidas y no en trozos, siendo la mejor combinación la corrida 3, donde se obtiene un porcentaje promedio de 47,24% de aceites y grasas extraídas; así que se procede a trabajar colocando en el equipo de extracción 12 L de n-hexano para tratar 0,5 kg de conchas de naranja molidas.

Por otro lado, el porcentaje de extracción de lignina y hemicelulosa resultante corresponde a $(53,8 \pm 0,3)\%$; de igual manera, el porcentaje de celulosa obtenido es $(46,3 \pm 0,4)\%$; tomando en cuenta los rendimientos anteriores se obtiene que el porcentaje de celulosa, con respecto a la cantidad de concha de naranja alimentada sin procesar, es de $(22,3 \pm 0,3)\%$, resultados que indican que el proceso se desarrolla a condiciones que garantizan una significativa separación de los compuestos. El proceso de hidrólisis se verifica por espectrometría infrarrojo:

Figura 3: Espectro Infrarrojo de la celulosa obtenido a un tiempo de extracción de 6 horas.

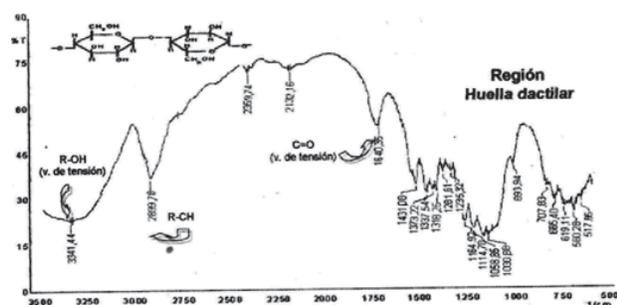


En la figura 3 se puede observar la existencia de bandas de absorción simi, características de los grupos



funcionales de la celulosa, grupos alcoholes (R-OH), los cuales producen una vibración de tensión en el rango espectral de 3250cm^{-1} a 3500cm^{-1} (para el caso $3456,24\text{cm}^{-1}$). Otro grupo característico de la celulosa es el metileno (R-CH), que de igual manera se presenta en la figura mostrada, ya que ésta se muestra en un rango de $2750\text{-}3000\text{cm}^{-1}$, (para el caso, $2934,49\text{cm}^{-1}$). Los valores de tensión resultantes indican que en la muestra de estudio hay presencia de celulosa, sin embargo, no quiere decir que se haya eliminado toda la lignina y hemicelulosa presentes inicialmente. Las desviaciones de los resultados obtenidos se pueden observar al comparar el espectro de la muestra en estudio con una muestra patrón, en este caso, celulosa microcristalina marca Avicel, cuya espectroscopía infrarrojo se puede observar en la Figura 4.

Figura 4: Espectro Infrarrojo de la celulosa microcristalina, marca Avicel, patrón.



Uno de los rangos a observar con mayor interés en este proceso, es el que abarca de 1500cm^{-1} a 1750cm^{-1} , donde aparecen las bandas de los grupos C=O característicos de la lignina. Tanto de la Figura 3 como en la Figura 4, esta banda se ve en muy baja proporción con respecto a la de celulosa por lo que se verifica que efectivamente el proceso de hidrólisis se llevó a cabo favorablemente.

Discusión

Si bien la biomasa, se refiere al conjunto de materia orgánica, de origen vegetal o animal, cuyo aprovechamiento energético puede constituir a largo plazo una importante fuente de energía renovable, también hay que tomar en cuenta que no toda la biomasa es económicamente aprovechable. Por su lado, los frutos cítricos además de los carbohidratos simples (fructosa, glucosa y sacarosa) también contiene polisacáridos no amiláceos (PNA), pectina que es la fibra predominante en la naranja que conforma el 65 al 70% de la fibra total, y el resto de la fibra está en forma de celulosa, hemicelulosa y cantidades trazas de lignina. Es esa cantidad de celulosa, presente en la concha de naranja, la razón por la cual este desecho se toma en la investigación como fuente alternativa de obtención de este polímero. La cáscara

representa, aproximadamente, del 45 al 60% del peso de la fruta, y ésta, en muchos de los casos, es desechada, pudiéndose aprovechar para otros fines.

En lo referente a la extracción de aceites y grasas, tal como se menciona en la metodología, se realiza un proceso de secado de las conchas previa limpieza, tomando en cuenta que el contenido líquido de una sustancia seca varía de un producto a otro, por lo que el secado es un término relativo y tan solo quiere decir que hay una reducción de contenido del líquido (McCabe, 2007). En este caso, el uso del secador de bandeja resulta conveniente ya que no se requiere una alta capacidad de producción, porque de lo contrario la mano de obra necesaria para la carga y descarga da lugar a costos de operación elevados. Para el proceso de molienda de la concha de naranja se dispone de un molino mecánico de doble disco de circuito abierto, donde la reducción de partícula deseada entre 8 y 20 mesh se consigue mediante un solo paso por el molino.

Luego de que la concha de naranja es molida, se somete al proceso de extracción de grasas y aceites, empleándose como solvente extractor n-hexano. Para la elección de dicho solvente se consideraron investigaciones anteriores, en las cuales se realizan extracciones con distintos solventes donde se evalúa cuál de ellos brinda mejores resultados, tomando en cuenta criterios como: costo, toxicidad, disponibilidad, porcentaje de masa extraída, entre otros.

Una de las investigaciones que se tomó en cuenta para la elección del solvente es la de Camejo (2004), el cual extrae celulosa a partir del gamelote; el solvente que utiliza es una mezcla tolueno-etanol, en proporción 2:1 v/v, obteniendo un porcentaje de masa extraída de $(4,62 \pm 1,44)\%$ en un tiempo de 24 h. Colarusso (2007) estudia la extracción de grasas usando n-hexano como solvente, con un porcentaje promedio de grasas extraídas igual a $(7,423 \pm 0,001)\%$ en 4 h, sólo la sexta parte del tiempo invertido para la mezcla tolueno-etanol, lo que reduce de manera considerable el consumo energético y junto a ello los costos de operación.

Además, el n-hexano posee un nivel de riesgo a la salud, inflamabilidad y reactividad menor al tolueno y es altamente selectivo en la extracción de materias grasas, por ser un disolvente apolar que interactúa con el grupo hidrofóbico de la cadena hidrocarbonada de las grasas presentes en la concha de naranja y además, por tratarse de cadenas lineales, se facilita la extracción, ya que no existe tanto impedimento estérico. Adicionalmente, es de bajo costo, de alta disponibilidad y su bajo punto de ebullición evita un excesivo consumo de energía para su recuperación.

Para evaluar cómo afectan algunas variables en la eficiencia del proceso de extracción sólido-líquido, se realiza un diseño experimental. El diseño experimental más apropiado para el caso es el factorial 2k, ya que este

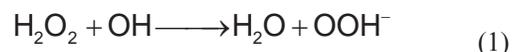


diseño es de particular utilidad en las etapas iniciales del trabajo experimental, cuando se estén investigando muchos factores. Este diseño proporciona el menor número de corridas con las que pueden estudiarse k factores en un diseño factorial completo (Montgomery, 2007). Puesto que sólo hay dos niveles por cada factor, se supone que la respuesta es, aproximadamente, lineal en el rango elegido para los niveles de los factores. En muchos experimentos de tamizado de factores, cuando se acaba de iniciar el estudio del proceso, este supuesto suele ser razonable (Montgomery, 2007).

El mecanismo de extracción de un soluto contenido en una partícula sólida ocurre en tres etapas hasta alcanzar el equilibrio, que son: cambio de fase del soluto, difusión del soluto en el disolvente contenido en los poros del sólido y la transferencia del soluto desde la superficie hasta el seno de la dilución (Ibarz Ribas y Barbosa, 2005). En este caso, el soluto está constituido por los aceites y grasas contenidos en la concha de naranja y la primera etapa se da cuando éstos pasan desde la concha de naranja molida al solvente *n*-hexano en una interface sólido-líquido. La difusión de la materia grasa y aceites en el *n*-hexano, contenido en los poros de la materia prima molida, se da por el gradiente de concentración existente entre la interface sólido-líquido y la superficie exterior del sólido. Se considera que el *n*-hexano permanece prácticamente estacionario en el interior de los poros, por lo que la transferencia de aceites y grasas de mayor concentración al exterior, se realiza por difusión molecular. Esta etapa se ve favorecida por el calor suministrado al calderín, ya que el solvente al estar en contacto con la concha de naranja molida se encuentra a una alta temperatura, lo que provoca un aumento en la difusividad. El hecho de resultar la materia prima molida la más favorecida en el proceso está sustentado porque la longitud de los poros del sólido disminuye, lo que trae consigo que la velocidad de transferencia aumente (Ibarz Ribas y Barbosa, 2005).

El refinado, es decir, la concha de naranja molida resultante del proceso de extracción sólido-líquido, está compuesta principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina; para obtener celulosa, es necesario eliminar la lignina y hemicelulosa presentes, esto se logra por medio de un proceso donde se agrega peróxido de hidrogeno (H_2O_2) en medio alcalino (Castillo y Núñez 2008).

Al agregar la solución de hidróxido de sodio al refinado, la mezcla presentó una coloración naranja oscura. A medida que se añade gota a gota la solución de peróxido de hidrógeno, se observa que el color de la solución cambia a un amarillo, que cada vez se hace más opaco, esto se debe a que los grupos cromóforos presentes en la lignina están siendo hidrolizados por la presencia del ión perhidroxilo (OOH^-), el cual es producto de la descomposición del peróxido de hidrogeno en medio alcalino, de acuerdo a la reacción 1:



De la reacción 1 se observa que el segundo producto formado es agua, la cual incorpora sus átomos en el proceso de hidrólisis en los enlaces glicosídicos presentes en la estructura de la hemicelulosa, dando, como consecuencia, la degradación de la cadena polimérica originando la formación de monosacáridos y oligosacáridos solubles en fase acuosa; es por esto que la aplicación de este método garantiza la eliminación de la lignina, eliminando también, parcialmente, la hemicelulosa.

Conclusiones

La materia prima antes de la extracción sólido-líquido debe ser pasar por un proceso de lavado, secado y molienda. En el proceso de secado el tiempo óptimo es de 6 horas, dejando un porcentaje de humedad retirada del $(13,86 \pm 0.03)\%$. (La mejor relación kg de materia molida : L de solvente extractor) en el proceso de extracción sólido líquido es de 1:24, dando un porcentaje de extracción de aceites de $(46,66 \pm 0.03)\%$. En el proceso de extracción de lignina y hemicelulosa con Peróxido alcalino a relación 1:30 se obtiene un porcentaje de extracción del $(53,75 \pm 0.03)\%$, con un tiempo óptimo de 6 horas. El rendimiento de este proceso a las condiciones mencionadas anteriormente es de $(46,25 \pm 0.03)\%$.

Recomendaciones

Realizar un tratamiento físico o fisicoquímico a los aceites y grasas obtenidos como residuos del proceso de extracción sólido-líquido, para lograr la completa eliminación de las trazas de *n*-hexano presentes y poder estudiar la posible comercialización del mismo; evitando así el impacto negativo que producen estos aceites al ecosistema. Realizar un estudio de biotratabilidad a las aguas residuales provenientes del proceso de hidrólisis con peróxido de hidrógeno, las cuales deben ser previamente neutralizadas, para posteriormente ser tratadas con un posible tratamiento de biorremediación, bien sea separando estas aguas en una corriente de desechos orgánicos y otra corriente de inorgánicos que sólo necesiten de neutralización, o tratando toda la corriente en una biorremediación completa. Evaluar el rendimiento del proceso de obtención de celulosa utilizando distintas fuentes de que se desechen en el ambiente (preferiblemente frutas), para realizar un estudio comparativo en base al rendimiento y al aporte ambiental del proceso.

Referencias

Camejo, C.J., (2004). Estudio preliminar de la degradación química y biológica de celulosa obtenida a partir de masa foliar de *Panicum virgatum* (Gamelote).



- Trabajo de grado, Química, FACYT. Universidad de Carabobo.
- Castillo, V., Nuñez, M. E. (Octubre, 2008). Evaluación de las factibilidad técnico-económica de una planta para producir celulosa a partir de la masa foliar del gamelote (*Panicum virgatum*) y del Jacinto de agua (*Eichornia crassipes*). Trabajo de grado, Ingeniería Química. Universidad de Carabobo, Venezuela.
- Colarusso, A. (Noviembre, 2007). Estudio de la Hidrólisis neutra a altas temperaturas y altas presiones de celulosa extraída a partir de la masa foliar de *Panicum virgatum* (Gamelote). Trabajo de grado, Química, FACYT. Universidad de Carabobo.
- Ibarz Ribas, A., Barbosa-Cánovas, G. (2005). Operaciones Unitarias en la Ingeniería de alimentos. ITESO (México). Publicación en Madrid, España: Mundi-prensa.
- McCabe, W. L., (2007). Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. (Séptima edición). Mc Graw Hill. México.
- Montgomery, D. C., (2007). Diseño y análisis de experimentos. (Segunda edición). Limusa Wiley. México.



Identificación del Modelo Dinámico del Motor de Inducción utilizando Análisis de Sensibilidad Paramétrica

Antonio Millán, Carlos Villanueva, Antonio Fedón, Francisco Arteaga
Departamento de Electrónica y Comunicaciones, Escuela de Ingeniería Eléctrica,
Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.
ajmillan@uc.edu.ve

Resumen

En este trabajo se determinaron los valores de los parámetros del modelo dinámico de un motor de inducción, a partir de los datos de las curvas de velocidad del rotor y corrientes del estator, mediante un proceso iterativo de ajuste de curvas. El gradiente requerido para precisar el cambio en los valores de los parámetros en cada iteración se obtuvo resolviendo el sistema de ecuaciones diferenciales que se deriva del análisis de sensibilidad paramétrica del modelo. Como resultado, se logró una reducción significativa del tiempo de convergencia y del número de operaciones del algoritmo de identificación, mientras se conservó la precisión en los valores finales de los parámetros en comparación con los resultados obtenidos al utilizar el método de las diferencias finitas.

Palabras Clave: Identificación de Modelos, Motor de Inducción, Sensibilidad Paramétrica.

Induction Motor Dynamic Model Identification using Parametric Sensitivity Analysis

Abstract

In this research the induction motor dynamic model is identified by a curve fitting iterative process, using rotor speed and stator currents data. The gradient used to adjust the parameters values at each iteration is calculated by solving the differential equation system derived from the parametric sensitivity analysis of the model. Results showed a convergence time and total number of calculations reduction performed by the identification algorithm, preserving the precision in the final parameters values in comparison with results provided by the finite difference method.

Key words: Model Identification, Induction Motor, Parametric Sensitivity.

Introducción

El motor de inducción es un sistema electromecánico dinámico no lineal que requiere de técnicas y estrategias avanzadas de control vectorial para el diseño y desarrollo de controladores precisos de velocidad, par y posición. Las principales técnicas de control vectorial [1] se basan en el uso de modelos paramétricos que deben ser identificados en forma precisa para representar adecuadamente al motor de inducción, con la finalidad de que el controlador sea efectivo.

Uno de los procedimientos de identificación más utilizados consiste en realizar ajustes iterativos sobre los valores de los parámetros, hasta que el modelo reproduzca con determinado nivel de precisión el comportamiento del motor [2-4]. Es importante el método empleado para realizar el ajuste de los parámetros, ya que las no linealidades del sistema pueden causar problemas de convergencia y/o de ubicación de mínimos locales.

Los métodos basados en gradiente, necesitan del conocimiento de las derivadas parciales de las variables de salida con respecto a cada uno de los parámetros. En caso de no disponer analíticamente de estas derivadas, los algoritmos de cálculo computacional proceden a determinarlas mediante diferencias finitas [5]. Para el caso particular del motor de inducción, esto implica resolver múltiples veces el modelo para cada paso de iteración.

El objetivo de este trabajo es identificar el modelo dinámico del motor de inducción, utilizando un análisis de sensibilidad paramétrica [6-7] para obtener el gradiente requerido por estos algoritmos de cálculo, logrando con esto reducir significativamente el tiempo de ejecución del proceso de identificación.

Metodología

A partir del sistema de ecuaciones diferenciales que representan el modelo dinámico del motor de inducción se desarrolló un análisis de sensibilidad paramétrica para obtener la expresión analítica de los coeficientes de sensibilidad.

Con base en un motor de parámetros conocidos, se obtienen, mediante simulaciones, las curvas de velocidad y corriente a ser utilizadas como datos experimentales, bajo condiciones de arranque directo a tensión de línea nominal y operando en vacío.

Se ejecutó el proceso de identificación, resolviendo mediante integración numérica y de forma simultánea, el sistema conformado por las ecuaciones diferenciales del modelo y las ecuaciones diferenciales de los coeficientes de sensibilidad.

Los resultados fueron evaluados en cuanto a precisión en los valores finales de los parámetros y tiempo de ejecución del proceso de identificación.



Modelo dinámico del motor de inducción

El comportamiento dinámico de un motor de inducción trifásico, balanceado y sin pérdidas en el hierro se puede estudiar mediante el conjunto de ecuaciones diferenciales (1)-(5), considerando la transformación del sistema trifásico de voltajes y corrientes a vectores espaciales en un sistema de referencia estacionario de coordenadas (d,q), según la transformación de Park [8].

$$\frac{d}{dt}i_{ed}(t) = k_1 \cdot \left(v_{ed}(t) - R_e i_{ed}(t) + \frac{L_m^2 w_r(t)}{L_r} i_{eq}(t) + \frac{L_m R_r}{L_r} i_{rd}(t) + L_m w_r(t) i_{rq}(t) \right) \quad (1)$$

$$\frac{d}{dt}i_{eq}(t) = k_1 \cdot \left(v_{eq}(t) - R_e i_{eq}(t) - \frac{L_m^2 w_r(t)}{L_r} i_{ed}(t) + \frac{L_m R_r}{L_r} i_{rq}(t) - L_m w_r(t) i_{rd}(t) \right) \quad (2)$$

$$\frac{d}{dt}i_{rd}(t) = k_2 \cdot \left(v_{ed}(t) - R_e i_{ed}(t) + L_e w_r(t) i_{eq}(t) + \frac{L_e R_r}{L_m} i_{rd}(t) + \frac{L_e L_r w_r(t)}{L_m} i_{rq}(t) \right) \quad (3)$$

$$\frac{d}{dt}i_{rq}(t) = k_2 \cdot \left(v_{eq}(t) - R_e i_{eq}(t) - L_e w_r(t) i_{ed}(t) + \frac{L_e R_r}{L_m} i_{rq}(t) - \frac{L_e L_r w_r(t)}{L_m} i_{rd}(t) \right) \quad (4)$$

$$\frac{d}{dt}w_r(t) = k_3 \cdot \left(i_{eq}(t) i_{rd}(t) - i_{ed}(t) i_{rq}(t) \right) \quad (5)$$

donde,

$$k_1 = \frac{L_r}{L_e L_r - L_m^2}, \quad k_2 = \frac{-L_m}{L_e L_r - L_m^2}, \quad k_3 = \frac{P^2 L_m}{J} \quad (6)$$

$$L_e = L_m + L_{e\delta}, \quad L_r = L_m + L_{r\delta} \quad (7)$$

siendo R_e la resistencia del estator, R_e la resistencia del rotor, L_m la inductancia de magnetización, $L_{e\delta}$ la inductancia de dispersión del estator, $L_{r\delta}$ la inductancia de dispersión del rotor, J la masa inercial del rotor y P el número de pares de polos del motor.

Sensibilidad paramétrica

Dado un modelo matemático para representar el comportamiento dinámico de un sistema descrito por un conjunto de N-ecuaciones diferenciales dependientes de M-parámetros, planteado en la forma vectorial (8):

$$\frac{d\mathbf{x}}{dt} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, \mathbf{p}, t) \quad (8)$$

donde $\mathbf{x} = [x_1(t) \dots x_N(t)]^T$ es el vector de los estados del sistema y $\mathbf{p} = [p_1 \dots p_M]^T$ un vector

que agrupa los diferentes parámetros. Se definen los coeficientes s_j de sensibilidad paramétrica del sistema mediante (9).

$$s_j = \frac{\partial x_i}{\partial p_j}, \text{ para } i = 1 \dots N, j = \dots M \quad (9)$$

Cada coeficiente, así definido, proporciona un estimado de primer orden del efecto de las variaciones del j-ésimo parámetro sobre el i-ésimo estado. A partir de estos se construye la matriz S de sensibilidad del sistema, cuyos elementos se obtienen resolviendo de forma simultánea a (8) y al sistema dinámico (10), que resulta al aplicar reglas de derivación parcial a (8).

$$\frac{d\mathbf{S}}{dt} = \left(\frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{x}} \right) \mathbf{S} + \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{p}} \quad (10)$$

Las matrices Jacobianas $\partial \mathbf{f} / \partial \mathbf{x}$ y $\partial \mathbf{f} / \partial \mathbf{p}$ deben ser actualizadas utilizando los valores instantáneos de los estados y de los parámetros, durante cada paso de iteración del proceso de resolución del sistema de ecuaciones diferenciales.

Ecuaciones de sensibilidad para el motor de inducción

Para escribir las ecuaciones del modelo del motor de inducción en la forma vectorial (8) se definen los vectores de estado \mathbf{x} y de parámetros \mathbf{p} mediante (11) y (12), respectivamente.

$$\mathbf{x} = [i_{ed}(t) \quad i_{eq}(t) \quad i_{rd}(t) \quad i_{rq}(t) \quad w_r(t)]^T \quad (11)$$

$$\mathbf{p} = [R_e \quad R_r \quad L_m \quad L_{e\delta} \quad L_{r\delta} \quad J]^T \quad (12)$$

El sistema de ecuaciones resultante es muy extenso como para incorporarlo en su totalidad en el informe. Como ejemplo, se incluye la ecuación que describe la dinámica de la sensibilidad de la corriente $i_{ed}(t)$ con respecto a la resistencia de estator R_e :

$$\frac{d}{dt}s_{11}(t) = \frac{[(L_m + L_{r\delta})i_{rq} + L_m i_{eq}]L_m s_{31}(t) + [(L_m + L_{r\delta})s_{41}(t) + L_m s_{21}(t)]L_m w_r(t)}{(L_{e\delta} + L_{r\delta})L_m + L_{e\delta} L_{r\delta}} + \frac{L_m R_r s_{31}(t) - R_e (L_m + L_{r\delta})s_{11}(t) - (L_m + L_{r\delta})i_{ed}(t)}{(L_{e\delta} + L_{r\delta})L_m + L_{e\delta} L_{r\delta}} \quad (13)$$

Resultados

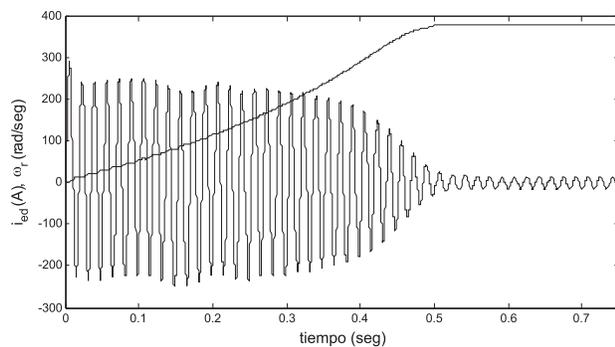
Los resultados se plantean a partir de simulaciones, resolviendo de forma simultánea y mediante integración numérica, las ecuaciones diferenciales del modelo

del motor y de los coeficientes de sensibilidad. Los parámetros del motor se especifican en la tabla 1; las curvas de corriente y velocidad, para un arranque en vacío a tensión nominal, se presentan en la figura 1.

Tabla 1: Parámetros del motor de inducción trifásico.

Voltaje nominal del estator:	$V_{nom} = 220 \text{ V}$
Frecuencia nominal:	$f_{nom} = 60 \text{ Hz}$
Velocidad nominal:	$\eta_{nom} = 1164 \text{ rpm}$
Número de pares de polos:	$P = 3$
Resistencia del estator:	$R_e = 0,294 \text{ } \Omega/\text{ph}$
Reactancia de dispersión del estator:	$X_{e\delta} = 0,524 \text{ } \Omega/\text{ph}$
Resistencia del rotor:	$R_r = 0,156 \text{ } \Omega/\text{ph}$
Reactancia de dispersión del rotor:	$X_{r\delta} = 0,279 \text{ } \Omega/\text{ph}$
Reactancia de magnetización:	$X_m = 15,457 \text{ } \Omega/\text{ph}$
Masa inercial del rotor:	$J = 0,4 \text{ kg m}^2$

Figura 1: Curvas de corriente y velocidad para un arranque en vacío a tensión nominal.



Curvas de sensibilidad paramétrica

En las figuras 2 y 3 se muestran los resultados obtenidos para la dinámica de la sensibilidad de la corriente del estator $i_{ed}(t)$ y de la velocidad del rotor $w_r(t)$, ante variaciones de los parámetros del modelo.

En las gráficas destaca la diferencia en órdenes de magnitud entre la sensibilidad debida a variaciones en los parámetros inductivos en comparación a la variación en los parámetros resistivos. Los resultados muestran, además, que cambios en las inductancias de dispersión producen el mismo efecto sobre la velocidad y la corriente, mientras cambios en las resistencias de estator y rotor producen efectos opuestos.

Identificación de los parámetros

La identificación de los valores parámetros se realizó utilizando la función lsqnonlin de Matlab, para minimizar el error entre las curvas de corriente y velocidad del motor de la figura 1 y las correspondientes curvas del modelo parametrizado. Los resultados se presentan en las gráficas de la figura 4.

Figura 2: Curvas de la sensibilidad de $i_{ed}(t)$. a) Sensibilidad a variaciones de R_e y R_r . b) Sensibilidad a variaciones de L_m , $L_{e\delta}$ y $L_{r\delta}$

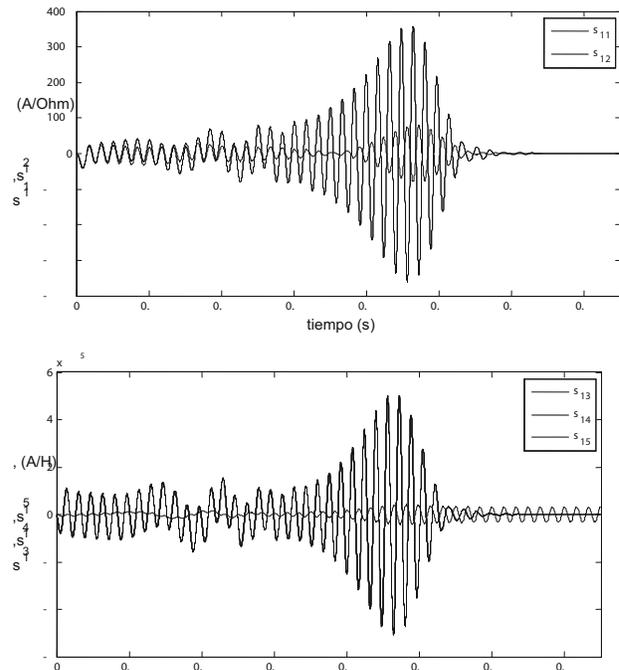
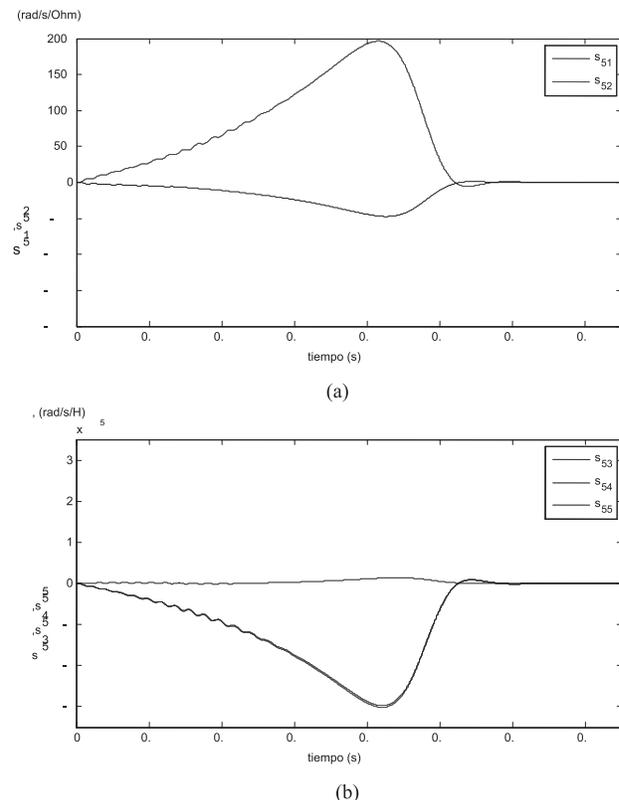


Figura 3: Curvas de la sensibilidad de $w_r(t)$. a) Sensibilidad a variaciones de R_e y R_r . b) Sensibilidad a variaciones de L_m , $L_{e\delta}$ y $L_{r\delta}$





En la figura 4a se grafica la evolución del error en función del número de evaluaciones realizadas al modelo, cuando el gradiente se obtiene por el método de las diferencias finitas y cuando se obtiene mediante el análisis de sensibilidad.

En las figuras 4b, 4c y 4d se grafica la evolución de los errores relativos de las resistencias, inductancias e inercia, respectivamente, en función del número de iteraciones, para el caso del gradiente calculado a partir del análisis de sensibilidad.

En la tabla 2 se presenta un resumen comparativo de los valores iniciales de los parámetros y de los errores finales resultantes al calcular el gradiente por el diferencias finitas (DF) y por análisis de sensibilidad paramétrica (SP).

Tabla 2: Resumen de valores iniciales y finales de los parámetros.

	valor inicial	%error inicial	% error final DF	% error final SP
Re	0,3773 Ω	28,33 %	0,14 %	0,00 %
Rr	0,2130 Ω	36,54 %	1,73 %	2,12 %
Lm	27,2 mH	-33,66 %	0,98 %	0,98 %
Le δ +Lr δ	4,1 mH	92,49 %	0,00 %	3,29 %
J	0,33 Kg.m ²	-16,53 %	-0,15 %	0,00 %

Discusión

En general, los resultados obtenidos demuestran la factibilidad de utilizar el análisis de sensibilidad para construir el gradiente necesario que permita orientar los cambios en los valores de los parámetros durante el proceso de identificación del modelo dinámico del motor de inducción.

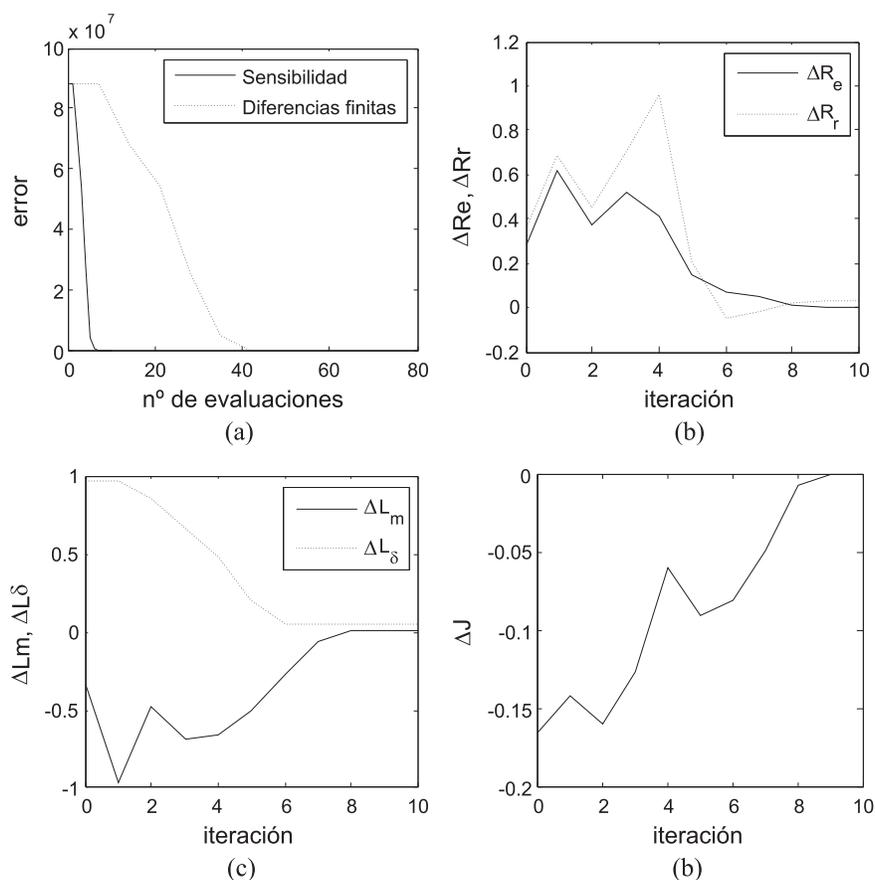
Las curvas de sensibilidad paramétrica, ofrecen información importante para clasificar la influencia de cada uno de los parámetros sobre el comportamiento de las curvas de velocidad y corriente, durante diferentes etapas del arranque del motor.

El cálculo y suministro del gradiente a los algoritmos de minimización de la función de error, elimina la necesidad de estos últimos de recurrir al método de las diferencias finitas, motivo por el cual se reduce significativamente el número de evaluaciones realizadas al modelo y en consecuencia, el tiempo de ejecución del proceso, tal como se evidencia de las gráficas de la figura 4.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado con el soporte del Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad de Carabobo, mediante subvención otorgada

Figura 4: Identificación de parámetros. a) Función de error. Error relativo de: b) Resistencias Re, Rr. c) Inductancias Lm, L δ . d) Masa inercial J.





para el desarrollo del Proyecto de Investigación de Ayuda Menor CDCH-VAL-229-08.

Referencias

- [1] A. Trzynadlowski, *The Field Orientation Principle in Control of Inductions Motors*, Kluwer Academic Publishers, 1994.
- [2] K. Wang, J. Chiasson, M. Bodson, L. M. Tolbert, "A nonlinear least-squares approach for identification of the induction motor parameters", *IEEE Trans. on Automatic Control*, vol. 50, no. 10, pp. 1622-1628, Oct. 2005.
- [3] F. Alonge, F. D'Ippolito, G. Ferrante, F.M. Raimondi, "Parameter identification of induction motor model using genetic algorithms", *IEE Proc. Control Theory Applications*, vol. 145, no. 6, pp. 587-593, Nov. 1998.
- [4] C. Picardi, N. Rogano, "Parameter identification of induction motor based on particle swarm optimization", *Internat. Symp. on Power Electronics, Electric Drives, Automation and Motion*, pp. S132-S137, May 2006.
- [5] *Matlab System Identification Toolbox User's Guide*, version 7. The MathWorks Inc, Matick, MA, 2009.
- [6] A. Flores, *Sensibilidad paramétrica*. Departamento de Ciencias, Universidad Iberoamericana, 2001.
- [7] G. Boroni, P. Lotito, A. Clause, "Análisis de sensibilidad de sistemas algebraicos diferenciales", *Asociación Argentina de Mecánica Computacional*, vol. 25, pp. 1071-1085, Nov 2006.
- [8] J. M. Aller, A. Bueno, "Space vector and field oriented model of the induction machine using a matrix formulation", *Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela*, vol. 15, no. 1, pp. 47-55, Dic. 2000.



Sistema de Control Difuso para la Alimentación de Sustrato en un Cultivo Semicontínuo de Levaduras

Llelysmar Crespo¹, Cravo Gabriel¹, Lamedá Carlos²

¹Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” UNELLEZ, Programa Ciencias del Agro y del Mar, carretera vía Manrique km 4, San Carlos-Estado Cojedés, Venezuela. llely.crespo@gmail.com, cravo50@gmail.com.

²Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre” UNEXPO, Dirección de Investigación y Post-Grado, Av. Corpaguaico, Barquisimeto-Estado Lara, Venezuela. carloslamedam@gamil.com.

Resumen

El control difuso representa una alternativa viable para la automatización y optimización en procesos de cultivo de microorganismos, ya que los controladores convencionales no han dado resultados satisfactorios en procesos de este tipo (caso Machado pid) por las condiciones de imprecisión e incertidumbre existentes en estos procesos y a la naturaleza no lineal de sus comportamientos. Con esta motivación, a través de la presente investigación se ha desarrollado el diseño de un sistema basado en lógica difusa para controlar la alimentación de sustrato (glucosa) en un proceso biotecnológico de cultivo para producción a escala de laboratorio de cepas de levadura de la especie *Saccharomyces cerevisiae*. El tipo de equipo utilizado para llevar a cabo el proceso es un biorreactor para producir en forma semicontinua (“fed-batch”). Para ello, se seleccionó un proceso de cultivo específico con características conocidas, descrito a través de un modelo matemático, con sus parámetros y su forma de verificación. Se creó un software para simular el proceso, y se comprobó que reprodujera el comportamiento del proceso. Se diseñaron dos opciones diferentes de controladores difusos, uno de tipo Sugeno de orden cero y uno de tipo Mandani. Luego, se comprobó que su operación es adecuada para el propósito establecido, a través de la simulación del control de lazo cerrado del proceso seleccionado, utilizando herramientas computacionales. Además, se comparó con otros controladores reportados en la bibliografía consultada, y se comprobó que el diseño desarrollado en la presente investigación da mejores resultados.

Palabras claves: control difuso, cultivo semicontinuo de levaduras, *Saccharomyces cerevisiae*, simulación, biomasa, sustrato.

Fuzzy Control System for Food Substrate in a semi-continuous cultures of yeast

Abstract

Fuzzy control is a viable alternative for automation and optimization processes of microorganisms growing as conventional controllers have not been successful in such processes (pid Machado case) by the terms of imprecision and uncertainty existing in these processes and the nonlinear nature of their behavior. With this motivation, through this research has developed the design of a system based on fuzzy logic to control the supply of substrate (glucose) in a culture bioprocess for laboratory scale production of yeast strains of the species *Saccharomyces cerevisiae*. The type of equipment used to carry out the process is a bioreactor to produce semi-continuously (“fed-batch”). To this end, we selected a specific culture process with known characteristics, described by a mathematical model with its parameters and their verification form. Software was created to simulate the process, and found to reproduce the behavior of the process. We designed two different options for fuzzy controllers, type a zero-order Sugeno-type and one Mandani. Then, it was found that their operation is suitable for the purpose stated, through the simulation of closed loop control of the selected process, using computational tools. In addition, compared with other controllers reported in the literature, and found that the design developed in this research gives better results.

Key words: fuzzy control, semi-cultivation of yeast, *Saccharomyces cerevisiae*, simulation, biomass, substrate.

Introducción

En un proceso biotecnológico es deseable el aumento en la población de microorganismos (biomasa) o la formación de un producto secundario hechos por los microorganismos. Para que haya crecimiento de biomasa o formación de un producto, es necesario que los microorganismos cuenten con las condiciones ambientales óptimas para su desarrollo.

El conocimiento basado en el control de los procesos en biorreactores es un área importante de investigación, dedicados a resolver los problemas de control asociados a las incertidumbres y la naturaleza no cuantitativa de los sistemas bioquímicos. El uso de la lógica difusa es atractivo para los procesos de cultivo

de microorganismos debido a su comportamiento dinámico, pero con información de los procesos, como el conocimiento acumulado, la experiencia de un operador humano, esta resulta viable.

El trabajo desarrollado en la presente investigación, consiste en el diseño de un sistema de control basado en lógica difusa para la alimentación de sustrato, en un cultivo semicontinuo de levaduras de cepas de la especie *saccharomyces cerevisiae*. Por lo cual, el objetivo general del este trabajo fue el diseñar un sistema de control difuso para la alimentación de sustrato en un cultivo semicontinuo de levaduras y como objetivos específicos: 1.- Analizar el estado actual de los sistemas de control difuso en procesos de cultivos semicontinuos



de levaduras. 2.- Seleccionar un modelo de un proceso de cultivo semicontinuo de levaduras de la especie *saccharomyces cerevisiae*. 3.- Diseñar un controlador difuso para regular la velocidad de alimentación de sustrato en un cultivo semicontinuo de levaduras. 4.- Simular el comportamiento del sistema de control difuso en lazo cerrado del proceso de alimentación de sustrato en un cultivo semicontinuo. 5.- Validar el funcionamiento del sistema de control diseñado.

Marco metodológico

En atención a las características que presenta esta investigación y a sus objetivos, la misma se encuentra dentro de la modalidad de proyecto factible, puesto que está orientada a proporcionar respuestas o soluciones a problemas planteados en una determinada realidad (Balestrini, 2001). Con este proyecto se diseñó un controlador difuso para la alimentación de sustrato en un cultivo semicontinuo de levaduras, el cual permitirá mejorar la producción y la calidad de biomasa a obtener.

Diseño de la investigación

El trabajo se desarrolló mediante las siguientes fases:

- Fase I: Revisión y análisis de bibliografía sobre bioprocesos y control automático de cultivos semicontinuos de levadura. Se estudió la bibliografía relacionada con cultivos de *saccharomyces cerevisiae*, y se encontró información sobre modelos matemáticos de procesos de cultivos de este tipo de levadura.
- Fase II: Selección de un modelo de un proceso de cultivo de levaduras de la especie *saccharomyces cerevisiae*. Se seleccionó un modelo de un proceso de cultivo sin control automático. El modelo seleccionado fue propuesto por Ferreira (1995) y utilizado por Soares (1997), basado en el modelo publicado por Sonnleitner y Kapelli (1986), con una modificación al modelo presentado por Pomerleau (1990).
- Fase III: Simulación del modelo de un proceso de cultivo de levaduras seleccionado. Se simuló el modelo de cultivo seleccionado, sin control automático. Para ello, se diseñó un software en Matlab, que integra las ecuaciones, parámetros y condiciones del modelo. Se desarrolló un bloque de función S (Ecuaciones diferenciales del modelo de proceso) para Simulink, siguiendo la información presentada en Co (2004) y en The Math Works Inc. (2008-b).
- Fase IV: Diseño de un controlador difuso para regular la tasa de alimentación de sustrato en un cultivo semicontinuo de levaduras. Se diseñó un control difuso que proporcione un flujo apropiado de sustrato (F) al proceso. Dado que la acumulación

de etanol puede reducir la producción de biomasa; pero, sin embargo, es deseable que haya una pequeña producción de etanol (hasta 2 g/L para este proceso), para evitar un largo período de adaptación (superior a 2 h), cuando se use la levadura. Se tomó como estrategia de control, la utilizada por Machado y otros (2001), que consiste en buscar mantener la cantidad de etanol en el biorreactor a un valor pequeño y constante (menor o igual a 0,5 g/L), durante el proceso; dicha cantidad será el valor de referencia de concentración de etanol (Eref). Para la realización del diseño, se tomó en cuenta la información publicada en Driankov y otros (1996), Passino y Yurkovich (1998), Wang (1997), Machado y otros (2001). En una primera instancia, se diseñó un controlador tipo Sugeno de orden cero, usando como variables de entradas la concentración de biomasa (X) y la concentración de etanol (E) en el biorreactor. Luego, como segunda alternativa, se diseñó un controlador difuso tipo Mandani, usando como variables de entrada el error en la concentración de etanol y el cambio de error en la concentración de etanol. El diseño se realizó con la ayuda de la herramienta de Matlab para lógica difusa, "Fuzzy Logic Tool Box", explicada en The Math Works Inc. (2008-a).

- Fase V: Validación del funcionamiento del sistema de control diseñado. La validación de los resultados se realizó mediante simulaciones del modelo matemático del proceso, con el sistema de control en lazo cerrado, con ayuda de Simulink. Esto permitió visualizar el comportamiento del controlador y del sistema controlado.

Resultados

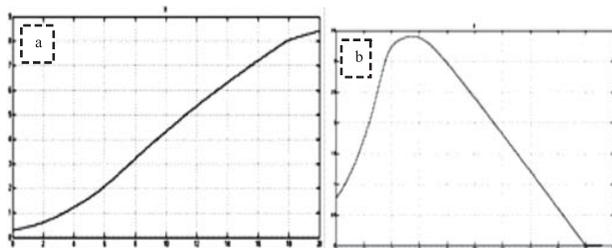
Se presenta la simulación del comportamiento del modelo seleccionado para un proceso de cultivo de levadura *Saccharomyces cerevisiae*, el diseño de un controlador difuso para dicho proceso, la simulación del proceso controlado y el análisis de resultados.

Simulación del comportamiento del modelo de proceso seleccionado

Se desarrolló una función que representa las ecuaciones y parámetros del sistema, y una función S de Simulink. Con ellas se simuló el proceso utilizando Matlab y Simulink, a 20 horas de operación, partiendo de un volumen de 2 litros, y con un flujo constante de 0,12 g/L. En la figura 1 se muestra el sistema simulado por Soares en 1997, donde la máxima concentración de biomasa se logra en un tiempo de 20 h con un rango cercano a 8,5 g/L (figura 1a), la concentración de etanol experimenta su máximo valor alrededor de las 5 h hasta volverse 0 a las 18 h (figura 1b).



Figura 1: Comportamiento de las Variables en el Sistema Controlado. a) Concentración de Biomasa (X) en g/l, b) Concentración de Etanol (E) en g/l.



Diseño del controlador difuso

Para la realización del diseño, se tomó en cuenta la información sobre controladores difusos presentadas en Driankov y otros (1996), Passino y Yurkovich (1998), Wang (1997). Se diseñó un control difuso que produzca un flujo apropiado de sustrato (F) al proceso, utilizando la estrategia de control empleada por Machado y otros (2001), que consiste en buscar que la concentración de etanol en el biorreactor se mantenga en un valor constante pequeño de: $E_{ref} = 0.5$ g/L. La razón para ello es que la acumulación de etanol puede reducir la producción de biomasa, pero es deseable que haya una pequeña producción de etanol para evitar un largo período de adaptación cuando se use la levadura. En una primera instancia, se diseñó un controlador tipo Sugeno de orden cero, usando como variables de entrada la concentración de biomasa (X) y la concentración de etanol (E) en el biorreactor. Luego, como segunda alternativa se diseñó un controlador difuso tipo Mandani, usando como variables de entradas el error en la concentración de etanol y el cambio de error en la concentración de etanol.

Se hicieron diversos ensayos, realizando cambios en las funciones de pertenencia, los parámetros de la salida y en las reglas del controlador, para sintonizarlo, y obtener así una respuesta adecuada del sistema en lazo cerrado. En los apartados siguientes se presentarán los controladores que dieron mejores resultados.

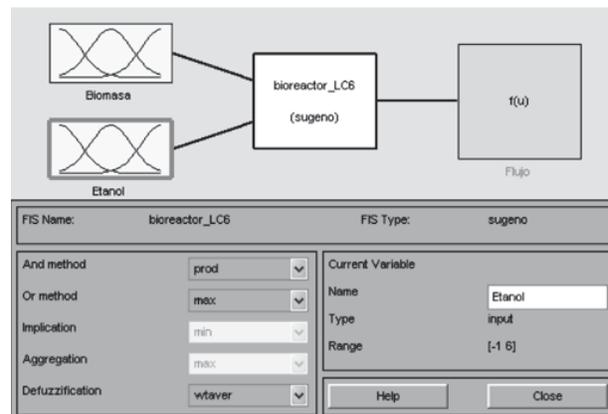
Primer enfoque de diseño

En primera instancia, se decidió utilizar como modelo de inferencia difusa el de Sugeno de orden cero, en forma similar al presentado por Machado y otros (2001), buscando mejorar los resultados reportados en dicho trabajo. Se utilizaron los parámetros y condiciones iniciales fijadas por ellos, para tener una base común de comparación. En la figura 2 se muestra un diagrama de la estructura de este controlador lógico difuso (CLD).

Se decidió utilizar como variables de entradas la concentración de biomasa y la concentración de etanol, para controlar el flujo de etanol. El método para la operación “y” es el producto, para la implicación es el mínimo y la desdifusificación el promedio ponderado. La

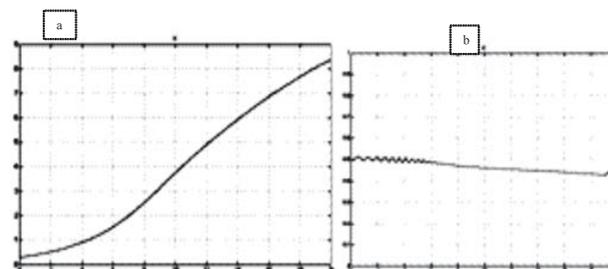
salida del CLD estará dada en función de los valores de concentración de biomasa y de etanol (ambas en g/L).

Figura 2: Estructura del Controlador Lógico Difuso CLD tipo Sugeno.



Si observamos en la figura 3, que muestra el Comportamiento de las Variables en el Sistema Controlado, particularmente, en la figura 3.b, correspondiente a los resultados obtenidos con el controlador difuso del primer enfoque, vemos que en las primeras 6 h la concentración de etanol (E) oscila, ligeramente, alrededor del valor de referencia ($E_{ref} = 0.5$), luego decae hasta que el error máximo de ($E_{ref} - E$) es, aproximadamente, 0,08, que ocurre a la 19 h, y crece hasta llegar a 0.5 g/L a las 20 h.

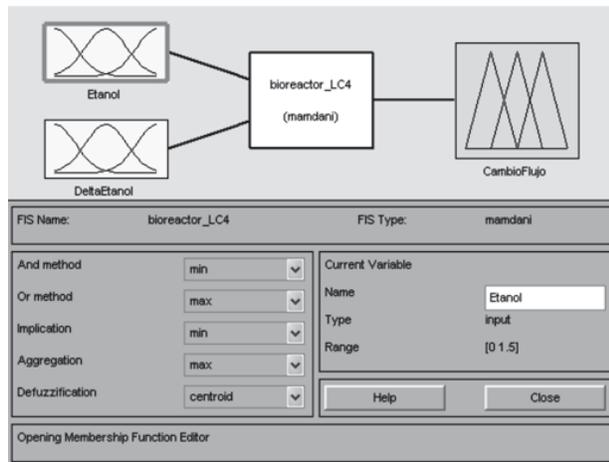
Figura 3: Comportamiento de las Variables en el Sistema Controlado a) Concentración de Biomasa (X) en g/l, b) Concentración de Etanol (E) en g/l.



Segundo Enfoque de Diseño

Luego del ensayo del primer enfoque, se decidió utilizar como modelo de inferencia difusa el de Mandani. En la figura 4 se muestra la estructura de este controlador lógico difuso (CLD). Se decidió utilizar como variables de entradas la concentración de etanol y el cambio de concentración de etanol (DeltaEtanol), para controlar el flujo de etanol hacia el biorreactor. El método para la operación “y” es el mínimo, para la implicación es el mínimo, para la agregación es el máximo y para la desdifusificación es el del centroide. La salida del CLD estará dada en función de los valores de concentración de etanol y cambio de concentración de etanol (ambos en g/L).

Figura 4: Estructura del Controlador Lógico Difuso CLD tipo Mandani.

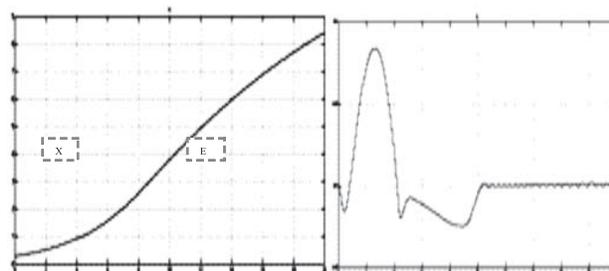


Para la concentración de etanol, el universo de discurso seleccionado va desde 0 hasta 1,5 g/L, lo cual permite seleccionar cualquier valor dentro del dominio que se considera va a tomar esta variable cuando el sistema opere en lazo cerrado.

Para el cambio de concentración de etanol (DeltaEtanol), se definieron las etiquetas lingüísticas: pequeño, normal y grande. Para esta variable de entrada, el universo de discurso seleccionado está entre -0,1 y 0,1 g/L.

En el diagrama del sistema de control, implementado para el segundo enfoque, utilizando el SIMULINK de MATLAB, se introduce la señal de concentración de etanol, pasada por un retenedor de orden cero, y la de cambio de concentración de etanol son introducidas al controlador difuso, que produce la señal de cambio de flujo, a partir del cual se produce la señal de flujo de sustrato que alimenta el biorreactor. Los bloques de saturación se utilizan para prevenir que las señales puedan asumir valores negativos.

Figura 5: Comportamiento de a) Concentración de Biomasa (X) en g/l, b) Concentración de Etanol (E) en g/l, Bajo el Segundo Enfoque.



La figura 5 muestra el comportamiento de las variables, concentración de biomasa (X) y concentración de etanol (E), bajo este segundo enfoque de diseño. Si observamos la figura 5.b, correspondiente a los resultados obtenidos con el controlador difuso del segundo enfoque,

vemos que en las primeras 4 h hay una oscilación en la que ocurre una desviación máxima, aproximadamente a las 3 h, siendo, en este momento, $(E_{ref} - E) \approx -0,08$ g/L. A las 4,5 h, E baja hasta 0,48 g/L; luego, hay una ligera oscilación y llega E a bajar hasta 0,485 a las 9 h. La concentración de etanol (E) oscila, ligeramente, alrededor del valor de referencia ($E_{ref} = 0,5$), y a las 11 h el error se hace prácticamente cero y se mantiene así hasta las 20 h.

Análisis de los resultados

La efectividad de la acción de control, tanto del primer enfoque como del segundo, se resume en la capacidad del controlador en lograr que la concentración de etanol en el biorreactor se mantenga cercana al valor de referencia prefijado de 0,5 g/L, especialmente, luego de pasar un tiempo de estabilización y de tratar, en todo momento, que el error no sea muy grande. Los resultados correspondientes a la concentración de etanol se observan en la [figura 3.b] para el primer enfoque y en la [figura 5.b] para el segundo enfoque.

Si comparamos la [figura 3.b] con la [figura 5.b], correspondiente a los resultados obtenidos con el controlador difuso del segundo enfoque y, tomando en cuenta los factores de escala de cada una de ellas, observamos que con el primer controlador se obtienen mejores resultados durante las primeras 4 h; luego, entre las 4 y las 10 h, ambas muestran niveles de respuesta entre 0,5 y 0,48. Luego de las 10 h, el controlador del segundo enfoque se acerca a la referencia y tiene mejor respuesta que el del primer enfoque.

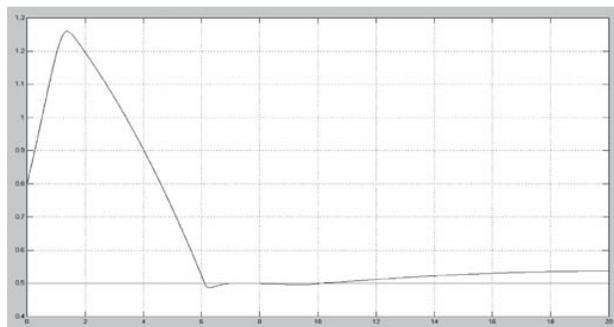
Adicionalmente, podemos comparar los resultados obtenidos con los presentados por Machado y otros (2001), en el diseño de un controlador difuso y de controladores PID que ellos aplicaron al proceso bajo estudio. En la figura 6 puede verse el resultado obtenido por Machado y otros (2001), con la aplicación del controlador difuso que ellos aplicaron. Puede observarse que para las primeras seis horas no hay un buen control, ya que la concentración de etanol es mayor que la referencia (0,5 g/L), presentando una máxima desviación cerca de las 1.5 h, de $(E_{ref} - E) \approx 0,5 - 1,25 = -0,75$ (g/L). Luego de las 6 h, la concentración de etanol trata de seguir el punto de ajuste o referencia, pero al final todavía queda una desviación, que a las 20 h es de 0.03 (g/L).

Conclusiones

El modelo y funciones de transferencia obtenidas mediante la función S MATLAB, que contiene la descripción del proceso bajo estudio, logran ajustarse (biomasa, etanol, flujo, concentración de oxígeno, concentración de dióxido de carbono) con un grado de exactitud elevado al comportamiento de los valores presentados en la literatura utilizada como referencia (Soares, 1997).



Figura 6: Resultados Obtenidos por Machado y Otros (2001), con Controlador Difuso.



Se demostró a través de la simulación, usando el SIMULINK de MATLAB, que los controladores obtenidos, tanto con el primer enfoque como con el segundo, mediante el TOOLBOX FUZZY de MATLAB, cumplen con los requerimientos del proceso bajo la estrategia de control propuesta en Machado y otros (2001).

Durante el lapso de control de 20 h, el controlador diseñado bajo el primer enfoque produjo una mejor respuesta (medido en función de la cantidad de etanol) que el del segundo enfoque, durante las primeras 4 h. Entre las 4 y las 10 h trabajaron dentro de un intervalo de error equivalente y aceptable. Entre las 10 y las 20 h, el controlador del segundo enfoque produjo una mejor respuesta (nivel de etanol menor a 0,5 g/L).

Las respuestas obtenidas por los controladores bajo el primer enfoque y el segundo enfoque producen mejores resultados que los presentados por Machado y otros (2001).

Referencias

Azevedo, S., Dahm, B y Oliveira, F. (1997). Hybrid modelling of biochemical processes: A comparison with the conventional approach. *Comput. Chem. Eng., (Suppl.)* pp. 751-S756.

Balestrini, M. (2001). Como se elabora el proyecto de investigación. Caracas, BL Consultores y Asociados. Servicio Editorial, Quinta Edición.

Bassett, M; Dave, P.; Doyle, F., Kudva, F.; Pekny, J. y Reklaitis, G. (1996) Perspectives on model based integration of process operations. *Comput. Chem. Eng., Vol. 20(6)*, pp. 821-844.

Cabrera, A. y otros (2001), “Lógica Difusa Aplicada al Reconocimiento de las Etapas de un Cultivo *Saccharomyces cereviceae*”. Memorias II Congreso de Ingeniería Biomédica, Cuba, 2001. <http://www.hab2001.sld.cu/arrepdf/00163.pdf>

Caramihai, M. y Severin, I. (2009). “Quality Fed-Batch Bioprocess Control. A Case Study”. *World Academy of Science, Engineering and Technology Volume 56, August 2009*, pp. 674-677.

Driankov, D.; Hellendoorn, H. y Reinfrank, M. (1996). *An Introduction to Fuzzy Control*. Springer Verlag.

Ferreira, E. (1995). *Identificação E Controlo Adaptativo De Processos Biotecnológicos*. PhD Thesis. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (en portugués).

Herrera, E.; Ramirez, J.; Castillo, B. y Ferreira, E. (2007), “Modelo Exacto Difuso de un Cultivo por Lote Alimentado”. Congreso Nacional de Control Automático, Monterrey Nuevo León, 2007 – “Congreso Nacional de Control Automático, AMCA”.

Hemson, M (2006). “Biochemical Reactor Modeling and Control: Exploiting Cellular Biology to Manufacture High Value Products” *IEEE Control Systems Magazine*, Vol. 26, pp. 54-62.

Mandani, E. y Asilian., S. (1975). “An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller”. *International Journal of Man-Machine Studies*, Vol. 7, pp. 1-13, 1975.

Martínez, B.; Herrera, F.; Fernández, J. y Martínez, D. (2003), “Modelación Difusa de un Bioproceso”. SIE’2003.

<http://proton.ucting.udg.mx/posgrado/cursos/idc/pdf/difusa/A017.pdf>

Machado, C.; Gomes, P.; Soares, R.; Pereira, S. y Soares, F. (2001). “Control of baker’s yeast fermentation: PID and fuzzy algorithms”. “IECON’01: the 27th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society.” [S.l.] : IEEE, 2001, p. 770-775. <http://iee-ies.org/iecon01/abstracts/IE01A-989444977.pdf>

Passino, K. y Yurkovich, S. (1998), *Fuzzy Control*. Addison Wesley.

POMERLEAU, Y. (1990). *Modelisation et Controle d’un Procédé Fed-Batch de Culture des Levures à Pain (Saccharomyces cerevisiae)*. Tesis Doctoral, Université de Montreal.

Soares, F. (1997). “Monitorização e controlo de fermentadores – Aplicação ao fermento de padeiro”, PhD Thesis, Universidade do Porto (en portugués).



Evaluación del Proceso de Desnitrificación en Reactores Escala Piloto Tipo Bioactivados Rds

Mallia M. Auxilia D., Dautant S. Rafael, Pedro Montero, Adrián Sierra, Giovanni Mallia, Zulay Niño
Universidad de Carabobo
admallia@gmail.com / adrian.sierra@gmail.com

Resumen

El presente trabajo consistió en evaluar el proceso de desnitrificación en reactores, a escala piloto tipo bioactivados RDS, con remoción de nutrientes, una nueva alternativa para los sistemas de tratamiento biológico de aguas residuales que está siendo desarrollada por el centro de investigaciones ambientales de la universidad de Carabobo CIA-UC. El sistema consta de una combinación de zonas anaerobia, anóxica, reactor de biomasa suspendida y finalmente un reactor de biopelícula móvil (biodisco), sin sedimentación intermedia entre ambos; se utilizó un efluente sintético constituido por azúcar, urea y tripolifosfato de sodio, con cantidades acordes a la relación 100:5:1 de DBO:N:P. El sistema se estudió experimentalmente durante 9 semanas, con cargas entre 1000 y 2000 mg/L de DBO, a distintos caudales de operación. Se determinaron las cantidades de nitrógeno total (Nt) a la entrada y salida del sistema, así como también, a la salida de la zona anóxica, se analizó la influencia de la relación nitrógeno-carbono en la remoción de Nt y se realizó seguimiento a otras variables, tales como OD, pH, T, DBO, DQO, nitritos, nitratos y fósforo, cuyos análisis se realizaron en el laboratorio de aguas servidas de Hidrocentro bajo los métodos sugeridos por el Standard Methods. Con el sistema bioactivado RDS, el porcentaje de remoción del nitrógeno total (Nt) obtenido fue entre 90,78 – 97,69%. Los valores de la materia orgánica por encima del 99% para la DBO, los valores obtenidos fueron independientes de las condiciones aplicadas al sistema; las relaciones de carbono-nitrógeno C/N logradas variaron entre 0,37-8,27.

Palabras Clave: Bioactivado RDS, desnitrificación, remoción de nutrientes.

Denitrification process evaluation in Pilot Scale Reactor bioactivated RDS type

Abstract

The present work evaluates denitrification process in pilot scale reactors with RDS bioactivated with remotion of nutrients, a new alternative to biological treatment systems that is being developed by the environmental research center of the University of Carabobo CIA-UC. The system consists of a combination of anaerobic zones, anoxica, reactor of suspended biomass and a mobile biofilm reactor (biodisc) without sedimentation intermediate between both. A sinthetic effluent was used formed by sugars, urea and sodium tripolyphosphate levels with relationship 100:5:1 BOD: N: P. The system was studied experimentally for 9 weeks with loads between 1000 and 2000 mg / L of BOD at different operation flows; The amounts of total nitrogen (Nt) in the system at the entry and exit, as well as at the exit of the anoxic zone were determined, also the influence of the relation nitrogen-carbon in the removal of Total N was analyzed; other variables were determined such as DO, pH, T, BOD, COD, nitrites, nitrates and phosphorus and the analyses were performed in the laboratory of sewage Hidrocentro under the methods suggested by the Standard Methods. With the Bioactivated RDS system the percentage of total nitrogen (Nt) removed was between 90, 78 – 97,69% and the organic matter over 99% for BOD which were independent of conditions applied to the system. The relationships carbon-nitrogen (C / N) obtained ranged from 0.37-8.27.

Key words: Bioactivated RDS, denitrification, nutrient remove.

Introducción

La importancia de preservar el medio ambiente, cuidar los cuerpos de agua como lagos, embalses y redes fluviales que pueden albergar una diversa flora y fauna lleva a la imperiosa necesidad de encontrar nuevas alternativas que minimicen el impacto que generan las aguas residuales de una población creciente, a través de tratamientos biológicos que lleven a cumplir con las normativas ambientales establecidas.

La remoción de nitrógeno es obligante en los tratamientos de aguas, siendo uno de los nutrientes asociados a la eutricación de cuencas como el lago de Valencia y en muchos casos incapacitando el reuso de las aguas residuales.

En el presente trabajo de investigación se evaluó el sistema bioactivado RDS, un tratamiento biológico innovador que consiste de un reactor aerobio y un reactor de biopelícula móvil sin sedimentación intermedia;

estudiando su comportamiento y capacidad de remover nitrógeno total (Nt).

Metodología

Se llevó a cabo la recolección de datos del sistema bioactivado RDS, de donde se obtuvo toda la información que permitió el logro de los objetivos planteados. El sistema de alimentación se logró a través de una bomba dosificadora, la cual opera a diversas frecuencias que permitieron alcanzar un rango de 60 a 180 L/día durante el desarrollo de la investigación; se trabajó con un efluente crudo sintético preparado en el laboratorio a fin de simular características de las aguas residuales industriales del país de manera controlada; los constituyentes de dicho efluente fueron urea comercial al 43%, tripolifosfato (TTP) y azúcar refinada cristal, diluidos con agua de chorro.



El muestreo se llevó a cabo por un periodo de 9 semanas, variando los constituyentes del efluente crudo sintético, lo cual permitió alcanzar cargas orgánicas de 1000, 1500 y 2000 DBO, para caudales de trabajo teóricos entre de 60, 120 y 180 L/días, respectivamente, por lo que cada condición de trabajo abarcó una semana de evaluación, a razón de tres muestreos por condición. Los análisis microbiológicos se realizaron en las corridas a 120 L/días, debido a que el sistema se evalúa de manera progresiva para una mejor respuesta de adaptación de las bacterias, según lo establece la Unidad de Microbiología Ambiental de la Universidad de Carabobo.

Para la recolección y preservación de las muestras se tomó como estricta referencia la norma venezolana COVENIN 2709:2002 la cual nos habla de las técnicas de muestreo para aguas naturales, industriales y residuales; de igual forma se aplicó un muestreo instantáneo bajo un modelo de captación manual según lo explica dicha norma, todas las muestras fueron destinadas al laboratorio de aguas servidas de Hidrocentro; donde se llevaron a cabo los análisis siguiendo los métodos y técnicas recomendados por APHA (1999).

Resultados y Discusión

Se realizaron las caracterizaciones respectivas para determinar la calidad del efluente a tratar, para ello se variaron las cantidades de los constituyentes del efluente sintético, obteniendo los resultados plasmados en la Tabla 1.

Tabla 1: Caracterizaciones del efluente sintético a las distintas condiciones teóricas.

CONDICIONES DE DBO TEÓRICAS			
	1000 mg/L	1500 mg/L	2000 mg/L
RESULTADOS EXPERIMENTALES			
DBO (mg/L)	1198	1557	2168
DQO (mg/L)	1907	2769	3608
Ntotal (mg/L)	83.22	121.08	135.44
NNH3 (mg/L)	1.84	0.84	9.52
Fósforo (mg/L)	15.25	17.56	20.30
OD (mg/L)	6.67	6.36	3.86
pH	6.52	6.78	6.23
SS (mg/l)	315	49	78

Fuente: Laboratorio de aguas servidas de Hidrocentro.

Tal como se muestra en la tabla 1 los resultados experimentales obtenidos alcanzan las condiciones teóricas esperadas, el sistema fue sometido a distintas cargas orgánicas acorde a las características de las aguas residuales industriales como lo indica Ferrara (2005), quien además señala que las aguas residuales sintéticas preparadas en laboratorio y constituidas de materia orgánica y nutrientes tales como nitrógeno y fósforo permiten simular las condiciones de las aguas residuales generadas en el país, es importante destacar que las características arrojadas por el efluente sintético

usado cumple con los parámetros de calidad de las aguas residuales más importantes según Orozco (2005), como lo es la materia orgánica que desde el punto de vista de la contaminación debe constituirse por proteínas, carbohidratos, grasas-aceites y surfactantes.

Para el presente estudio la urea fue la principal fuente de nitrógeno y aporta las proteínas asociadas a los aminoácidos siempre presentes en el nitrógeno tal como el grupo básico NH₂, mientras que los carbohidratos son aportados primordialmente por materia vegetal así como los azúcares, solubles en agua y aportan constituyentes como hidrógeno, carbono y oxígeno, en cuanto a este último parámetro los valores de oxígeno disuelto (OD) superan los 6 mg/L lo que satisface la condición mínima de encontrada por Orozco, 2005 de 5 mg/L necesarios para asegurar la diversidad de organismos superiores como los peces que también forman parte de una fauna acuática. El OD es imprescindible en los procesos de tratamiento de aguas para que muchos organismos puedan llevar a cabo los procesos metabólicos, obtener energía y llevar a cabo la reproducción (Orozco, 2005).

Se lograron alcanzar las cantidades mínimas de macro y micro-nutrientes necesarios para el crecimiento bacteriano. Winkler (1986) establece como relación mínima C:N:P (carbono, nitrógeno y fósforo) en 100:5:1. En la presente investigación se alcanzaron valores experimentales que satisfacen dicho requerimiento con resultados para el nitrógeno de 83,22, 121,08 y 135,44 mg/L valores superiores a los 50, 75 y 100 mg/L que sugieren las condiciones teóricas fijadas en 1000, 1500 y 2000 mg/L de DBO respectivamente, siendo la DBO una medida directa de la materia carbonosa según Orozco (2005), de igual forma se suministraron las cantidades mínimas en cuanto a fósforo.

Evaluación de la eficiencia del proceso de desnitrificación en el sistema bioactivado RDS con el fin de obtener los porcentajes de remoción de nitrógeno total.

Se alimenta un efluente sintético a una serie de reactores con lecho suspendido incluyendo la zona anóxica apropiada para la desnitrificación (Pérez, 2003) y finalmente a un lecho adherido. Se analizaron las cantidades de nitrógeno total a la entrada y salida del sistema aplicando las técnicas para la recolección y preservación de muestras de la norma venezolana COVENIN 2709:2002 que luego fueron dirigidas al Laboratorio de aguas servidas de Hidrocentro, cuyos resultados se se presentan en la tabla 2.

Comparando los resultados obtenidos con las normativas ambientales nacionales, según gaceta oficial N° 5021 Decreto N° 883 en Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos (1995), el sistema bioactivado RDS arroja valores excelentes, todos por debajo de los 40



mg/L de nitrógeno total que sugiere dicha norma para cuerpos de agua en general.

Tabla 1: Caracterizaciones del efluente sintético a las distintas condiciones teóricas.

	Ntotal entrada (mg/L)	Ntotal salida (mg/L)	mg/l Removidos	% de Ntotal Removido
Semana 1 DBO:1300.00 mg/L Qexp: 54.00 L/día	99.77	9.20	90.57	90.78
semana 2 DBO:1662.00 mg/L Qexp: 63.67 L/día	120.10	9.77	110.33	91.87
semana 3 DBO:2004.00 mg/L Qexp: 61.60 L/día	134.75	12.05	122.70	91.06
semana 4 DBO:1082.50 mg/L Qexp: 117.69 L/día	93.57	8.02	85.54	91.43
semana 5 DBO: 1551.00 mg/L Qexp: 119.04 L/día	128.15	9.44	118.70	92.63
semana 6 DBO: 2340 mg/L Qexp: 122.63 L/día	132.22	6.79	125.43	94.86
semana 7 DBO: 1210.00 mg/L Qexp: 160.94 L/día	55.91	1.29	36.41	97.69
semana 8 DBO: 1458.00 mg/L Qexp: 161.74 L/día	115.00	9.93	105.07	91.37
semana 9 DBO: 2160 mg/L Qexp:158.25 L/día	139.35	8.73	130.62	93.74

Fuente: Laboratorio de aguas servidas de Hidrocentro
Qexp: caudal experimental

Al comparar con el decreto 3219 en Normas para la clasificación y el control de las aguas de la cuenca del lago de Valencia (1999), se obtuvieron resultados resaltantes, sobrepasando la regulación sólo durante la semana 3 a una DBO de 2000 mg/L y 60 L/día sin embargo con un porcentaje de remoción de (91,06±0,01)%, es importante

destacar que los porcentajes de remoción estuvieron por encima del 90% en todas las condiciones de trabajo como se observa en la Figura 1, luego de verificar las cantidades de nitrógeno total a la entrada y salida del sistema bioactivado RDS, reflejado en la Figura 2, donde se observa con claridad la reducción del nitrógeno total a la salida del sistema de manera cuantiosa.

Estos porcentajes de remoción altos permiten deducir el trabajo realizado por las bacterias encargadas de la remoción de nitrógeno llevando a cabo los mecanismos donde por asimilación oxidativa el nitrógeno orgánico y amoniacal son convertidos de nitratos a nitritos que finalmente con la acción de diversos géneros de bacterias producen nitrógeno gas (Díaz, 2003).

Estos porcentajes de remoción concuerdan con estudios realizados por González (2008) quien utilizó arreglos de procesos biológicos anaerobios-anóxico-aerobio para promover la remoción conjunta de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, alcanzando valores de (87,7±0,1)% de nitrógeno total.

Conclusiones

- Los efluentes descargados a la salida del sistema bioactivado RDS cumplen con la normativas ambientales referidas a nitrógeno total tanto para cuerpos de agua de todo tipo como para las descargas a la cuenca del lago de Valencia con porcentajes de remoción que superan el 90% en todas las condiciones aplicadas alcanzando un máximo de (97,69±0,01)%
- El máximo porcentaje de remoción de nitrógeno total logrado por el sistema bioactivado RDS a escala piloto un (97.69±0,01)%.
- El sistema bioactivado RDS fue capaz de remover la materia orgánica biodegradable medida en términos de la DBO sobre el 99% para todas las condiciones estudiadas.

Figura 1: Relación entre las cantidades de nitrógeno total a la entrada y salida del sistema bioactivado RDS.

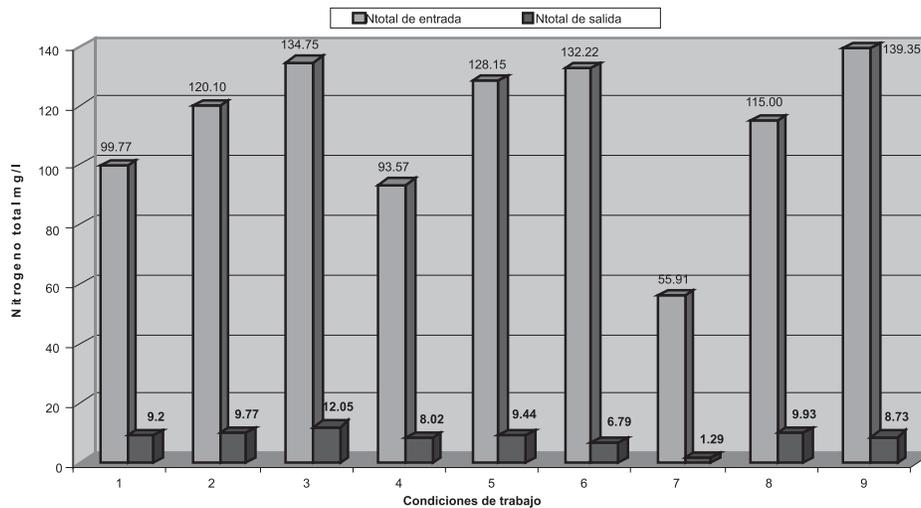
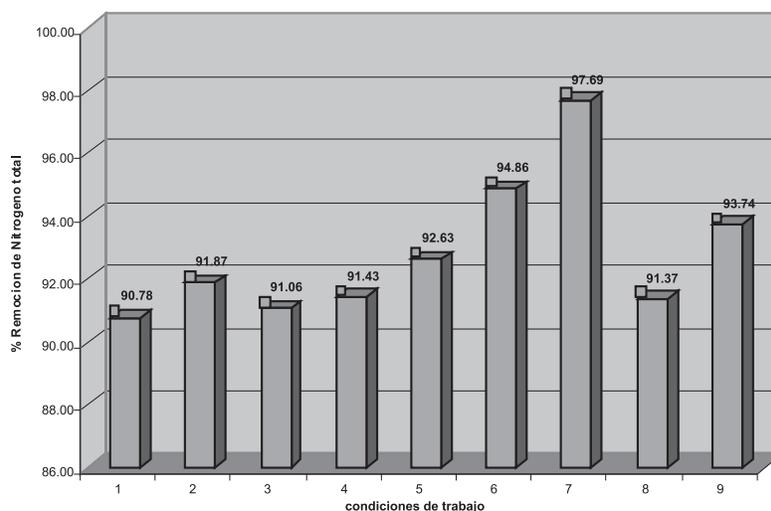




Figura 2: Porcentaje de remoción de nitrógeno total promedios por condición del sistema bioactivado RDS.



- El sistema bioactivado RDS con remoción de nutrientes es capaz de disminuir a la salida de la zona anóxica el 60% de nitrógeno total, incluso hasta valores de $(87.91 \pm 0,01)\%$
- El sistema bioactivado RDS es un tratamiento biológico viable capaz de remover eficientemente materia orgánica y nutriente simultáneamente obteniéndose porcentajes superiores al 90%.
- Se alcanzaron las condiciones teóricas fijadas en cuanto a la relación C:N:P sugeridas, cumpliendo así con las necesidades de macronutrientes y micronutrientes requeridas por los microorganismo.

Referencias

- APHA, AWWA, WPCF (1999), Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, edición 20°
- Díaz, Y. y Giedelman, F. (2003). Remoción de nitrógeno bajo procesos de nitrificación y desnitrificación en reactores anóxicos y aerobios a escala laboratorio. Universidad de Carabobo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil. Venezuela.
- Ferrara de Giner, G. (2005). Fundamentos de la remoción biológica de fósforo y su aplicación utilizando biorreactores por carga secuencial. Trabajo de investigación. Departamento de ingeniería sanitaria y ambiental. Facultad de ingeniería, Universidad central de Venezuela, publicado en la revista AIDIS-AVISA.
- Giner, G. y Rodríguez, F. (2005). Remoción de nitrógeno usando biorreactores de crecimiento adherido y suspendido por carga secuencial. Trabajo de Investigación. Universidad Central de Venezuela. Facultad de ingeniería .Departamento

de Ingeniería sanitaria y ambiental, publicado en la revista AIDIS-AVISA.

- Gaceta oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 5305 extraordinario. Decreto 3219. Normas para la clasificación y el control de la calidad de las aguas de la cuenca del lago de Valencia, Caracas, lunes 1 de febrero de 1999.
- Gaceta oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 5021 extraordinario. Decreto 883. Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos, Caracas 11 de Octubre de 1995.
- González, M. (2008). Remoción biológica de materia orgánica, nitrógeno, y fósforo en un sistema tipo anaerobio-anoxico-aerobio. Escuela de Ingeniería de Antioquia, Colombia revista EIA, pp. 45-53
- Orozco J. (2005). Bio-Ingeniería de Las Aguas Residuales, Editorial Adocal Colombia.
- Pérez, M. (2003). Estudio del proceso de Remoción de Nitrógeno y Fósforo en un reactor discontinuo secuencial usando efluente sintético. Universidad de Carabobo. Área de postgrado. Ingeniería Ambiental.
- Winkler, M. (1986). Tratamiento Biológico de aguas residuales. (1edición). Editorial Limusa. México D.F p. 88.



Efecto de la atrazina sobre la actividad de los microorganismos del suelo

Samuel Cárdenas Izaguirre¹ y Yadira Martínez²

¹Universidad de Carabobo, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales,
Departamento de Matemáticas y Estadística.
samuelcardenas.uc@gmail.com

²Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería.
yadiram20@gmail.com

Resumen

Se condujo un experimento a nivel de laboratorio, para medir el efecto de la atrazina sobre la actividad de los microorganismos de un suelo. Se evaluó la respiración edáfica por medición del CO₂ desprendido diariamente como un equivalente de la cantidad de NaOH consumido, utilizando una trampa de Álcali en las muestras. Se prepararon 6 unidades experimentales, constituida cada una por 100 g de suelo al 60% de la capacidad de campo: tres con herbicida (HR); tres muestras control (CR) Adicionalmente se llevaron tres “blancos” (BL) sin suelo. A las muestras identificadas como HR, se añadió 0,2 gramos de atrazina por 100 g de suelo. Se midió, en cada muestra la dinámica de la respiración de las poblaciones de microorganismos en el suelo para evaluar el efecto del contaminante. Los resultados mostraron, que en un periodo de 29 días, desde el inicio del experimento hasta el final, el desprendimiento de CO₂, disminuyó gradualmente en 88,48%, sin picos y valles significativos. El comportamiento de las curvas acumuladas de desprendimiento de CO₂, para la atrazina y el control fueron similares. Para las muestras tratadas con atrazina, se observó en la curva, un ligero incremento promedio de aproximadamente 5%, en la actividad microbiana durante los 29 días que duró el ensayo. Se sospecha que los suelos estudiados son pobres en materia orgánica y no proveen de un sustrato para mantener una población de microorganismos en actividad.

Palabras clave: Atrazina, actividad biológica, respiración.

Atraine effect upon the activity of soil microorganisms

Abstract

An experiment was conducted at laboratory level to measure the effect of atrazine upon the activity of soil microorganisms. Soil respiration was assessed by daily measurement of CO₂ from an equivalent amount of NaOH consumed, using an alkali trap in the samples. Six experimental units were prepared and each unit was constituted by 100 g soil to 60% of field capacity: three herbicide (HR) and three control samples (CR). Additionally, three “whites” (BL) without soil were used. 0.2 grams of atrazine per 100 g of soil were added to all samples identified as HR. The dynamic of the populations breathing was measured in each sample of the breathing dynamics of populations of microorganisms in soil to evaluate the effect of contaminating. The results showed that in a period of 29 days from the beginning of the experiment until the end, the release of CO₂, gradually decreased 88.48%, with no significant peaks and valleys. The behavior of the cumulative curves of CO₂ evolution, for atrazine and control were similar. For the samples treated with atrazine was observed in the curve a slight average increase of about 5% by microbial activity during the 28-day trial. It is suspected that the studied soils are poor in organic matter and do not provide any substrate to maintain a microorganisms population in activity.

Key words: Atrazine, biological activity, respiration.

Introducción

La atrazina es uno de los herbicidas más frecuentemente utilizados en suelos agrícolas para impedir el crecimiento de malezas de hoja ancha. Sin embargo, el uso de sustancias químicas como la atrazina, ha provocado una alerta ambiental, debido a los problemas que se han detectados con relación a impactos negativos al suelo, ríos y lagos que se alimentan de aguas de escorrentía agrícola y con los microorganismos que descomponen la materia orgánica.

La atrazina pura, es un polvo blanco sin olor, no muy volátil, reactivo o inflamable. Su fórmula química es C₈H₁₄ClN₅ y su masa molecular de 215,7 g/mol. Es soluble en agua y se usa en cultivos comerciales, pero también a lo largo de carreteras y líneas ferroviarias. Actúa inhibiendo la fotosíntesis y otros procesos enzimáticos y a nivel mundial, es uno de los herbicidas más utilizados.

Sin embargo, su uso se encuentra prohibido en la Unión Europea, desde el año 2004 (Hayes, 2007). En los Estados Unidos de Norte América, la E.P.A, ha establecido un límite máximo de 0,003 mg de atrazina por litro de agua potable. (ATSDR, 2003).

En los ecosistemas, las comunidades microbianas en suelos contaminados tienden a ser dominadas por aquellos organismos capaces de sobrevivir a dichos contaminantes. Sin embargo, la capacidad de autodepuración de los suelos es restringida y la actividad de la población microbiana, para la biodegradación de residuos, se reprime con la incorporación irracional de residuos, ya sea por las altas concentraciones que retrasan su degradación o porque son residuos peligrosos.

Aunque no se plantea en esta investigación estudiar el efecto de los microorganismos sobre la atrazina, pudiera suceder que los microorganismos autóctonos,



utilicen frecuentemente la biodegradación de diferentes tipos de compuestos orgánicos sintéticos como un nicho metabólico para obtener energía y construir bloques para la síntesis de nuevo material celular. (Fotcht, citado por Álvarez y Guevara, 2003).

En el caso específico de la atrazina se ha encontrado que la población bacteriana bajo condiciones aeróbicas lo emplean como fuente de carbono y nitrógeno (Radosevich et al. 2001). Sin embargo, se encontró que este herbicida en dosis de 3 kg por hectárea en cultivo de maíz, disminuyó la actividad de la enzima nitrogenasa, la cual es empleada por organismos procariontes para la fijación biológica de nitrógeno. (Ordóñez 1998).

Por otra parte, Alexander (1977), señala que las bajas concentraciones de plaguicidas en el suelo no afectan la mayoría de poblaciones de grupos microbianos. No obstante, se sabe de efectos momentáneos de los herbicidas que generan escasez de nitrógeno (N), inhiben la actividad microbiana en su ciclo (Guerrero 1997).

Este experimento se propone, medir el efecto de la atrazina sobre la actividad de los microorganismos del suelo, basado en la respiración medida por el CO_2 desprendido por los microorganismos, como un equivalente de la cantidad de NaOH consumido.

Metodología.

Diseño del experimento

Para probar el efecto de la atrazina sobre la actividad de los microorganismos se aplicó el diseño completamente aleatorizado. Se partió de la hipótesis de estudio según la cual, la diferencia de promedios diarios entre tratamientos, se puede explicar por variaciones muestrales, en la población con media común.

$$\begin{aligned} H_0: \mu_1 &= \mu_2 & \mu_1: & \text{Control} \\ H_1: \mu_1 &\neq \mu_2 & \mu_2: & \text{Efecto atrazina} \end{aligned}$$

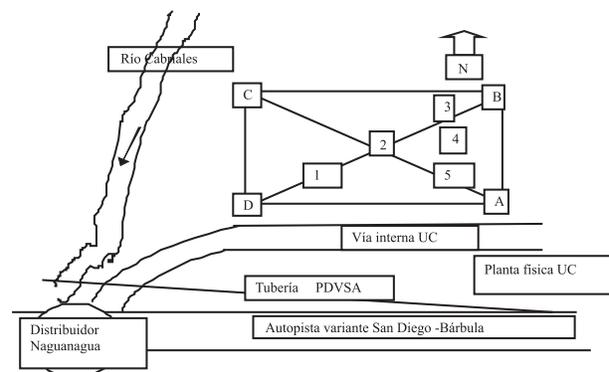
Como criterio de decisión, se utilizó la prueba F al 5% de significancia. Según Chacin (2000), el diseño completamente aleatorizado se origina, por la asignación aleatoria de los tratamientos a un conjunto de unidades experimentales previamente establecidas. El modelo lineal es: $Y_i = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$, para $i = 1, 2, 3, \dots, t$ y $j = 1, 2, 3, \dots, r$

El desarrollo del experimento se llevó a cabo a nivel de laboratorio, en la Universidad de Carabobo. Las muestras de suelo se obtuvieron en el Campus Bárbula, en una zona adyacente a la Planta Física de la Universidad de Carabobo, donde se tomaron 5 muestras de suelo, a 20 cm de profundidad, en un área de terreno definida por una poligonal cerrada de 4 puntos, cuya ubicación con coordenadas UTM tomadas con GPS se muestran en la figura 1.

Las cinco muestras de suelo, se secaron al sol y se cernieron en un tamiz de diámetro de 1 mm, se

mezclaron por el método del cuarteo para garantizar la homogeneidad del mismo y se obtuvo una muestra única de aproximadamente 3 Kg de suelo seco y cernido.

Figura 1: Ubicación de las muestras en el terreno.



Fuente: Nereida López

El experimento estuvo conformado por dos tratamientos: suelo control (CR) y suelo con atrazina (HR). Se llevaron tres repeticiones por tratamiento, para un total de 6 unidades experimentales.

Caracterización del suelo

Se caracterizó el suelo, midiendo la textura, densidad aparente, humedad y pH. Las medidas de estas variables se realizaron por triplicado

Para la detección de la textura se utilizó el método de la textura a mano para lo cual una muestra de suelo se humedeció y amasó hasta formar una muestra homogénea, posteriormente se presionó para tratar de formar una cinta. Se observó la presencia de brillo, si la cinta era lisa o escamosa y la aspereza al tacto con el fin de estimar el contenido de arena, limo y arcilla y con el triángulo textural se estimó la clase del suelo.

La densidad aparente se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$D_a = \frac{P_s}{V_t}$$

Donde D_a representa el valor de la densidad aparente expresada en g/mL, P_s el peso en g de suelo seco y V_t el volumen ocupado por el suelo seco (50 mL)

La capacidad de retención de humedad del suelo se determinó por la metodología de Pla, (1983), para ello se utilizó la siguiente ecuación:

$$CRH = H + 2 * (\text{Vagua retenida por el suelo}).$$

La determinación de humedad (H) se realizó por gravimetría utilizando para secar el suelo por 24 horas una estufa a 105°C. La ecuación que se utilizó es:



$$H = \left(\frac{msh - mss}{mss} \right) * 100$$

Donde: msh = muestra de suelo húmedo; mss = muestra de suelo seco.

Para la determinación del volumen de agua retenida por 100g de suelo seco se acondicionaron 5 embudos colocándoles mangueras con pinza, e introduciéndoles una pequeña cantidad de lana de vidrio en el vástago para evitar la pérdida de suelo. Se colocó 50 g de suelo en tres de los embudo y se dejaron dos para medir la cantidad de agua retenida por la lana. Posteriormente se adicionó 50 ml de agua destilada en cada embudo con la pinza cerrada, y se esperó 30 min para que el suelo se saturara. Finalmente se dejó drenar el agua por un periodo de una hora y se calculó el volumen de agua retenida por el suelo con la siguiente ecuación:

Vagua retenida = 50 – (Vagua drenada + Vagua retenido por la lana).

El pH se determinó con un pH-metro utilizando 10 g de suelo seco en una mezcla suelo-agua de 1:2,5 agitada previamente por 30 minutos. Esta variable se midió también al final de la experiencia.

Montaje y control del experimento

Para evaluar el efecto de la actividad biológica del suelo, se utilizó el método de jarra cerrada, el cual se fundamenta en capturar mediante una trampa de álcali, el CO₂ producido durante el proceso de respiración del suelo. Para el montaje se dispuso de 6 frascos de 500 ml, cada uno con 100 g de suelo, a 3 se le adicionaron 0,2 g de atrazina por cada 100g de suelo y se identificaron como: H1, H2 y H3 y 3 constituyeron el suelo control (C1, C2 y C3). La humedad del suelo se mantuvo entre el 50% y el 60% de la capacidad de campo. Los blancos estuvieron constituidos por tres frascos vacíos sin muestra. A cada frasco se le colocó la trampa de álcali constituida por un vial con NaOH, suspendido con un hilo de pábilo y sostenido con la tapa al cerrar el envase.

El ensayo se llevó a cabo, durante un período de 29 días continuos, siendo diariamente cuantificado el CO₂ liberado en la primera semana; interdiario la segunda semana y cada ocho días las dos últimas semanas. El control de la humedad se llevó a cabo gravimétricamente.

Concluido el período de incubación, se destapaban todos los frascos incluyendo los blancos, se retiraba la trampa de álcali con el CO₂ liberado y capturado y se permitía la aireación. El NaOH remanente se trasvasaba a una fiola, adicionando 2 ml de BaCl₂ 0,5 M, para precipitar el CO₂ absorbido por el álcali, se añadían 4 gotas de solución de fenolftaleína y se titulaba con la solución de HCl 0,5 M hasta obtener un viraje de color

rosa a incoloro. Se medía el volumen de HCl utilizado en cada una de las unidades experimentales y blancos. Concluida la titulación y controlado el contenido de humedad del suelo, se colocaban de nuevo los viales con NaOH y se cerraban los recipientes. Este procedimiento se realizó durante los días de medición considerados para el ensayo. Concluido el ensayo se midió el pH de cada muestra.

Determinación del CO₂ desprendido

La reacción involucrada: CO₂ + 2NaOH → Na₂CO₃ + H₂O establece que los moles de CO₂ liberado son la mitad de los moles de NaOH consumido.

Para la cuantificación del CO₂ desprendido se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{mg CO}_2/100 \text{ g suelo}/24\text{h} = (V_H - V_M)22 * \text{MHCl}$$

Donde mgCO₂/100 gr de suelo/24h: Desprendimiento de CO₂ en 100 gr de suelo durante 24 horas (mg). VH: Volumen de HCl gastado al titular el NaOH del blanco (mL) y VM: Volumen de HCl gastado al titular el NaOH de la muestra (mL). MHCl: Molaridad del ácido clorhídrico (mol/l)

Se construyeron curvas de producción de CO₂ diaria y acumulada en función del tiempo para cada tratamiento y se realizó el análisis estadístico de los datos para verificar las tendencias de las curvas del suelo con atrazina y del control, Los resultados obtenidos en el análisis de varianza, fueron evaluados utilizando la prueba F al 5% de significancia

Resultados

Los resultado obtenidos de la caracterizaron inicial del suelo se presentan en la tabla 1.

Tabla 1: Caracterización del suelo.

Parámetros		Resultados
Color en seco		Gris claro
Color en húmedo		Marrón oscuro
Textura		Franco arcilloso
Densidad aparente		1,68 g/cc
Capacidad de retención humedad		61,54 %
pH	Suelo control	6,2
	Suelo con atrazina	7,2

El desprendimiento promedio de CO₂ diario y acumulado en cada tratamiento se presenta en las figuras 2 y 3.



Figura 2: Comportamiento del desprendimiento de CO₂ en HR y CR.

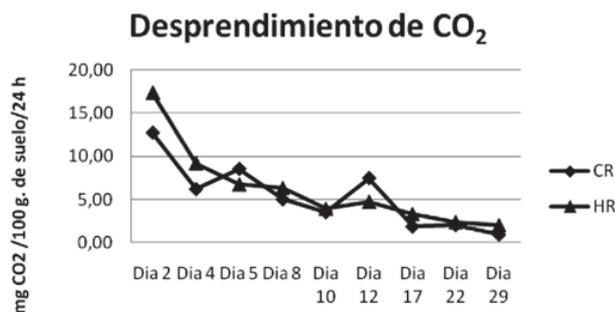
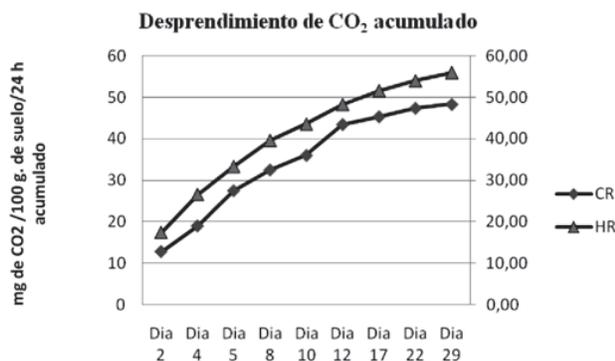


Figura 3: Comportamiento del Desprendimiento de CO₂ acumulado.



Los resultados obtenidos en el análisis de varianza, utilizando la prueba F al 5% de significancia se presentan en la tabla 3.

Discusión

Para que la humedad del suelo alcanzara el 60% de su capacidad de retención se agregó 24 ml de agua destilada a cada una de las muestras de suelo de los tratamientos. Durante el seguimiento del ensayo se mantuvo esta humedad debido a que la misma influye en el desarrollo de los microorganismos del suelo.

De acuerdo al pH, el suelo puede catalogarse como ligeramente ácido, esto conlleva a inferir poca existencia de población bacteriana debido a que la mayor parte de las bacterias presentan un crecimiento óptimo a pH neutro. (Alexander, 1977). Por otra parte se cree que los suelos estudiados son pobres en materia orgánica y no proveen de un sustrato para mantener una población de microorganismos en equilibrio. La atrazina produjo un incremento en el pH del suelo de una unidad lo que lo convierte en un suelo ligeramente alcalino.

De acuerdo a los resultados obtenidos, de la evolución de CO₂ (figura 2 se puede observar que la producción de CO₂ y por ende la actividad microbiana alcanza un máximo el primer día y luego decae, esto se presentó tanto para el suelo control como la muestra contaminada con atrazina.

El análisis de varianza, proveyó una F calculada = 2,339 mientras que la F crítica para 5% de nivel de

significación fue de 7,71. Como el valor F crítico es superior al calculado, se acepta la hipótesis nula al 5% de significancia, por lo que no hay diferencias significativas, en la actividad de los microorganismos del suelo, en el control y cuando se aplica atrazina en dosis de 0,2 % p/p.

En cuanto al desprendimiento de CO₂ acumulado, los resultados mostrados en la figura 3, revelan que el desprendimiento de CO₂ fue mayor en las muestras que recibieron atrazina.

Durante el periodo estudiado, los resultados obtenidos muestran una tendencia decreciente en el desprendimiento de CO₂ para el registro de las muestras contaminadas con Atrazina y el control. En este lapso, el desprendimiento de CO₂ en las muestras contaminadas, decayó en 88,41% sin picos y valles significativos. Esta propensión pudiera estar relacionada con la disminución de los microorganismos en ambos suelos por falta de sustrato. Los resultados obtenidos no coinciden con los hallazgos de otros investigadores que señalan que la atrazina tiene efecto nocivo sobre los microorganismos del suelo. (Lagos et al, 2007). La tendencia de la curva del control, tiene un comportamiento similar.

Agradecimientos

A la Universidad de Carabobo a través del Laboratorio de Investigación y Tecnología de Suelo y Ambiente que proveyó los reactivos y equipos necesarios para realizar este experimento

Referencias

- Alexander, M. (1977). Introduction to soil microbiology. (2nd ed). Ed. J. Wiley & Sons, Inc. New York.
- Álvarez, A. y Guevara, E. (2003). Biorremediación y atenuación natural de acuíferos contaminados por sustancias químicas peligrosas. (1era. ed). CDCH-UC. Valencia
- ATSDR (2003). Agency for toxic Substances & Disease Registry. Department of Health and Human Services. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.atsdr.cdc.gov/az/a.mtml>. [Consulta: 2010, Junio 11]
- Chacin, F. (2000). Diseño y análisis de experimentos. (1a. ed.) Caracas.
- Guerrero, R. (1997). Curso de fertilización y fertilizantes. Univ. Nac. De Colombia. Escuela de postgrado. Facultad de Agronomía. Santafé de Bogotá, D.C., Colombia. Revista Colombia Forestal Vol. 10 No. 20 - Diciembre 2007 179.
- Hayes Tyrone. (2007). Atrazina-Induced Aromatase Expression Is SF-1 Dependent: Implications for Endocrine Disruption in Wildlife and Reproductive Cancers in Humans. Research. Environ Health Perspect. 2007 May; 115(5): 720-727



- Lagos C Jesús A, Campos S. Ricardo. Fuentes L. Cilia. (2007). Efecto del herbicida atrazina sobre la población de bacterias en un suelo del municipio de Saldaña, Tolima. *Revista Colombia Forestal* Vol. 10 No. 20 - Diciembre 2007
- Ordóñez, A. R. (1998). Efecto del herbicida atrazina sobre microorganismos diazotrofos asociados a un cultivo de maíz (zea mays) en un suelo de Saldaña Tolima. Tesis de grado para optar título de Biólogo. Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia
- Pla, I. (1983). Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. Curso de Postgrado en Ciencias del Suelo. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela
- Radosevich, M. S.J. Traina, Y.L. Hao & O.H. Touvinen (1995). Degradation and mineralization of atrazine by a soil bacterial isolate. *American Society for Microbiology*. 61 (1): 297-302.



Reconstrucción de Imágenes de los Ventrículos Cerebrales usando varios Métodos de Segmentación de Level Set Implementados en ITK

A. Bosnjak¹, María F. Rodríguez¹, L. Colmenares¹, G. Montilla¹, I. Jara²

¹Centro de Procesamiento de Imágenes, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela

²Hospital Metropolitano del Norte, Valencia, Venezuela

antonibosnjak@yahoo.fr

Resumen

La segmentación de estructuras cerebrales, utilizando imágenes médicas, tiene numerosas aplicaciones. Ésta constituye una ayuda significativa en el diagnóstico de algunas patologías. En este trabajo, se realizó una aplicación de Software para la segmentación de imágenes, utilizando una nueva teoría de segmentación basada en los modelos deformables. Aprovechando las librerías matemáticas especializadas de ITK (Insight Tool Kit) para el procesamiento, segmentación y registro de imágenes, se desarrolló una interfaz especializada, implementada en FLTK (Fast Light Tool Kit), con la finalidad de poder extraer la información o conocimiento del usuario y transferirla a los métodos de las clases de ITK. La metodología está basada en un esquema general, que incluye los siguientes pasos: 1) Se carga la imagen de entrada. 2) Se selecciona alguno de los cinco métodos de segmentación a utilizar: Fast marching, Geodesic Contours Active, Laplacian, Threshold con Level Set y Shape detection implementados en ITK para la técnica de "Level set". 3) Se ajustan los parámetros de cada método. 4) Se selecciona una semilla, la cual determina la región de interés. Y, 5) Se obtiene la imagen de salida 2D. La principal contribución de este trabajo consiste en proveer una nueva aplicación de software para la segmentación y la visualización 3D de los modelos segmentados correspondientes a los ventrículos del cerebro. En conclusión, el procedimiento de segmentación es más rápido que la segmentación manual, con la ventaja que permite usar al mismo paciente como referencia anatómica, obteniéndose una mayor precisión que al utilizar un atlas genérico.

Palabras clave: Segmentación 3D, Level Set 3D, Estructuras del cerebro, Procesamiento de Imágenes.

Images Reconstruction of the Cerebral Ventricles using several Segmentation Methods based on Level Set Implemented by ITK

Abstract

The segmentation of cerebral structures in medical images has numerous clinical applications. It can provide significant aids for the diagnosis of some pathology. In this work, we developed a software application for the segmentation of medical images using a new segmentation method based on the theory of deformable models. Taking advantage of the specialized mathematical libraries, such as ITK (Insight Tool Kit) for the processing, segmentation and registration of images, we develop a specialized interface implemented on FLTK able to extract the information or the user's knowledge and to transfer it to the methods of the ITK. This new methodology is based on processing chain that includes the following steps: 1) Load the image. 2) Select one of the five segmentation method: Fast marching, Geodesic Contours Activate, Laplacian, Threshold with Level Set and Shape detection implemented on ITK for the "Level Set" technique. 3) Adjust the parameters of each method. 4) Select a seed, which determines the region of interest. And 5) the segmented 2D image is obtained. The new contribution of this work consists on providing of a new software application for the segmentation and the 3D visualization of the segmented models (in our case they correspond to the ventricles of the brain). In conclusion, this segmentation procedure is faster than the manual segmentation, with the advantage that it allows to use the same patient as anatomical reference, which has more precision than generic atlas.

Key Words: 3D Segmentation, 3D Level Set Method, Structures of the brain, Image Processing.

Introducción

El análisis del cuerpo humano a partir de estudios imagenológicos para obtener datos, extraer información para realizar un diagnóstico médico ha sido clave para los avances científicos de la bioingeniería. Para la medicina actual, hacer un diagnóstico y emitir criterios acerca de zonas de interés utilizando imágenes es rutinario. Estas imágenes son generadas por equipos como los de resonancia magnética (RM) y tomografía axial computarizada (TAC) ofreciendo una alternativa no invasiva, en donde los médicos son los usuarios finales de las mismas.

La recuperación de la forma de las estructuras y los órganos internos del cuerpo humano puede ser una tarea

muy compleja comparada con otros métodos de visión por computadora en donde se utilizan cámaras de video y se analizan imágenes ópticas. Esto se debe principalmente a la gran variabilidad de formas, la complejidad de las estructuras, los equipos de adquisición, y restricciones en los métodos de escaneo del cuerpo humano [1]. Por ejemplo: la extracción y reconstrucción 3D de los ventrículos cerebrales es un verdadero reto ya que las imágenes adquiridas son de baja resolución en el eje 'z', y en muchos pacientes se presentan irregularidades dentro de los ventrículos cerebrales.

Este artículo presenta un estudio profundo sobre la segmentación de los ventrículos del cerebro utilizando métodos de segmentación avanzada de Level Set

programados en C++ orientado a objetos utilizando las librerías de ITK [2] (“Insight Tool Kit). Las siguientes secciones presentan cada uno de los módulos utilizados para la segmentación 3D. Finalmente, las figuras muestran la reconstrucción y la segmentación 3D de los ventrículos del cerebro. Las conclusiones resumen la originalidad y la eficiencia de los métodos utilizados.

Metodología

Con la finalidad de segmentar y reconstruir los ventrículos del cerebro se diseñó un sistema que consiste en una cadena de procesamiento que va desde la carga de las imágenes médicas, la segmentación 2D, la reconstrucción y Visualización 3D, tal como se puede observar en el diagrama de la figura 1.

Las librerías de ITK no proveen de ninguna interfaz con el usuario, por lo tanto nuestro objetivo principal se centro en resolver este problema. Por esta razón se diseñó y construyó una interfaz con el usuario que permite segmentar imágenes médicas y visualizar las imágenes de entrada y de salida usando las librerías de ITK [2], VTK [3] y FLTK [4]. La figura 1 muestra la secuencia de procesamiento: (1) Se carga la imagen de entrada utilizando librerías de FLTK [4]. (2) Se selecciona alguno de los cinco método de segmentación a utilizar: Fast marching, Geodesic Contours Active, Laplacian, Threshold con Level Set y Shape detection implementados en ITK para la técnica de “Level set”. (3) Se ajustan los parámetros por el usuario de acuerdo a las características de la imagen seleccionada. (4) Se selecciona la semilla, la cual determinará la región de

interés. (5) Una vez ajustados los parámetros e iniciado el proceso de segmentación se obtiene la imagen de salida 2D, cuya visualización se presenta en una ventana de FLTK [4]. Este mismo procesamiento se repite al cargar un volumen de imágenes.

Una vez obtenido el volumen segmentado se procede a la reconstrucción y visualización 3D de los ventrículos cerebrales utilizando un programa propio desarrollado en C# con librerías de VTK [3].

DICOM y Lector de DICOMDIR

Los directorios de archivos DICOMDIR son muy útiles en aplicaciones médicas ya que ellos permiten organizar el acceso a las imágenes y a toda la información del paciente. En nuestro caso se utilizó el software DicomWorks (ver figura 2) para leer todas las imágenes en el formato DICOM y convertirlas a formato PNG comprimido. Se debe destacar que el software tiene la capacidad de leer, procesar y segmentar imágenes en cuatro formatos distintos: PNG, JPEG, BMP, y GIF, los cuales corresponden a los formatos más comunes en el área de procesamiento de imágenes.

El Centro de Procesamiento de Imágenes de la Universidad de Carabobo ha desarrollado otras aplicaciones que leen archivos y directorios DICOM [5] directamente usando las librerías DCMTK 2005 [6], las cuales tienen varios años de continua evolución y uso en aplicaciones médicas [7]. Se espera que la segunda versión del software incluya la carga de imágenes DICOM y la lectura del archivo DICOMDIR.

Figura 1: Estructura general de la cadena de procesamiento de volúmenes utilizada en este proyecto.

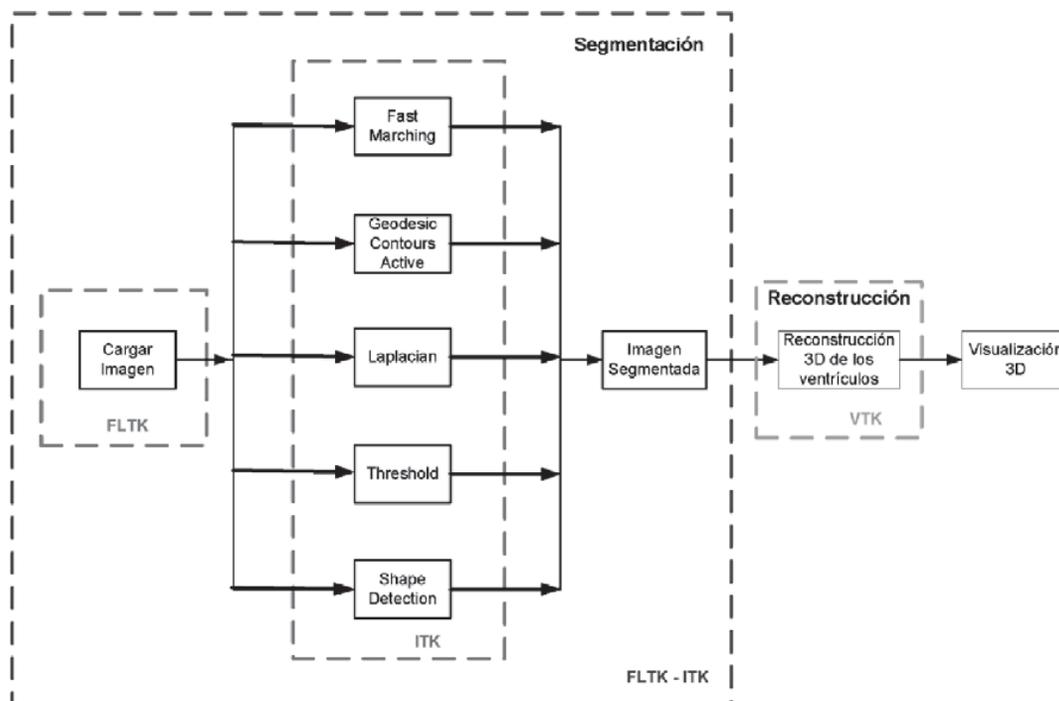
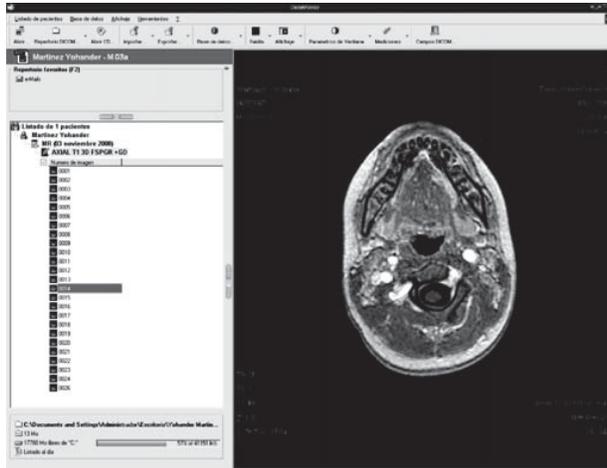




Figura 2: Interfaz del software DicomWorks.



Diseño del Prototipo en FLTK. Construcción de la interfaz

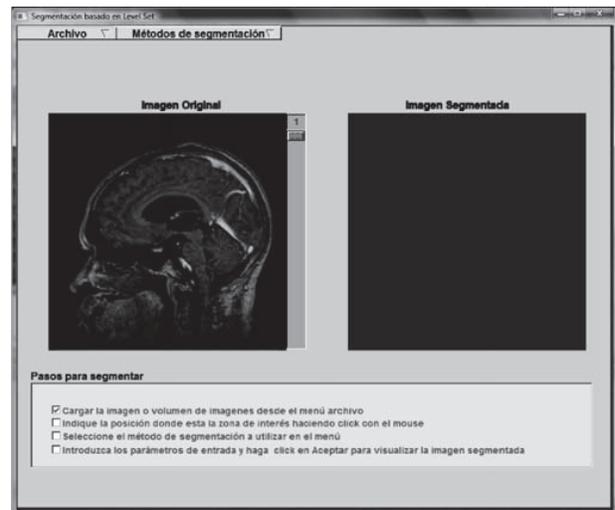
Con la finalidad de crear una interfaz consistente se identificaron usuarios finales con conocimientos especializados en procesamiento de imágenes médicas como son: médicos profesionales, médicos en formación, imagenólogos, personal técnico, entre otros. Posteriormente, se estudiaron las actividades que realizan al utilizar la interfaz. Se estudiaron los cinco métodos de segmentación basados en la técnica de Level Set provenientes de ITK, mencionados anteriormente, para obtener el producto final, siendo las actividades a desarrollar: (1) Cargar la imagen o volumen de imágenes desde archivo. (2) Visualizar la imagen cargada. (3) Seleccionar la región de interés a segmentar. (4) Introducir los parámetros de entrada para realizar el proceso de segmentación. (5) Visualizar la imagen de salida o imagen segmentada.

Al identificar estas actividades, se construyeron cinco prototipos de papel, uno para cada método. En base a estos prototipos se construyó la interfaz de usuario final que será común para todos los métodos, la cual se muestra en la figura 3.

Segmentación utilizando modelos dinámicos

Para el caso de las imágenes médicas, la segmentación es la extracción de una interfase cerrada entre el interior y el exterior del objeto considerado. Existen métodos de segmentación cuya interfase corresponde a una frontera dinámica que separa dos medios [8]. La forma de la interfase es modificada dependiendo de las condiciones del medio de propagación. Esta interfase comienza a crecer continuamente envolviendo al objeto que se desea segmentar, hasta detenerse justamente en la frontera de dos medios constituyéndose en una superficie de división de los medios.

Figura 3: Visualización de la interfaz con el usuario y una imagen de MRI cargada en el cuadro: imagen original..



Método de Level Set

Un ingenioso modelo físico fue introducido por Malladi et al. [8-9]. Ellos desarrollaron un modelo de propagación basado en una curva o superficie cerrada que no se intersecta, donde la velocidad de propagación depende de la curvatura. Así, al frente de propagación que separa dos regiones (interior y exterior) se le llama “interfase” en la literatura de Sethian [8]. El frente se propaga en el interior de la imagen, adaptándose y pegándose a las paredes de la estructura del objeto 3D. Esta técnica resuelve dos problemas de los ‘snakes’ [10], (término comúnmente utilizado para la segmentación con modelos dinámicos). a) Permite la segmentación de objetos con muchas bifurcaciones y protuberancias, y recupera formas complejas dentro de la imagen. b) No es necesario conocer a priori la topología del objeto para segmentarlo.

Considere una interfase como la localización final de una curva cerrada $\Gamma(t)$, propagándose a lo largo de su dirección normal con una velocidad V dependiente de la curvatura media. Sethian [8] propone una nueva metodología en donde la interfase de propagación puede ser vista como la curva de nivel cero (zero level set) de una función hiper-dimensional Ψ . La función inicial $\psi(\vec{s}, t=0)$, cumple con:

$$\psi(\vec{s}(x, y, z), t) = 0 \quad (1)$$

Con el objetivo de obtener la ecuación de movimiento de la función level set; derivamos la ecuación (1) con respecto al tiempo usando la regla de la cadena:

$$\psi_t + \nabla \psi(\vec{s}(x, y, z), t) \cdot \vec{s}(x, y, z) = 0 \quad (2)$$

Simplificando la ecuación anterior, obtenemos:

$$\psi_t + V|\nabla\psi| = 0 \tag{3}$$

donde $V = \vec{s}(x,y,z) \cdot \vec{n}(x,y,z)$ y \vec{n} es la normal a la superficie. Discretizando la ecuación (3), obtenemos:

$$\psi_{i,j,k}^{n+1} = \psi_{i,j,k}^n - \Delta t V(\kappa) K(i,j,k) |\nabla\psi_{i,j,k}^n| \tag{4}$$

Con el propósito de detener el frente de propagación en los bordes de la imagen, usamos el parámetro $K(i,j,k)$:

$$K(i,j,k) = \frac{1}{1 + |\text{Grad_Mod}|} \tag{5}$$

En donde $|\text{Grad_Mod}|$ depende directamente de la función gradiente calculada sobre la imagen original. El término $V(\kappa)$ corresponde a la velocidad de propagación del frente, el cual depende de la curvatura media $\kappa(x,y,z)$ y está expresado por la siguiente ecuación:

$$V(\kappa) = \alpha - \beta\kappa(x,y,z) \tag{6}$$

Los valores de α y β son constantes y dependen de los datos a procesar. Sustituyendo la ecuación (6) en la (4) se obtiene la siguiente ecuación:

$$\psi_{i,j,k}^{n+1} = \psi_{i,j,k}^n - \alpha\Delta t K(i,j,k) |\nabla\psi_{i,j,k}^n| + \beta\Delta t \kappa(i,j,k) K(i,j,k) |\nabla\psi_{i,j,k}^n| \tag{7}$$

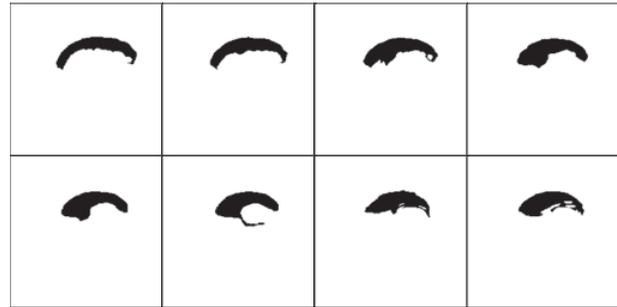
Finalmente se obtiene la ecuación (7) que corresponde a la resolución de la ecuación diferencial (3). Esta ecuación depende de los parámetros alpha α , beta β , y el umbral que serán ajustados por el usuario a través de la interfase diseñada.

Resultados

Al aplicar el método de “Level Set”, específicamente la técnica “fast Marching”, la cual es una simplificación de la implementación de las ecuaciones (1) a la (5) se obtienen los resultados mostrados en la figura 4.

Las segmentaciones mostradas en la figura 4 fueron realizadas utilizando los siguientes valores para los parámetros de entrada: sigma = 1, alpha = -0.30, beta = 2.50, umbral = 100, número de iteraciones = 90, mientras que la semilla depende de la ubicación de los ventrículos en la imagen utilizada. A pesar de que estos parámetros fueron optimizados para una de las imágenes a segmentar, no significa que en el resto de las imágenes los parámetros sean los óptimos.

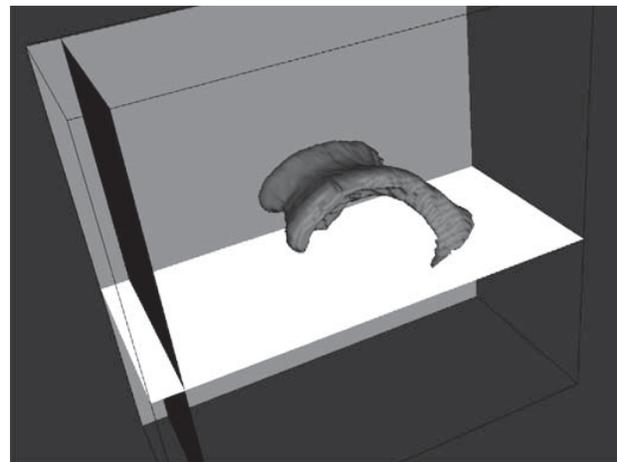
Figura 4: Ejemplo de Ocho imágenes de un total de 38 imágenes segmentadas de los ventrículos del cerebro de un paciente con el método de “Level Set” aplicando la técnica de Fast Marching. [11]



Finalmente, se realizó un análisis comparativo de los cinco métodos de segmentación utilizando un método cualitativo. El primer método, el “fast marching” es un método óptimo que realiza una rápida segmentación de los ventrículos.

Una vez obtenida la segmentación de todos los cortes de un estudio de un paciente, se procede a realizar la reconstrucción y visualización 3D, para ello se desarrolló otro programa en C# utilizando las librerías de VTK [3]. La figura 5 muestra los resultados de la visualización 3D de los ventrículos del cerebro utilizando el método de segmentación Fast Marching [11].

Figura 5: Reconstrucción 3D de los ventrículos cerebrales de un paciente utilizando VTK (Visualization Tool Kit).



Conclusiones

En este trabajo, se presentaron cinco métodos de segmentación basados en la teoría de Level Set. Estos métodos pueden ser aplicados en la detección de otros objetos. La única condición importante es separar el espacio 2D y 3D en áreas internas y externas.

En conclusión, se presentó un método semi-automático de segmentación de estructuras cerebrales con el objetivo de localizar precisamente los ventrículos derecho e izquierdo del cerebro. También se pueden



detectar otras estructuras importantes para el diagnóstico médico en volúmenes de MRI. Los resultados obtenidos son prometedores y han sido revisados visualmente por un neurocirujano. Adicionalmente, la aplicación trabaja en computadores PC portátiles convencionales y soporta cualquier tarjeta gráfica del mercado. El software permite la segmentación de estructuras de interés que posteriormente podrían ser utilizadas en la planificación y simulación de neurocirugías.

Los resultados de este proyecto muestran que las segmentaciones de estructuras del cerebro son de alta calidad y pertenecen a cada caso de estudio de cada paciente en particular, resolviendo dos problemas de los atlas virtuales en la enseñanza de la anatomía: 1) La baja resolución de los modelos virtuales, 2) Las estructuras internas han sido particularizadas para cada paciente, permitiendo hacer estudios posteriores de la variabilidad de los órganos con respecto a otros parámetros como: edad, sexo, raza, entre otros.

Finalmente, este trabajo presenta un aporte significativo a la enseñanza de la anatomía, al realizar segmentaciones de un órgano interno del cuerpo humano. Además, al particularizar el estudio para cada paciente, la segmentación proveerá de una gran ayuda al diagnóstico médico.

Referencias

- [1] Suri J.S, "Two-Dimensional Fast Magnetic Resonance Brain Segmentation". IEEE Engineering in Medicine and Biology. July-August 2001, pp. 84-95.
- [2] Ibañez L., Schroeder W., Ng L., Cates J., and the Insight Software Consortium, "The ITK Software Guide" (ITK) 2nd Edición, versión 2.4. Noviembre, 2005. <http://www.itk.org/>
- [3] Schroeder W., Martin K., Lorensen B. "The Visualization Toolkit (VTK). An Object-Oriented Approach to 3D Graphics". 4th Edición, version 5.0.2. © 2006 Kitware, Inc.
- [4] Sweet M. Earls C.P., Melcher M., Spitzak B., "FLTK 1.1.10 Programming Manual" (FLTK) Revision 10. Copyright 2009. <http://www.fltk.org/documentation.php>
- [5] Villegas R, Montilla G, Villegas H. "A Software Tool for Reading DICOM Directory Files". International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics. Vol. 2, N° 1. January-March 2007, pp. 54-70.
- [6] DCMTK 2005, "Digital imaging and communications in medicine tool kit". DICOM toolkit software documentation. Oldenburger Forschungs und Entwicklungsinstitut für Informatik-Werkzeuge und Systeme (OFFIS). Retrived on September 29, 2005, from <http://dicom.offis.de/dcmtoolkit.php>
- [7] Montilla G., Bosnjak A., Jara I., Villegas H. "Computer Assisted Planning using dependent Texture Mapping and Multiple Rendering projections in Medical Applications". Proceedings of 3rd European Medical & Biological Engineering Conference. Prague, Czech Republic, 2005, pp. 4420-4425.
- [8] Sethian J.A, "Level Set Methods and Fast Marching Methods. Evolving Interfaces in Computational Geometry, Fluid Mechanics, Computer Vision, and Materials Science". Cambridge University Press. 1999.
- [9] Malladi R, Sethian J, Vemuri B. "Shape Modelling with Front Propagation: A Level Set Approach". IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. Vol. 17, N° 2. February 1995, pp. 158-175.
- [10] Kass M, Witkin A, Terzopoulos D. "Snakes: Active Contour Models" Int'l Journal of Computer Vision, 1988, pp. 321-331.
- [11] Rodríguez V. María F., "Reconstrucción de los ventriculos cerebrales usando el método de segmentación level set implementado en ITK". Proyecto de grado. Universidad de Carabobobo 2010.



Diseño de un Entorno Virtual para el Apoyo a la Presencialidad de las Clases de Neuroanatomía

Laybet Colmenares¹, Carlos Pinzón^{1,2}, Ivan Jara^{1,3}, Julio Barroso⁴
Antonio Bosnjak¹, Hyxia Villegas¹, Guillermo Montilla¹

¹Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Centro de Procesamiento de Imágenes.

²Universidad de Carabobo. Facultad de Ciencias de la Salud. Departamento de Ciencias Morfológicas

³Hospital Metropolitano del Norte

⁴Universidad de Sevilla. Depto. Didáctica y Organización Educativa

laybet_colmenares@yahoo.com / drahyxiavillegas@yahoo.com / drahyxiavillegas@yahoo.com

Resumen

Entre el año 2006 al 2008 se realizó una investigación en la asignatura de anatomía de la carrera de medicina, de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de Carabobo, a partir de entrevistas a los docentes en cuanto a condiciones existentes para la enseñanza-aprendizaje, concretamente, en la temática de Neuro-Anatomía. Las necesidades planteadas giraron en torno a masificación de estudiantes, falta de materiales didácticos para enseñanza de neuroanatomía y poca disposición de cadáveres para las prácticas. En respuesta, se desarrolló un entorno virtual para el aprendizaje de tópicos de Neuro-Anatomía, como complemento a las clases presenciales. El entorno pone a disposición de los estudiantes una serie de objetos de aprendizaje, creados en función de las características específicas de los contenidos y de las técnicas de enseñanza, que llevan a cabo los profesores en la actualidad. Se aplicó una metodología Centrada en el Usuario, nutrida con un esquema de desarrollo de interfaces de materiales educativos, que involucró activamente a profesores y estudiantes de la asignatura, que participaron en la creación y evaluación cíclica, tanto de los objetos por separado como del entorno. El resultado de la investigación es un entorno, en formato web, que combina conjunto de objetos de aprendizaje en forma de, material interactivo, videos imágenes de RM, TAC y estructuras tridimensionales, creadas con la ayuda de la librería de Visualization Tool Kit (VTK), desarrolladas en base al modelo mental del usuario, garantizando, de esta manera, una alta usabilidad y las condiciones adecuadas para el aprendizaje.

Palabras Clave: Visualization Tool Kit (VTK), Enseñanza Asistida por Computador, Modelos Virtuales Tridimensionales.

Design of a virtual context for supporting the class attendance of Neuro-anatomy classes

Abstract

Between 2006 and 2008, a research on the Anatomy course of the Medical School at University of Carabobo, based on interviews to teachers, was performed, regarding the conditions for teaching-learning processes, specifically with regards to the subject-matter of Neuro-anatomy. The necessities expressed by the teachers revolved around the students' integration, the lack of didactic materials for teaching neuro-anatomy and the lack of corpses for the practices. As a response, a virtual context for learning neuro-anatomy topics was developed as a complement of the on-campus classes. The context offers to the students a series of learning objects which were created according to the specific characteristics of the current syllabus and teaching techniques of the teachers. A methodology, centered in the user, was followed and improved with a scheme of interface development of educational materials, actively engaging teachers and students of the subject, who participated in the cyclical evaluation and development of both individual objects and the environment. The result of this research was a web format context which combines sets of learning objects in the form of interactive material, video-images of RM, TAC and tridimensional structures created with the helping of the library Visualization Tool Kit (VTK), developed on the basis on the mental model of the user ensuring this way a high usage and adequate conditions for learning.

Key words: Visualization Tool Kit (VTK), e-learning, Tridimensional Virtual Models.

Introducción

Esta investigación se desarrolla en la Facultad de Ciencias de la Salud (FCS), Universidad de Carabobo (UC) en la Escuela de Medicina, concretamente en la cátedra de Anatomía.

Esta asignatura por ser una materia de primer año, tiene un elevado número de estudiantes por aula, observamos secciones que tienen entre sesenta (60) y ochenta (80) alumnos atendidas por un profesor, produciendo una masificación del proceso educativo, además, los recursos didácticos, tal como equipos y materiales resultan insuficientes.

La estrategia de enseñanza que se ha venido empleando, consiste inicialmente en presentar las

estructuras anatómicas a un nivel teórico, con imágenes esquemáticas y simplificadas en dos dimensiones, luego los estudiantes hacen prácticas, que consiste en la manipulación de huesos, modelos o cadáveres preparados para tal fin (Colmenares Zamora, 2007). En el caso especial de anatomía cerebral o Neuroanatomía, es importante la adecuada lectura de los estudios imagenológicos originados en la Resonancia Magnética (RM), Tomografía Axial Computarizada (TAC), entre otros; lo cual no está contemplado en el contenido de la asignatura, sin embargo los docentes lo han venido incorporando de manera general.

Según Colmenares, (2007), los cadáveres que utilizan para las prácticas de Neuroanatomía no ayudan



en gran medida en la realización de prácticas, ya que los mismos tienen mucho tiempo en el laboratorio y se han venido deteriorando progresivamente, además del desgaste como consecuencia del uso por parte de docentes y estudiantes, según manifiestan los docentes y los auxiliares del laboratorio, los cadáveres tienen un tiempo de uso en la asignatura de cinco años, cuando no deberían sobrepasar los tres años, lo cual dificulta el trabajo y por consiguiente los experimentos que allí puedan hacerse.

Como una contribución al aprendizaje de la anatomía, en respuesta a las deficiencias en cuanto al material disponible en el laboratorio, se desarrolló un ambiente virtual para las prácticas de neuro-anatomía como complemento a las actividades con los cadáveres reales, de acuerdo a las necesidades planteadas por parte del profesorado de anatomía en la carrera de medicina de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de Carabobo.

La creación de este material, puede permitir contar con un medio para la promoción de la enseñanza virtual de anatomía, que permita una amplia manipulación de cada caso estudio, así como la posibilidad de relacionar los estudios de RM y TAC con la estructura 3D del cerebro.

Dentro del campo de la ingeniería, el desarrollo de este ambiente virtual representa la implementación de metodologías novedosas de visualización científica y aplicación de técnicas de procesamiento de imágenes para la construcción de objetos de aprendizaje que cuenten con mayor realismo e información, ya que la información original es extraída del propio paciente.

Materiales y métodos

Para llevar a cabo la investigación se desarrollaron las siguientes fases:

1. Diagnóstico de las necesidades de enseñanza-aprendizaje en los temas de neuroanatomía susceptibles de abordar en el entorno virtual.
2. Definición del perfil de los usuarios del entorno virtual de neuroanatomía.
3. Levantamiento de los requerimientos del entorno virtual para neuroanatomía, en función del perfil del usuario y las necesidades encontradas.
4. Diseño de los objetos de aprendizaje a incorporar en el entorno virtual en función de los requerimientos.
5. Diseño de la interfaz del entorno virtual en función de las necesidades encontradas.
6. Desarrollo del prototipo del entorno virtual con la integración de los objetos de aprendizaje.

Para desarrollar la Interfaz se empleó el esquema de desarrollo para Materiales educativos propuesto por Colmenares & Villegas, (2008), el cual se basa en una visión de Diseño Centrado en el Usuario (Floría Cortés,

2000) (AIPO, 2005) y en las Heurísticas de Nielsen & Molich,(1990). Y se empleó como herramienta del entorno Dreamweaver CS4, con incorporación de elementos XML 3D, y para el desarrollo de objetos de Aprendizaje específicos herramientas de diseño gráfico como PhotoShop, CorelDraw y Herramientas de creación y edición de Videos. El esquema de trabajo lo podemos apreciar en la figura 1, donde para cada objeto de aprendizaje se hace la evaluación por tres tipos de perfiles: evaluación de usuario, experto en contenido, y experto en usabilidad.

Figura 1: Estrategia de desarrollo de materiales educativos con enfoque centrado en el usuario e incorporación de herramientas de la Web 2.0. Laybet Colmenares 2010.



Resultados

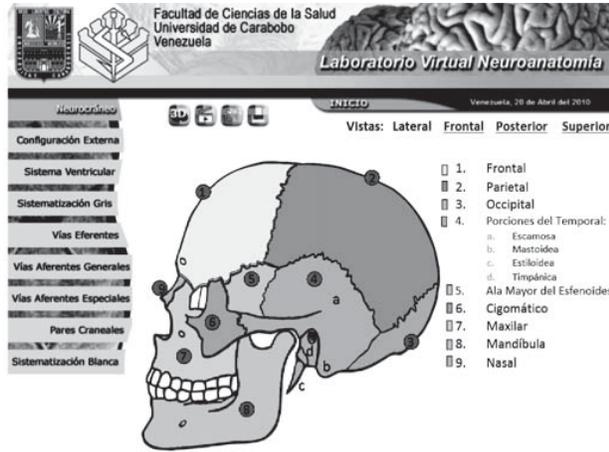
Se desarrolló un entorno virtual con una metodología centrada en el usuario, para lograrlo, se llevaron a cabo las siguientes acciones:

Determinación de las secciones incluidas en el material; basándose en las entrevistas realizadas a los docentes, se decidió dividir el material en cuatro secciones principales:

- Teoría: Consiste en un repaso teórico breve, usando como estrategia principal la navegación sobre imágenes del cerebro.
- Visión 3D: A través de un espacio de visualización tridimensional, el estudiante tiene la posibilidad de hacer una manipulación de modelos virtuales tridimensionales, ya sea del tema que se está viendo o de todo el conjunto de estructuras neuro-anatómicas.
- Video: Aquí el estudiante puede observar en videos educativos parte del tema que se está estudiando.
- Autoevaluación: En esta sección el estudiante tiene la posibilidad de medir sus conocimientos acerca de los temas, para ello contará con actividades como pareo y selección simple.

En la figura 2 se observa el aspecto general de la interfaz del Laboratorio Virtual de Neuroanatomía, donde se aprecian las secciones generales y la distribución en pantalla de los elementos.

Figura 2: Aspecto General de la Interfaz del Entorno Virtual.



Para diseñar el aspecto, paleta de colores y distribución del material, se realizó una observación detallada del ambiente donde se desenvuelve el estudiante, puesto que esta es una asignatura del primer año, se decidió resaltar los símbolos universitarios, a fin de ir creando el sentido de pertenencia.

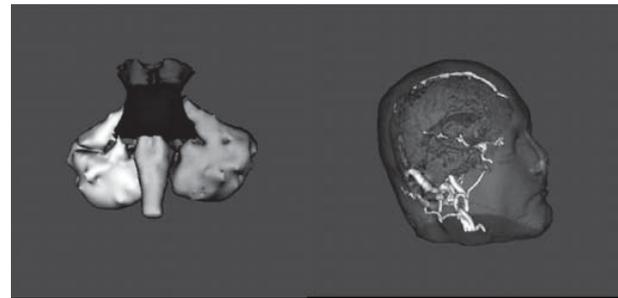
La intención es en todo momento no sobrecargar al estudiante de material, conservando los principios de diseño indicados por Cabero (2002), cuanto menos más, interactividad y lo técnico supeditado a lo didáctico. Con la finalidad de asegurarnos de mantener la usabilidad desde el inicio, un grupo de estudiantes observó el material, lo evaluó de manera preliminar e incluso ayudó a hacer los correctivos.

Consideraciones de Diseño de la sección de Visión 3D

Ya que los modelos virtuales son los que resultaron con mayor valoración durante la aplicación del cuestionario a los docentes, se usaron modelos 3D de la anatomía del cerebro, basados en el programa 3D Slicer y creados por (Talos, Jakab, Kikinis, & Shenton, 2008) para su proyecto de Brain Atlas, estos modelos están conformados por la segmentación tridimensional del volumen de datos originales de estudios de Resonancia Magnética. Este programa es una aplicación libre para uso de investigación, los modelos generados pueden ser almacenados en formato VTK, que permite un despliegue interactivo, no sólo dentro del ambiente del 3D slicer, sino también en ambientes propios desarrollados con esta librería, ya que existe la posibilidad de construir escenas, que involucren varios modelos, las escenas representan el mayor recurso didáctico, porque son modelos dinámicos, de extensión XML, lo que permite incorporarlos a

interfaces creadas en otros lenguajes y con posibilidad de ser visualizadas con navegadores web. Esto permite obtener una valiosa data que se puede relacionar para visualizar la relación espacial de los modelos 3D con los estudios 2D, que tiene un gran valor didáctico, ya que ayuda a crear los mapas mentales de aprendizaje. Una muestra de los objetos 3D, se aprecia en la figura 3.

Figura 3: Aspectos de la Vista Tridimensional, lograda con en uso de la librería VTK.



Consideraciones para la creación de los videos

Se realizó un video con la temática disección de encéfalo, para ello se creó un guión didáctico general, que tenía la secuencia de los contenidos que querían resaltarse en la actividad, posteriormente se procedió a realizar la disección de uno de los cadáveres disponibles en la escuela de medicina, registrando toda la operación, mientras el docente explicaba detalladamente las estructuras, localización y características del encéfalo diseccionado, posteriormente en el departamento de edición de la DTA se procedió a verificar el material exhaustivamente y adicionarle aspectos específicos para convertirlo en objetos de aprendizaje para el tema. En la figura 4, se aprecia parte de este material.

Figura 4: Detalle del Video Instruccional creado para el tema de Neuroanatomía.



Autoevaluaciones

Se incluye en el entorno virtual de aprendizaje una sección de autoevaluación, para esto se utilizó una observación en el aula durante dos cursos consecutivos,



en el periodo cuando se dictaba la temática de neuroanatomía, a fin de recabar información acerca de la interacción de los estudiantes tanto con los contenidos como con los materiales y estrategias de aprendizaje sugeridas por el docente, de allí se pudo apreciar que los estudiantes responden favorablemente a la técnica de la pregunta y se apoyan en la consulta de atlas, libros, apuntes de cursos anteriores, entre otras, varias de las fotografías que se tomaron en el estudio de campo, se muestran en la figura 5.

Figura 5: Detalle de la interacción observada durante la observación de campo.



Basándose en estas observaciones se diseñaron varios objetos de aprendizaje, que igual que para el caso de los anteriores se evaluaron y mejoraron en función de las observaciones de los estudiantes y docentes de la asignatura, refinándolos hasta lograr una alta aceptabilidad.

Conclusiones

El desarrollo del Entorno Virtual de Neuroanatomía se ha diseñado bajo los criterios de calidad de los materiales multimedia para fines educativos, conservando los principios de usabilidad y diseño centrado en el usuario. Este entorno permite la integración de diversos objetos de aprendizaje creados espacialmente para los usuarios, favoreciendo así el aprendizaje y apoyando las clases presenciales.

Desde el punto de vista didáctico es de gran apoyo la incorporación de los cortes originales con la estructura tridimensional, ya que permite relacionar

ambas representaciones, además las escenas que incluyen los tres cortes del volumen, es decir representaciones triplanares, junto con la escena tridimensional, brinda un ambiente donde la interacción es más nutrida.

La proyección de esta investigación, debe estar dirigida a la evaluación del material, el diseño y el impacto de este recurso para apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la neuroanatomía.

Agradecimientos

Especial agradecimientos a mis compañeros de la Universidad de Carabobo de las diferentes dependencias que han intervenido en el desarrollo del material, a los docentes de la asignatura de anatomía por su colaboración en los procesos de entrevistas y consultas, al personal del laboratorio por prestar su apoyo en la elaboración de la disección del encéfalo, al profesor Eckbert Shulz por su labor artística en la fotografía y muy especialmente al personal de la Dirección de Tecnología Avanzada, camarógrafos, editores de video, diseñadores gráficos, fotógrafos y técnicos de sonido, ya que su excelente labor permitió cristalizar en buen tiempo este proyecto.

Aclaratoria: una versión de este artículo se presentó en EDUTEC 2010 entre el 3 y 5 de Noviembre del 2010 en la ciudad de Bilbao. País Vasco. España.

Referencias

- AIPO. (2005). Modelo de Proceso de la Ingeniería de la Usabilidad y la Accesibilidad. Obtenido de <http://griho2.udl.cat/mpiua/wiki/index.php/Inicio>
- Cabero, J. et al (2002). Diseño y Evaluación de un Material Multimedia Y Telemático para la Formación y Perfeccionamiento del Profesorado Universitario para la Utilización de las Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Docencia. Universidad de Sevilla. Sevilla. España.
- Colmenares Zamora, L. (2007). Diseño de la Inerfaz del laboratorio virtual de Neuroanatomía. Memorias del III Congreso de Educación a EDUTIC 2007. Buenos Aires.
- Colmenares, L., & Villegas, H. (2008). Esquema de Desarrollo de Materiales Educativos computarizados. Apuntes de Clases para el Diseño de Interfaces en la Especialización de Tecnología de la Computación. Valencia, Venezuela.
- Floría Cortés, A. (02 de 2000). Sidar. Recuperado el Marzo de 2010, de ¿Qué es el Diseño Centrado en el Usuario?: http://www.sidar.org/recur/desdi/traduc/es/visitable/quees/User_prac.htm
- Kitware. (2009). Visualization Tool Kit (VTK). Recuperado el 10 de 2009, de www.vtk.org
- Nielsen, J., & Molich, R. (1990). Heuristic evaluation of user interfaces. ACM CHI'90 Conf, (págs. 249-256). Seattle.



Talos, I., Jakab, M., Kikinis, R., & Shenton, M. (Marzo de 2008). SPL-PNL Brain Atlas. Obtenido de <http://www.slicer.org/publications/item/view/1265>



Plan de reforestación parcial sobre la subcuenca del Río Cupira. Municipio San Diego, Estado Carabobo

Ocando Manuel

Instituto de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales
“Dr. Manuel Pocaterra Jiménez” (INFACES). Área de Estudios Agrícolas y Ambientales.

Edificio del Postgrado de Faces, Planta Baja.

Campus Bárbula, Universidad de Carabobo, Valencia. Venezuela.

ocandom@uc.edu.ve

Resumen

El plan de reforestación parcial sobre la subcuenca del Río Cúpira, propone un diseño de repoblamiento vegetal dirigido a resolver un problema ambiental generado por las actividades agrícolas y urbanísticas en la subcuenca del Río Cúpira, Municipio San Diego, Estado Carabobo, Venezuela. La investigación es apoyada en estudios de campo y la base de datos es obtenida con información en el escenario objeto de estudio. El área de ejecución del proyecto, tiene una superficie de 22,6 hectáreas y esta definida por el Plan de Desarrollo Urbano Local del Municipio San Diego (PDUL), como de expansión urbana. Entre las especies de árboles presentes en la poligonal estudiada, se encuentran cañafistolo burrero, caoba, jobo, samán, mahomo, entre otros. El plan establece un repoblamiento vegetal, partiendo de especies típicas de la zona, haciendo hincapié en los márgenes del Caño El Chivo, en donde se plantaron cuatrocientos cincuenta y dos (452) individuos pertenecientes a veinte y tres (23) especies. Además, el plan se propuso preservar la mayor cantidad de árboles presentes en el área de ejecución del proyecto urbanístico, para lo cual se realizaron ajustes, replanteos y flexibilización del proyecto urbanístico en la poligonal y solamente un individuo de la especie caoba (*Swietenia macrophylla*), de trece existente en el área, será removido, especie que está en veda. Así mismo, de los sesenta y siete (67) árboles inventariados solamente treinta y uno (31) serán removidos para dar paso a obras de utilidad social (calles, avenidas, viviendas). La elección de las especies y método de plantación, han sido estudiados para integrar esta futura franja boscosa al perfil vegetativo del bosque de galería del Río Cúpira. El plan es por si solo un trabajo beneficioso y con un impacto evidentemente positivo en cuanto a conservación y manejo de la subcuenca del Río Cúpira.

Palabras Claves: Reforestación, Restauración Ambiental, Subcuenca hidrográfica.

Plan of partial reforestation on the river basin of River Cupira. Municipality San Diego, State Carabobo

Abstract

The Plan of Partial Reforestation on the River basin of the Cúpira River, is a project that proposes a design of environmental restoration directed to solve a problem generated by the agricultural and city-planning activities in the River basin of the Cúpira River, Municipality San Diego, Carabobo State, Venezuela. The investigation is supported in field studies and the data base is obtained with information in the scene study object. The area of execution of the project, this defined by the PDUL like of urban expansion. The predominant vegetation is of bearing under predominates the cují, clavellinas, leg and mouse and scrubs of thin and wide leaves. Between the species of you hoist presents in the polygonal one studied, are cañafistolo owner of donkeys, mahogany, jobo, samán, mahomo, among others. For a total of sixty and seven (67) individual ones, of which thirty and one (31) will be removed, after making adjustments and reframings, in the polygonal one, only an individual mahogany (*Swietenia macrophylla*), will be removed, species that this in prohibition, according to resolution 217 of the Ministry of the Atmosphere. The reforestation plan, establishes a vegetal repoblamiento, dividing of typical species of the zone, insisting on the margins of the Sewer I inform, in where pertaining ones to twenty and three (23) different species were seeded four hundred fifty and two (452) individual. On the other hand, the repoblación of zones deprived of vegetation, was executed of rigorous form, and following criteria of conservation of the biodiversity, it is by itself a beneficial work and with an evidently positive impact. The election of the species, as well as the size and method of plantation, have been studied to integrate this wooded strip to the Metropolitan Park from San Diego to their vegetative profile.

Key words: Reforestation, environmental Restoration, hydrographic River basin.

Introducción

La subcuenca del Río Cúpira se localiza en el Municipio San Diego, estado Carabobo, Venezuela. Forma parte de la cuenca del Río San Diego, tributario del Lago de Valencia. Posee entre otras características suelos aptos para la agricultura y un excelente clima, que la han hecho merecedora de asentamientos importantes de unidades de producción agrícola en décadas pasadas y de asentamientos humanos en la actualidad. El proyecto esta

ubicado en la antigua hacienda Monteserino, colectora vial 22, la cual se comunica directamente con la carretera intercomunal San Diego (Av. Don Julio Centeno) y a 300 metros de la autopista (variante) Bárbula – Yagua.

La deforestación, el manejo inadecuado del suelo y del recurso agua; y ahora el desarrollo urbanístico, están influyendo en el deterioro ambiental de la subcuenca. En respuesta a esta problemática, el 09 de febrero de 2010, se firma el convenio mediante el cual la Universidad



de Carabobo, a través de la Fundación de Proyectos Especiales de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales (FUNDAPROFACES) y el Grupo Amazonia C.A., promotora de proyectos habitacionales, se comprometen a desarrollar a un plan de recuperación ambiental, que en su primera fase se propone la reforestación parcial en la subcuenca del Río Cúpira.

Convenio que se enmarca dentro del interés por consolidar sólidos vínculos entre la academia, estado y sociedad en la búsqueda de novedosas y legítimas relaciones, que se han venido construyendo a través de grupos de trabajos interdisciplinarios de manera de contribuir con la actividad investigativa y prestación de servicios de asesoría y asistencia técnica como productos pertinentes que la universidad está en condiciones de ofrecer.

El propósito general del plan, es producir recomendaciones en materia ambiental que posibiliten acciones concretas positivas, particularmente al diseñar y ejecutar un plan de reforestación, que fue presentado ante el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, con el objetivo de dar estricto cumplimiento a la medida ambiental referida al desarrollo de proyectos de paisajismo y siembra de árboles.

En la tabla 1 se presenta el resumen de medidas ambientales propuestas por el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente.

Finalmente, el plan de reforestación sobre la subcuenca del Río Cúpira, ha considerado en un contexto amplio todas las medidas para prevenir, mitigar, controlar y compensar los impactos generados en el ambiente por concepto de la necesidad de la tala de árboles, frente a lo cual se propone la repoblación vegetal compensatoria.

Objetivo General

Elaborar el plan de reforestación parcial sobre la subcuenca del Río Cúpira. Municipio San Diego, Estado Carabobo

Objetivos específicos

Identificación y cuantificación de las especies arbóreas presentes en el área de influencia de los proyecto de desarrollo urbanístico Parque Residencial Roraima y Parque Residencial Amazonia I y II.

Diseñar el plan de reforestación parcial sobre la subcuenca del Río Cúpira bajo criterios recreativos, paisajismo y educativos para el disfrute de las comunidades.

Tabla 1: Plan de reforestación parcial sobre la subcuenca del Río Cúpira. Resumen de las medidas ambientales propuestas por el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente.

<i>Código</i>	<i>Medida</i>	<i>Impacto al que va dirigido</i>
MEDIDAS DEL MEDIO FISICO NATURAL		
MF-1	Riego para la supresión de polvo y control de gases de combustible	Generación de polvo (alteración de la calidad del aire) durante la etapa de construcción.
MF-2	Mantenimiento periódico de equipos y maquinarias.	Generación de polvo (alteración de la calidad del aire). Incremento de los niveles de ruido. Generación de materiales y desechos peligrosos.
MF-3	Control y atenuación de ruidos.	Aumento en los niveles de ruido.
MF-4	Acciones para evitar la contaminación de las aguas	Alteración de la calidad del agua. Disposición de efluentes.
MF-5	Minimización del movimiento de tierra y aéreas de afectación. Aplicación de la normativa vigente.	Obstrucción o sedimentación de cauces y canales. Generación de polvo.
MF-6	Disminución de la incidencia de procesos erosivos por el establecimiento de las obras.	Obstrucción o sedimentación de cauces y canales por arrastre de sedimentos. Alteración de la calidad del agua. Alteración de hábitat de fauna silvestre.
MEDIDAS DEL MEDIO BIOTICO BIOLOGICO		
MB-1	Prevención de incendios.	Alteración de hábitat de fauna silvestre.
MB-2	Desarrollo de proyecto de paisajismo y siembra de árboles	Perdida de cobertura vegetal.
MEDIDAS DEL MEDIO SOCIOECONOMICO		
MSE-1	Programa de información y divulgación del proyecto.	Generación de expectativas de empleo Aumento de flujo vehicular.
MSE-2	Prioridad al empleo local.	Generación de expectativas de empleo
MSE-3	Programa de mantenimiento vial y señalización de accesos a la obra.	Aumento de flujo vehicular. Deterioro de la vialidad Molestias al transito automotor por afectación de vías existentes
MSE-4	Normativa de seguridad vial.	Aumento del flujo vehicular.

Fuente: Acreditación técnica otorgada por la Dirección Ambiental Carabobo.



Seleccionar las especies y cuantificar el número de individuos a utilizar en el plan de Reforestación

Ejecutar la primera etapa del plan de reforestación parcial sobre la subcuenca del Río Cúpira, en Caño El Chivo, afluente del Río Cúpira.

Marco metodológico

El plan de reforestación parcial sobre la Subcuenca del Río Cúpira, se realizó bajo un enfoque de responsabilidad social y participación ciudadana. Nutrido con los aportes alcanzados durante el taller realizado con los habitantes de los sectores circunvecinos el miércoles 17 de marzo 2010, en la Urb. Las Majaguas, Calle 20. Cuyo objetivo general fue sensibilizar a las comunidades asentadas en la cuenca, sobre la importancia del plan de reforestación. Esta actividad, además tuvo como objetivo promover valores basados en la educación ambiental ciudadana.

Asistieron de manera activa los vecinos y los representantes de los Consejos Comunales de las urbanizaciones Parqueserino, Las Majaguas, Villa Maporal, Comité Ambiente San Diego, Comité de Rescate Parqueserino. Se instalaron cinco mesas de trabajo, las cuales eligieron su relator y al final se sometió a la plenaria las conclusiones del taller. Actividad que permitió que se generaran propuestas que sirvieron de referencia para estructurar la propuesta técnica, cuyo contenido se utilizó como guía para la ejecución del plan.

Por otra parte, los procedimientos utilizados para la elaboración del plan de reforestación parcial sobre la subcuenca del Río Cúpira, están basados en inspecciones realizadas en campo, entrevistas con las distintas instituciones que forman parte del proyecto, revisión del estudio de impacto ambiental realizado por la empresa Serviambiente C.A., informe cronológico de las actuaciones realizadas por la Dirección Estatal Ambiental, los permisos otorgados por la Alcaldía del Municipio San Diego, entrevistas y reuniones de trabajo con los Consejos Comunales y las Asociaciones de Vecinos, organizaciones ambientalistas del Municipio, Junta Parroquial, la revisión del Plan de Desarrollo Urbano Local (P.D.U.L) del Municipio San Diego, ordenamiento jurídico ambiental vigente en el país y las medidas ambientales propuestas por el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (ver cuadro 1, resumen de las medidas ambientales propuestas por el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente).

Además, para el levantamiento de la información básica se utilizó aerofotografías, para precisar detalles hidrográficos, áreas verdes y vialidad de los proyectos urbanísticos Roraima y Amazonia I y II. Se efectuaron visitas de campo para la captura de puntos de referencias con G.P.S. las cuales fueron contrastadas con el levantamiento topográfico del área. Se realizó

un inventario de los árboles existentes dentro de la poligonal del proyecto urbanístico Roraima, ubicado en el parcelamiento I-6 así como un registro fotográfico. La información y datos de campo han sido incorporada al sistema autocad, lo que ha permitido la creación de mapas.

Resultados y Discusión

En cuanto a la vegetación

Según reconocimientos efectuados, el bosque de galería del Caño El Chivo y su nacimiento, que se encuentra en el Cerro El Volcán, se localizó uno de los últimos reductos de vegetación arbórea natural del municipio de San Diego. Sin embargo, en la poligonal estudiada y el área de influencia del proyecto los individuos arbóreos presentes, se localizan en las márgenes del Caño El Chivo, quebradas y en los linderos de parcelas y potreros. La vegetación predominante es de porte bajo predomina el cují, clavellinas, mata é ratón, gramíneas y matorrales de hojas delgadas y anchas. Entre las especies de árboles presentes en la poligonal del parcelamiento I-6, lugar donde se ejecutará el desarrollo urbanístico Roraima, se encuentran cañafistolo burrero, caoba, jobo, samán, mahomo, entre otros. Para un total de sesenta y siete (67) individuos.

Minimización del impacto

En función de generar el menor impacto negativo, por efecto de tala de árboles se procedió a la técnica de la superposición de planos, ajustes, replanteos y flexibilización del proyecto urbanístico, con la sala técnica de la empresa Grupo Amazonia, C.A, obteniéndose como resultado, que solamente treinta y un (31) de los 67 (sesenta y siete) árboles existentes serán talados, para dar paso a obras de utilidad social (calles, avenidas, viviendas) y solamente un individuo de la especie caoba (*Swietenia macrophylla*), de trece existente en el área, será removido. Especie protegida según resolución 217 del Ministerio del Poder Popular para el Ambiente.

Diseño de la reforestación

Criterios educativos, conservacionistas, recreativos y de esparcimiento han sido los aspectos que han orientado la formulación del plan de reforestación parcial sobre la subcuenca del Río Cúpira. Además, se procedió a combinar con otros criterios como especies nativas, tamaño, forma de copa, época, color de la floración y otros analizados anteriormente, en el capítulo consideraciones teóricas.

Selección de las especies

Se tomó muy en cuenta las condiciones edáficas predominantes. Suelos francos con presencia de limos



y de arcillas de baja plasticidad. Las pendientes de las distintas áreas, precipitación anual de la zona, así como los vientos, han sido consideradas en la selección de las especies de árboles a plantar.

Río Cúpira y Caño El Chivo patrimonio natural

Debe destacarse que el plan de reforestación toma como elemento central el Río Cúpira y su tributario caño El Chivo, como el patrimonio natural más importante en el área de ejecución del proyecto.

Identificación y cuantificación de individuos y especies a plantar durante el plan de reforestación parcial sobre la subcuenca del río Cúpira

La tabla 2, muestra un listado de las especies de los árboles proyectados a plantar a lo largo de todo el plan de reforestación parcial de la subcuenca del Río Cúpira. Se propone un total de 1483 individuos de 26 especies (arbóreas, arbustivas y palmas).

Diseño paisajístico del plan de reforestación

La refundación de la masa boscosa asociada al eje longitudinal del Caño El Chivo, tributario del Río Cúpira, hace del presente proyecto una contribución a la recuperación ambiental y una propuesta que combina

la reforestación de la franja de 100 metros de retiro en los márgenes de este curso de agua, con el paisajismo de los proyectos urbanísticos Roraima y Amazonia Parque Residencial I y II. Ver figura 1

I etapa del plan de reforestación

La primera etapa de reforestación abarcó la siembra de 23 especies correspondientes a 452 individuos, entre los que se encuentran palmeras, apamates, araguaney, caobas, samán, jobo, entre otros. Este embellecimiento del entorno urbano se logrará con este plan, ya que ofrece una diversidad arbórea en el área y se apreciará tanto en las márgenes del Caño El Chivo como en las principales avenidas y áreas verdes del urbanismo. En la tabla 3 se presenta, identificación y cuantificación de los árboles que se plantaron durante la I etapa del plan de reforestación Cano El Chivo, subcuenca del Río Cúpira.

La Jornada de reforestación fue realizada el 5 de Junio del presente año, organizada con el enfoque de participación ciudadana: Consejos comunales, comunidades escolares, grupos ecológicos y ambientalistas, bajo una concepción de Festival Ecológico, coordinado por expertos académicos de la Universidad de Carabobo. Abarcó las áreas verdes del urbanismo Amazonia, el parque vecinal, área educativa

Tabla 2: Plan de reforestación parcial sobre la subcuenca del Río Cúpira. Listado total de árboles.

Nº Especie	Nombre Común	Nombre Científico	Diámetro de copa. m	Nº de individuos
1	Apamate	<i>Tabebuia rosea</i>	8	28
2	Araguaney criollo	<i>Tabebuia chrysantha</i>	8	36
3	Araguan	<i>Tabebuia chrysea</i>	6	39
4	Bambú	<i>Bambusa vulgaris</i>	8	358
5	Bucare Ceibo	<i>Erythrina poeppigiana</i>	8	25
6	Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>	8	25
7	Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	12	16
8	Chaguaramo gigante	<i>Roystonea oleracea</i>	5	44
9	Flamboyán	<i>Delonix regia</i>	10	14
10	Guamo	<i>Inga sp</i>	5	21
11	Granadillo	<i>Caesalpinia granadillo</i>	6	57
12	Indio Desnudo	<i>Bursera simaruba</i>	6	25
13	Jacaranda	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	6	29
14	Jobo	<i>Spondias mombin</i>	10	20
15	Mango criollo	<i>Mangifera indica</i>	10	14
16	Mare Mare	<i>Cassia grandis</i>	4	26
17	Palo de María	<i>Triplaris felipensis</i>	5	29
18	Palma Yagua	<i>Attalea butyracea</i>	5	76
19	Perita o Puma gas	<i>Zizigium jambus</i>	5	58
20	Samán	<i>Pithecellobium saman</i>	15	16
21	San Francisco	<i>Peltophorum pterocarpum</i>	8	20
22	Flor De La Reina	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	5	113
23	Pilón	<i>Andira inermis</i>	6	31
24	Trinitaria	<i>Bougainvillea</i>	3	182
25	Areca	<i>Dyopsis lutescens</i>	2.5	85
26	Chaguaramo enano	<i>Roystonea venezuelana</i>	3	96
Total				1483



Figura 1: Plan de Reforestación parcial sobre la subcuenca del Río Cúpira. Diseño de reforestación Caño El Chivo.

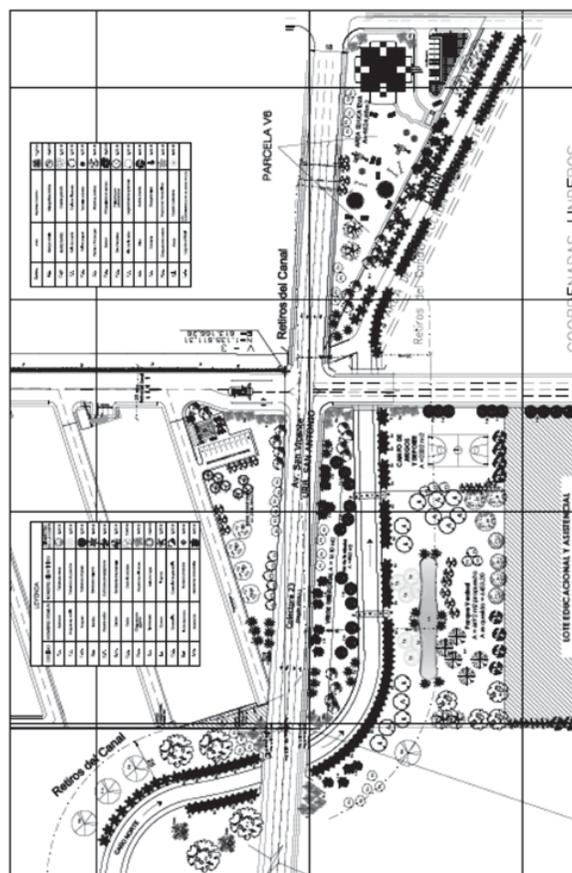


Tabla 3: Plan de reforestación parcial sobre la subcuenca del Río Cúpira. Listado de árboles. Primera Etapa, Caño El Chivo.

Nº Especie	Nombre Común	Nombre Científico	Diámetro de copa. m	Nº de individuos
1	Apamate	<i>Tabebuia rosea</i>	8	05
2	Araguaney criollo	<i>Tabebuia chrysantha</i>	8	10
3	Araguan	<i>Tabebuia chrysea</i>	6	20
4	Bambú	<i>Bambusa vulgaris</i>	8	160
5	Bucare Ceibo	<i>Erythrina poeppigiana</i>	8	06
6	Caobo	<i>Swietenia macrophylla</i>	8	06
7	Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	12	06
8	Chaguaramo gigante	<i>Roystonea oleracea</i>	5	32
9	Flamboyán	<i>Delonix regia</i>	10	04
10	Guamo	<i>Inga sp</i>	5	08
11	Granadillo	<i>Caesalpinia granadillo</i>	6	23
12	Indio Desnudo	<i>Bursera simaruba</i>	6	07
13	Jacaranda	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	6	24
14	Jobo	<i>Spondias mombin</i>	10	04
15	Mango criollo	<i>Mangifera indica</i>	10	05
16	Mare Mare	<i>Cassia grandis</i>	4	08
17	Palo de María	<i>Triplaris felipensis</i>	5	10
18	Palma Yagua	<i>Attalea butyracea</i>	5	30
19	Perita o Puma gas	<i>Zizigium jambus</i>	5	22
20	Samán	<i>Pithecellobium saman</i>	15	06
21	San Francisco	<i>Peltophorum pterocarpum</i>	8	15
22	Flor De La Reina	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	5	31
23	Pilón	<i>Andira inermis</i>	6	10
Total				452



y riberas del Caño El Chivo. Áreas que han sido valoradas por sus entornos escénicos, lo que ha generado un concepto mas allá de lo ornamental, proponiendo espacios para la salud y el bienestar.

Agradecimientos

El coordinador del proyecto, desea expresar su agradecimiento a la empresa Grupo Amazonia C.A, por haber brindado su confianza, apoyo logístico y financiero para el abordaje del plan y su posterior ejecución. Igualmente expresar nuestro agradecimiento a la Fundación de Proyectos Especiales de Faces U.C (FUNDAPROFACES) por propiciar espacios para la interacción academia-sociedad y a la Fundación Parque Universitario U.C. por sus aportes al Festival Ecológico realizado.

Referencias

Alcaldía del Municipio San Diego: (2000). Plan de Desarrollo Urbano Local (PDUL). Gaceta Municipal San Diego. Valencia, Estado Carabobo
Alcaldía del Municipio San Diego: (2005). Ordenanza Protección del Ambiente y de los Servicios de Cooperación con el Saneamiento Ambiental en la jurisdicción del Municipio San Diego. Gaceta Municipal San Diego. Valencia, Estado Carabobo
Guevara, E. (2004): Modelos de administración aplicados al Manejo de Cuencas hidrográficas. Dirección de Medios y Publicaciones. Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.

Iafe-Hidroambiente: (2000). Estudio de Impacto Ambiental Sistema Ferroviario de la Región Central. Tramo Puerto Cabello –La Encrucijada. Caracas, Venezuela.

Ley de Bosques y Gestión Forestal. (2008). Publicada según decreto N0 6.070. Gaceta Oficial N0 38.946. Republica Bolivariana de Venezuela.

Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (2006). Resolución 217. Especies en veda. Gaceta Oficial. Caracas, Venezuela.

Londoño, J y Linares, P (2007). Modelización de problemas ambientales en entornos urbanos utilizando sistemas de información geográfica y métodos multivariantes. Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo. Número 2. Universidad de Catalunya. UPC, Cátedra UNESCO de Sostenibilidad.

Serviambiente (2009). Estudio de Impacto Ambiental. Parque Residencial Roraima. Valencia, Estado Carabobo.

Steyermark, J y Huber, O (1978). Selvas de galería residuales. Herbario Nacional de Venezuela. Caracas, Venezuela.



Propuesta para el Mejoramiento de la Eficiencia del Sistema de Tratamiento de Efluentes y Disposición de Desechos Sólidos Generados en una Empresa de Productos Alimenticios

Adrián Sierra, Auxilia Mallía, Daniel Llort y Marco Henríquez
adrian.sierra@gmail.com / admallia@gmail.com

Resumen

El objetivo fundamental del presente trabajo fue proponer alternativas que mejoren la eficiencia de la planta de tratamientos de aguas residuales de una empresa de productos alimenticios, enfocados básicamente en la etapa de espesamiento de lodos y en la disposición final de los mismos. La metodología llevada a cabo consistió en realizar un diagnóstico de la situación actual de la planta de tratamiento con la finalidad de comprender el proceso y detallar las fallas que se presentan a partir de la construcción del diagrama causa-efecto o de Ishikawa. Seguidamente, se realizaron caracterizaciones del afluente, efluente y lodo generado de la planta de tratamientos; con la finalidad de evaluar las posibles alternativas que podrían solventar el problema que se presenta, de las cuáles se llevó a cabo la selección y desarrollo de la alternativa más viable, verificándose la posibilidad de su aplicación mediante la realización de la relación beneficio-costos que se obtendría de su implementación, asimismo indicadores económicos como el valor actual. Como principales resultados se tiene que los problemas más graves en términos de eficiencia en la planta se encuentran en el espesado de lodos y en la disposición final de estos, comprobándose que el efluente se encuentra bajo normativa legal vigente Venezolana, y que el desecho sólido no es peligroso y conserva características potenciales de abono. Además, se consiguió seleccionar el mejor polímero a utilizar y se desarrolló un proyecto en el cual es posible obtener abono orgánico a partir de un proceso de compostaje con el lodo generado.

Palabras clave: espesado de lodos, compostaje, poli(acrilamidas).

Proposal for the improvement of the efficiency system on effluent treatment and solid waste disposal generated by a food processing company

Abstract

The main objective of this paperwork was to propose alternatives to improve the efficiency of the wastewater treatment plant of a food products company, focused primarily on the sludge thickening stage and the final disposition thereof. The methodology undertaken was focused upon conducting a current diagnosis of the treatment plant in order to understand the process and detail the failures that arise from the construction of the cause-effect diagram or Ishikawa. Then, there were characterizations of affluent, effluent and sludge generated from the treatment plant, with the aim of evaluating the possible alternatives that could solve the problem presented, which were taken out from the selection and development of the most viable alternative, verifying the possibility of its application by conducting cost-benefit matters to be derived from its implementation. The main results obtained, was that the most serious problems in terms of efficiency that exist in the plant, are at the stage of thickened sludge and the disposal thereof. It was found that the effluent from the plant is under Venezuelan current legislation and that the solid waste is not hazardous and it is potential reminiscent of fertilizer. In addition, it was possible to select the best polymer to use and developed a project in which you can obtain compost from a composting process with sludge generated.

Key words: thickened sludge, composting, poly(acrylamide).

Introducción

El objetivo del presente trabajo fue proponer alternativas que mejoren la eficiencia de la planta de tratamientos de aguas residuales de una empresa de productos alimenticios, constituida por: un pre-tratamiento (filtro o tamiz rotatorio), un tanque de igualación, un reactor biológico (lodos activados), un tanque de clarificación, de espesamiento de lodos y una sección de cloración; con el fin de seleccionar aquella que sea técnica y económicamente más viable, disminuyendo así el impacto ambiental ocasionado en la actualidad, para lo cual se plantearon alternativas de solución a los problemas que se presentan. El estudio ha sido enfocado, principalmente, en dos problemas: obtención de una dosis de polímero adecuada para el proceso de espesado de lodos y encontrar una adecuada disposición de desechos sólidos generados en la misma, en términos de aprovechamiento de recursos y disminución de costos

de operación, todo lo anterior ajustado a las normativas venezolanas legales existentes (principalmente, el decreto 883, gaceta oficial para efluentes). La situación actual sugiere el despilfarro de polímero para el espesado del lodo, lo que a su vez, ocasiona taponamiento en bombas y válvulas del sistema, originando pérdidas económicas, de igual forma, se tiene que disponer del lodo mediante un transporte externo por no contar con instalaciones propicias para su almacenamiento, recolectándolos en recipientes, y en ocasiones, utilizar espacios inadecuados generando una condición de contaminación. Con base en lo expuesto, se investigan técnicas para el saneamiento que involucran la aplicación de procesos de compostaje con los lodos generados, implementación de un relleno sanitario e incineración de estos desechos sólidos, por ello se busca generar una alternativa para mejorar la eficiencia de la planta de tratamientos de aguas residuales, enfocados en la etapa de espesado de lodos y la correcta



ó más adecuada disposición final de los desechos sólidos generados.

Metodología

La investigación, de acuerdo al nivel de profundidad, es de tipo proyecto factible (Balestrini, 2001), ya que durante su desarrollo se persigue conocer la viabilidad de proponer mejoras tangibles en el proceso de tratamiento y disposición para el incremento de la eficiencia en la planta de tratamiento de aguas residuales, enfocándonos, principalmente, en mejorar la dosis de polímero adecuada al proceso de espesado de lodos; como también, lograr una adecuada disposición de desechos sólidos generados, aprovechando el recurso y disminuyendo costos, ajustado al decreto 883 para efluentes, normativas legal Venezolana. En cuanto a la estrategia, ésta es de investigación de campo, ya que se basa en la recolección de datos de la realidad, directamente en la planta de tratamiento, tal y como ocurren los hechos en el sitio, para finalmente obtener un diagnóstico real de la situación.

Para el diagnóstico de la situación actual de las diferentes etapas y procesos llevados a cabo en la planta de tratamiento en términos de eficiencia, se procedió a realizar visitas a la planta durante varios días, en los cuales se estudió por separado cada una de las etapas y procesos que conforman la planta con la cooperación del personal técnico calificado, así como en el aporte de manuales de operación de la planta para la mejor y mayor comprensión de la misma. Asimismo, para la búsqueda de los factores más influyentes sobre las variables de respuesta, se construyó un diagrama de Ishikawa, el cual permitió visualizar detallada y esquemáticamente todos los factores, según la categoría, que pudiesen influir sobre la variable de respuesta. Dicho diagrama surgió de una tormenta de ideas, herramienta útil para obtener y agrupar los factores; ésta se generó con el apoyo de las bases teóricas, datos, antecedentes y por medio de las personas involucradas en el área de trabajo.

Para la caracterización de los afluentes, efluentes y desechos sólidos generados en la planta de tratamiento primero se consultó con la normativa legal vigente para el muestreo, procedimiento, disposición y ejecución de las distintas pruebas a realizar. El muestreo de afluentes y efluentes líquidos, se eligió como patrón a utilizar muestras compuestas tomadas semanalmente por periodo de dos meses, a partir de submuestras captadas por durante seis (06) horas, abarcando dos turnos de trabajo (mañana y tarde), basado en la normativa: "Manual de Métodos Estándar para el análisis de aguas y aguas de desecho", Norma Venezolana COVENIN 2709.2002 " y para el muestreo del lodo se tomaron durante siete (07) días muestra de lodo a la salida del filtro prensa, empleando la norma dictada por la Environment Protection Agency (EPA), y en la norma ASTM D4220.

Las pruebas realizadas tanto para el afluente como el efluente líquido de la planta, fueron realizadas en un laboratorio externo al que la empresa contrata para determinar los parámetros exigidos por las normativas vigentes; las mayoría de las pruebas de los parámetros físico-químicos fueron realizadas en laboratorios de entidades públicas con participación de los autores, mientras que las pruebas realizadas al lodo recolectado fueron realizadas por un ente privado en un laboratorio especializado dedicado al análisis de suelos, aguas, abonos y foliares.

Para la etapa de espesado de lodos, se planteó como alternativa el uso de distintos polímeros de similares características al polímero utilizado actualmente en la planta (densificantes y deshidratantes de lodos) elaborados por diferentes casas proveedoras venezolanas. La disposición final de los desechos sólidos generados en la empresa, se propuso a partir de opciones como: el relleno sanitario, la incineración y tratamientos biológicos (compostaje). En el espesado de lodos luego de una selección preliminar, se decidió trabajar solamente con los polímeros MQ-296 (poliacrilamida de alta carga catiónica, sólido de alto peso molecular) y MQ-159C (poliacrilamida catiónica emulsionada líquida de muy alto peso molecular), ambos elaborados por la casa proveedora MQ Corporation C.A. (2004), principalmente por la disponibilidad y los crecientes problemas de importación. Luego, fue necesaria la determinación de la dosificación más adecuada de los polímeros estudiados, empleando el equipo de "Pruebas de Jarras" de la Universidad de Carabobo, el cual permitió adaptarlo para reproducir el proceso de densificación y/o espesamiento del lodo, llevado a cabo en la actualidad.

Se contempló, de igual manera, como fase experimental antes mencionada, la realización de las pruebas de jarras, adaptadas para simular el proceso de espesado de lodos, previamente tomando las características iniciales de: pH, conductancia y sólidos disueltos totales (SDT), del sobrenadante del lodo primario generado en la planta de tratamiento, por lo cual se preparó cada polímero de acuerdo a la concentración establecida en el boletín técnico del proveedor y fabricante, tomándose 800 mL de muestra de lodo homogéneo, agitando primeramente a una revolución de unos 70 rpm por 3 min aproximadamente, que garantizaban un mezclado completo del lodo, además de evitar la adhesión del polímero al eje del equipo; seguidamente, se agitó a 20 rpm aproximados, durante 15 min para favorecer la formación de los flóculos. Durante el procedimiento, se adicionó el polímero mililitro a mililitro, registrando la primera formación de flóculos visibles y a partir de ahí, se suministró, de manera continua, hasta obtener visualmente la mayor cantidad de lodo recogido y a su vez, el mejor grado de compactibilidad. A las tres mejores dosis encontradas, para cada polímero, se les



separó el sobrenadante del lodo con la finalidad de tomar las características de pH, conductancia y sólidos totales disueltos, para comparar con el sobrenadante proveniente del lodo crudo inicial y poder concluir, en parte, acerca de la mejor dosis adicionada.

La metodología seguida, al tener las tres mejores dosis por cada polímero y haber realizado la decantación de cada una de ellas, para obtener el lodo, fue realizar a cada muestra, por separado, las pruebas específicas de lodos. Éstas consistieron en medir, al lodo generado de la etapa anterior, el porcentaje de sólidos totales finales (% STF) y la velocidad de filtrado. Para ello, se colocaron 200 mL de lodo en el equipo de succión al vacío, tomando los tiempos de succión (filtrado) que requería la muestra para los volúmenes previos fijados de 75, 100, 125, 150 y 175mL, respectivamente. Al filtrar completamente la muestra, se procedió a pesar la masa de lodo recolectada, para luego ser colocada en una estufa a 378 K, aproximados por 3 h, para obtener el % STF (Secretaría de medio ambiente y recursos naturales, 2001), de acuerdo con el Instituto Mexicano de Tecnología del agua. Estas experiencias prácticas se llevaron a cabo repetidas veces con la finalidad de tener la mejor representatividad y reproducibilidad de los datos obtenidos. Para la evaluación de las alternativas propuestas en la etapa de espesado de lodos, se empleó la herramienta metodológica conocida como “método cualitativo de los factores determinantes”, en la cual su instrumento es una matriz de ponderación por puntos.

Para la etapa de disposición final del desecho sólido generado, se realizó una tabla de ventajas-desventajas y contemplando como disposición final, tratamiento biológico para el lodo generado en la planta, teniendo en cuenta el presupuesto disponible, y también, el deterioro ocasionado al medio ambiente. Se evalúa como alternativa el proceso de compostaje. Mientras que para la selección del tratamiento, nivel tecnológico y materias primas a emplear en el proceso de compostaje, se empleó la herramienta metodológica antes mencionada a partir de matrices de ponderación.

Se diseñaron las pilas para el compost, estudiando inicialmente el terreno para la realización del compostaje, el cual tenía las siguientes dimensiones: 5 m de largo x 2 m de ancho. Con el área del terreno, se diseñaron las pilas a escala piloto. Las dimensiones de las pilas quedaron establecidas en 0,5 m de ancho por 1 m de largo, con una altura de 0,3 m. Con esto se cumplió la regla general que permite obtener una buena relación superficie/volumen. En cuanto al cálculo de cada materia prima y del lodo biológico a utilizar para conformar la pila volteada de 0,075 m³ de volumen, se realiza el cálculo referido al balance de materiales y nutrientes para mantener la relación Carbono/Nitrógeno dentro del rango óptimo entre 20-30 unidades.

Se concluyó la fase experimental, con la recolección de las muestras luego del proceso de compostaje, donde previamente se procedió a recoger las seis pilas formadas por las mezclas de lodo-grama y lodo-grama-verduras, y se unieron en una sola pila de acuerdo con cada tipo de mezcla, de manera tal de obtener uniformidad y así extraer dos pequeñas sub-muestras de, aproximadamente, 3 kg., para luego ser analizadas. De igual manera, la selección de la mejor mezcla compostada requirió la herramienta metodológica de los factores determinantes (matriz para selección).

Finalmente, se determina la relación beneficio-costos, valor actual (VA) y la tasa interna de retorno (TIR) de la alternativa seleccionada, investigando acerca de los costos inherentes a los cambios propuestos. La estimación de los costos incluye la determinación del capital fijo, el cual representa los desembolsos que se destinan a la construcción de estructuras necesarias, construcción de la fundación y acondicionamiento del terreno, los costos de inversión; también, se incluye el capital de trabajo y la estimación de los beneficios provenientes de los ingresos brutos debido a la alternativa.

Resultados y Discusión

En el diagnóstico de la problemática existente actualmente en la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa, se tomó como variable de respuesta a la eficiencia, ya que ésta permite evaluar, de forma cualitativa, las diferentes etapas y procesos llevados a cabo en la misma. Una vez realizado el diagrama de causa-efecto de Ishikawa, ver figura 1, se puede extraer que las categorías más influyentes en la eficiencia de la planta son: método y materiales (por su incidencia según frecuencia detectada, sobre los costos de la planta), y en ellas se encuentran las variables a controlar y mejorar para así incrementar la eficiencia.

Al llevar a cabo la caracterización del afluente y del efluente líquido de la planta de tratamiento, realizando una interpretación de los resultados obtenidos en la tabla 1, se determinaron que todos los parámetros tales como: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO), los cuales al inicio superaban significativamente la norma, así como algunos otros, como el Nitrógeno total, donde se observa su valor por encima de la legislación, sin embargo, al ser evaluados todos los parámetros en el efluente final en la cámara de cloración, se encuentran dentro de norma establecida en el Decreto N° 883 publicado en gaceta oficial extraordinaria N° 5021, de fecha de 18 de Diciembre de 1995, lo que indica que la planta trabaja de forma efectiva, más no con la eficiencia deseada (minimizando el uso de recursos - materia prima, ajustándose al presupuesto disponible). Del mismo modo, la muestra de lodo recogida fue analizada como un sustrato orgánico y se le determinaron los elementos

Figura 1: Diagrama causa-efecto de Ishikawa específico de las variables que influyen en las variables de respuesta.

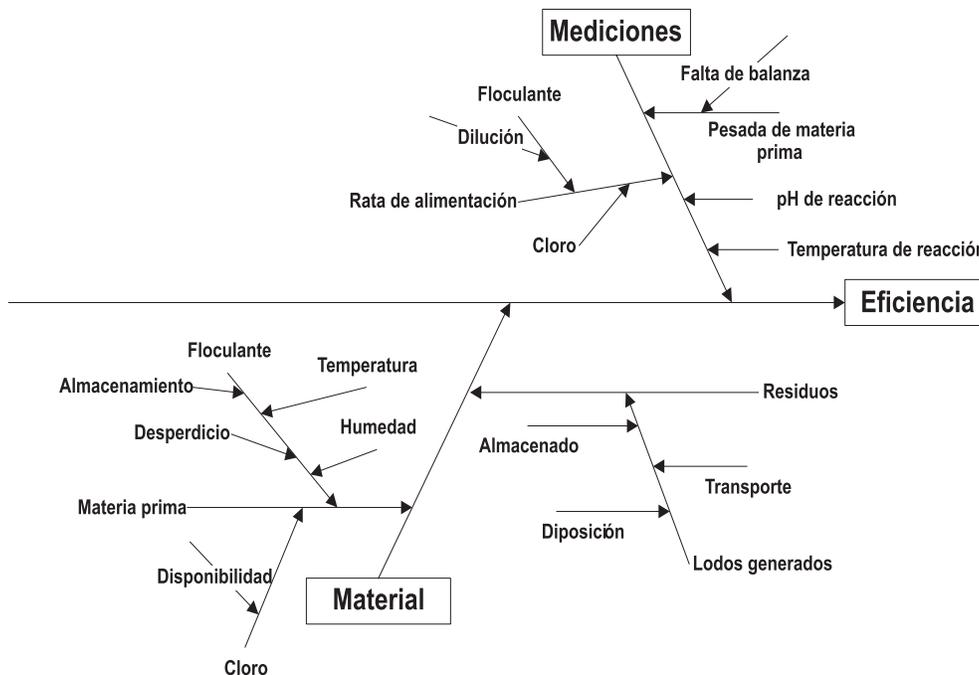


Tabla 1: Parámetros presentes en el afluente y efluente líquido de la planta de tratamiento.

Análisis	Tanque de igualación (Entrada-Vertedero)	Límites Máximos o rangos Decreto 883	Cámara de Cloración (Salida)
pH	9,49	6-9	8,23
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	770	60	11
Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	1.866	350	24
Fósforo (mg/L)	4,276	10	1,885
Sólidos disueltos totales (mg/L)	1.500,00	N/R	944,62
Sólidos totales (mg/L)	1.670,00	-	980,00
Sólidos suspendidos (mg/L)	170,00	80	35,38
Cloruros (mg/L)	31,84	1.000	59,76
Sulfatos (mg/L)	40,0	1.000	20,0
Aluminio (mg/L)	<0,036	5	<0,036
Hierro total (mg/L)	1,50	10	0,38
Cobre (mg/L)	0,15	1	0,11
Alcalinidad (mg/L)	311,43	N/R	529,19
Nitrógeno total (mg/L)	26,5	5,0	ND

ND: No detectado
Fuente: HIDROCENTRO C.A

totales que están constituidos por los macroelementos, microelementos y oligoelementos, además de parámetros como pH, carbonatos y otros.

Haciendo un análisis a los lodos, se puede observar que los parámetros del mismo reflejan que la cantidad de materia orgánica, carbono orgánico y la relación carbono/nitrógeno, potencialmente, son adecuados para su posible disposición o adecuación para el contacto

directo con los suelos, a pesar de ser un lodo proveniente de una empresa tradicional de productos alimenticios.

En la fase experimental, a nivel de laboratorio, que involucra los análisis de la etapa espesamiento de lodos, se observa de las tablas 3 y 4, que se logra seleccionar el polímero MQ-296 (actualmente usado inadecuadamente en la empresa) para la dosis de 50 mL, que representa 0,20 g por litro de lodo a espesar, perfeccionando el proceso



Tabla 2: Parámetros físico-químicos del lodo proveniente de la planta de tratamiento.

PARÁMETROS	LODO
pH (adim)	6,86
Carbonatos (%)	0
Materia orgánica (%)	74,21
Carbono orgánico (%)	43,05
Relación C/N (adim)	26,6
Conductividad eléctrica (mS/cm)	6,16
N (%)	1,62
P (%)	1,03
K (%)	0,23
Ca (%)	2,80
Magnesio (%)	0,21
Sodio (%)	0,27
Azufre (%)	0,97
Hierro (ppm)	8.500
Cobre (ppm)	120
Zinc (ppm)	395
Manganeso (ppm)	119

Fuente: EDAFOFINCA C.A.

de espesamiento con la dilución a una concentración de 0,3% p/p, por presentar las mejores características a nivel técnico-económico evaluadas en este trabajo de investigación y ponderadas posteriormente, a partir de matrices; siendo características técnicas consideradas la formación de flóculos de buen tamaño y en gran proporción, así como una excelente compactibilidad (en términos visuales para el lodo) y, cuyos parámetros físicoquímicos para el sobrenadante obtenido, fueron mejorados respecto del líquido proveniente del lodo crudo inicial. Aunado a todo, esto se involucró el tiempo de sedimentación siendo adecuado para la dosis obtenida. Todo lo mencionado permitió justificar la selección del mejor polímero por medio de pruebas de jarras (adaptadas) y las pruebas específicas de lodos.

Otro desarrollo, producto de nuestra investigación, fue el proceso de compostaje, que se obtuvo como mejor tecnología con el sistema de pilas volteadas, por presentar

mayores ventajas con respecto a la tecnología de las pilas estáticas aireadas evaluadas, mientras que para las materias primas más adecuadas a las condiciones fueron, en conjunto con el lodo, la grama y verduras en estado de descomposición de las mismas instalaciones. Éstas fueron escogidas, básicamente, porque se encontraban en la empresa y eran un desecho de la misma, al cual no se le daba utilidad, además de poseer una excelente relación C/N cercana a la ideal (25-30), lo cual permite ser utilizadas como materias primas a mezclar para lograr un buen resultado de compostaje. Por lo tanto, se pudo concluir que la mezcla lodo-grama-verduras se puede emplear como abono orgánico por presentar valores adecuados en los parámetros deseables (los cuales aumentaron significativamente respecto del lodo crudo producto del compost), entre ellos, nutrientes N, P, K (3,94 / 8,0 / 0,63, respectivamente); véase tabla 5, que representa mejores características de abono comparado con la mezcla lodo-grama, cuya relación en nutrientes es 4,53 / 7,7 / 0,51, con menor contenido de fósforo y potasio. Además, se tuvo un especial cuidado con el valor observado para el hierro presente en las muestras de lodo, el cual, a pesar de ser, elevado se encuentra dentro de valores permisibles para su probable uso como abono, teniendo como referencia la normativa Legal Mexicana en folleto de “Resistencia específica del lodo residual” según Secretaria de medio ambiente y recursos naturales (2001).

Un objetivo que determina la investigación con el corte de proyecto factible, incluye como actividad la determinación del costo y el ahorro o beneficios obtenidos al llevar a cabo la propuesta finalmente seleccionada, para las alternativas analizadas, tomándose en cuenta los gastos más significativos, que en este caso los parámetros afectados son los relacionados a la obtención del abono orgánico a partir de los lodos biológicos. En la etapa de espesado de lodos, la materia prima no influyó sobre este análisis pues, aunque se varió la forma en que

Tabla 3: Parámetros para la determinación de la dosis adecuada de la solución polielectrolítica (MQ-296).

Muestra	Volumen añadido de la solución (V _p) mL	Dosis ppm	pH (adim)	Conductividad (Ca) µS	Sólidos disueltos totales (SDT) mg/L	Temperatura (T) °C	Tiempo de sedimentación (t _s) min	Observaciones
1	45	180	6,81	1202	590	28,6	10	Flóculos de tamaño considerable y en buena proporción.
2	50	200	6,60	1169	584	28,9	13	Flóculos de gran tamaño y en gran proporción. Compactibilidad muy buena.
3	55	220	6,55	1188	588	28,4	18	Flóculos de gran tamaño pero el grado de compactación no es buena

**Tabla 4:** Parámetros para la determinación de la dosis adecuada de la solución polielectrolítica (MQ-159C).

Muestra	Volumen añadido de la solución (V _p) mL	Dosis ppm	pH (adim)	Conductividad (C _d) μS	Sólidos disueltos totales (SDT) mg/L	Temperatura (T) °C	Tiempo de sedimentación (t _s) min	Observaciones
1	165	205,22	6,77	1167	580	28,0	10	Poca cantidad de flóculos, presentan un tamaño muy pequeño y no se compactan.
2	170	211,44	6,76	1137	569	28,3	12	Flóculos con un tamaño considerable, en buena proporción y excelente compactibilidad.
3	175	217,66	6,66	1171	587	28,9	20	Los flóculos no sedimentan notablemente

Gravedad específica de MQ-159C a 25°C: 0,995

se adicionaba el polímero (dilución) y los resultados obtenidos (mejora en la eficiencia), se comprobó que se gasta, aproximadamente, la misma cantidad a la forma adicionada hoy en día, aprox. 200 mg por litro de lodo espesado.

Tabla 5: Elementos totales presentes en las distintas mezclas formadas.

PARÁMETROS	Mezcla 1 (Lodo-grama)	Mezcla 2 (Lodo-grama-verdura)
Carbonatos (%)	0	0
Conductividad Eléctrica (mS/cm)	2,21	2,06
Materia orgánica (%)	57,51	54,53
Carbono orgánico (%)	33,36	31,63
Nitrógeno (%)	4,53	3,94
Relación C/N (adim)	7,4	8,0
Fósforo (%)	7,7	8,0
Potasio (%)	0,51	0,63
Calcio (%)	2,40	2,40
Magnesio (%)	0,40	0,36
Sodio (%)	0,27	0,30
Azufre (%)	0,75	0,80
Hierro (ppm)	8625	8300
Cobre (ppm)	97	93
Zinc (ppm)	310	290
Manganeso (ppm)	125	120

Fuente: EDAFOFINCA C.A.

Los beneficios vienen dados por el ahorro del 50% del abono empleado para los sembradíos, además de la venta del abono; por otra parte, los costos se ven reflejados por la inversión inicial generada por la alternativa seleccionada y a su vez, por los costos operacionales que acarrea anualmente el proceso. Finalmente, la relación beneficio-costos arrojó un valor de 1,5, mayor a la unidad, como se muestra en la tabla 6, representa que

la alternativa propuesta es atractiva para la empresa, ya que, los beneficios generados son mayores que los costos asociados a la propuesta. Adicionalmente, al observar los indicadores económicos, se concluye que como el valor actual (VA) da un valor mayor a cero de 887.904 BsF. y la tasa interna de retorno (TIR) de 191%, significa que la implementación resulta atractiva, Giugni (2005).

Tabla 6: Valor presente neto durante la vida del proyecto.

AÑO	INGRESOS (BsF)	COSTOS ANUALES (BsF)	FLUJO DE CAJA (BsF)	VPN (BsF)
0	---	21.440	-21.440	-21.440
1	59.676	18.660	19.576	17.796
2	59.676	18.660	60.593	50.077
3	59.676	18.660	101.609	76.340
4	59.676	18.660	142.626	97.415
5	59.676	18.660	183.643	114.027
6	59.676	18.660	224.659	126.814
7	59.676	18.660	265.676	136.333
8	59.676	18.660	306.692	143.074
9	59.676	18.660	347.709	147.462
			VA (BsF) =	887.904

Conclusión

El mejor polímero a emplear en la etapa de espesado de lodos es el MQ-296 para una dosis correspondiente a 200 ppm, diluido al 0,3 % p/p, generando mejores características al sobrenadante obtenido como a nivel del lodo generado. Asimismo, se determinó que la mezcla composteada más apropiada fue la de lodo, grama y verduras, logrando mejores contenidos de macroelementos, microelementos y oligoelementos para su uso como abono, aprovechando los recursos de la empresa, proyecto que se vislumbra factible de acuerdo con indicadores económicos calculados.



Agradecimientos

A Dios, por estar presente en cada paso y guiarnos al conseguir esta meta.

A INDULAC C.A, por haber hecho posible la realización de este trabajo.

A la profesora Lily Marcano de la Universidad de Carabobo (UC), por su asesoría en este trabajo de investigación, y al ingeniero Jairo, por su constante disposición.

Al Laboratorio de Físicoquímica UC, por habernos permitido la realización de innumerables pruebas para la realización de este trabajo. Al Laboratorio Tecnológico de Ambiente UC, e HIDROCENTRO, por habernos permitido la realización de nuestras pruebas para la ejecución de este proyecto.

Referencias

Norma ASTM D4220, (1995). Standard practices for preserving and transporting soil Samples. Filadelfia EEUU. American society for testing and materials.

Balestrini A, Mirian. (2001). "Como se elabora el proyecto de Investigación". Consultores Asociados Servicio Editorial. Caracas, Venezuela.

Environment Protection Agency (EPA). (2000). Test Methods for evaluating Solid Waste. Métodos químicos, SW-846. [Folleto]. USA.

Giugni, L. (2005). Evolución de proyectos de inversión. (4ta edición). Dirección de medios, publicaciones y R.R.P.P Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.

MQ Corporation, (2004). Boletín técnico del polielectrolito MQ-159. Año 2004 [Folleto]. Valencia.

MQ Corporation, (2004). Boletín técnico del polielectrolito MQ-296. Año 2004 [Folleto]. Valencia.

Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos (Decreto 883). (1995, Octubre 11). Gaceta oficial de la Republica de Venezuela, 5.021 (Extraordinario). Diciembre 18, 1995.

Norma Venezolana COVENIN 2709:2002. Aguas naturales, industriales y residuales. Procedimientos para el muestreo. Mayo 28, 2002.

Secretaria de medio ambiente y recursos naturales, (2001). Resistencia específica del lodo residual. Año 2001 [Folleto]. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.



Detección Mejorada de Neuropatologías Basada en Espectros de Orden Superior

César Seijas, Antonino Caralli, Sergio Villazana
Centro de Investigación en Bioingeniería, Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Carabobo
Av. Universidad, Valencia, Venezuela
cseijas@uc.edu.ve, acaralii@ieee.org, svillaza@ieee.org

Resumen

La epilepsia constituye una de las neuropatologías más frecuente; en estudios estadísticos relacionados con la enfermedad se reporta la aparición de crisis epilépticas en 20 a 25% de pacientes epilépticos aun bajo tratamiento a base de fármacos. En este artículo se presenta una estrategia mejorada, de detección de esta neuropatología, a partir de electroencefalogramas (EEG), usando un clasificador construido con máquinas de vectores de soporte (SVC). El SVC diseñado está basado en extracción de rasgos de espectros de orden superior de las series de tiempo derivadas de los EEG aplicados a pacientes epilépticos y pacientes de control. Como se demuestra en el estudio presentado, los EEG son series de tiempo altamente no lineales y no gaussianas, por ende, exhiben espectros de orden superior, de los cuales se extraen rasgos que mejoran la exactitud en el desempeño del SVC. Los resultados de este estudio sugieren el desarrollo de herramientas computacionales de gran exactitud en el diagnóstico de esta temible neuropatología.

Palabras clave: Espectros de orden superior, clasificación, máquinas de vectores de soporte, electroencefalogramas, epilepsia.

Improved Detection of Neuropathologies Based on Higher Order Spectra

Abstract

Epilepsy is one of the most common of neuropathologies. Some statistical studies related to the disease report seizure occurrences of in 20-25% of epileptic patients, even under drug oriented treatment. This article presents a strategy for improved detection of this neuropathology, based on electroencefalogramas (EEG), using a classifier built with support vector machines (SVC). The SVC design is based on extracting features from the higher order spectra of the time series derived from the EEG applied to epileptic patients and control patients. As demonstrated in the study presented, EEG time series are highly non-linear and non-Gaussian, therefore, they exhibit higher order spectra from which features can be extracted to improve the accuracy of SVC performance. Results of this study suggest the development of highly accurate computational tools to diagnose this fearsome neuropathology.

Key words: Higher order spectra, classification, support vector machines, electroencefalogramas, epilepsy.

Introducción

Electroencefalografía es la medida neurofisiológica de la actividad eléctrica del cerebro mediante el registro obtenido de electrodos colocados sobre el cráneo. El conjunto de trazos obtenidos se conoce como Electroencefalograma (EEG) y representa una señal eléctrica (biopotenciales postsinápticos) de una gran cantidad de neuronas, o actividad cerebral. El EEG se usa básicamente en el monitoreo y diagnóstico de patologías cerebrales, tales como: epilepsia y síncope, desórdenes del sueño, en algunos casos decretar demencia, coma y muerte cerebral (en algunas jurisdicciones se usa como prueba legal de muerte cerebral). Los EEG tienen la gran ventaja de ser un método de diagnóstico no invasivo e indoloro, de allí la gran importancia de su aplicación y análisis. Desde el punto de vista de procesamiento de señales, el análisis del EEG corresponde al procesamiento de series de tiempo, tema extensamente desarrollado en el área del modelaje estocástico, en la de identificación de señales y sistemas y en la de reconocimiento de patrones. El objetivo fundamental de este artículo es el de presentar nuevos modelos matemáticos basados en el análisis y procesamiento no-lineal de señales derivadas

de electroencefalogramas (EEG), soportados por herramientas de cómputo emergente.

El electroencefalograma (EEG)

El electroencefalograma (EEG) es un conjunto de señales biológicas que representan la actividad eléctrica del cerebro y se obtienen mediante la colocación de un conjunto de electrodos en el cráneo, sobre la región del cuero cabelludo. La distribución espacial en la ubicación de los electrodos conforma un mapa de puntos separados 10 ó 20%, del área total bajo registro, y con una nomenclatura asociada al nombre de la región craneal cubierta; esta distribución selectiva en la ubicación de los electrodos se conoce como sistema internacional de ubicación de electrodos 10-20. [1, 2]. La medición puede ser de carácter bipolar (entre electrodos) o unipolar, colocando un electrodo adicional de referencia o tomando como referencia el potencial promediado de todos los electrodos. La frecuencia de muestreo debe estar por encima de 200 Hz, para garantizar satisfacer el límite inferior de muestreo de Nyquist en la banda de frecuencias de interés.

A la actividad eléctrica colectiva de la corteza cerebral se le conoce usualmente como ritmo debido



a que las señales detectadas exhiben un patrón oscilatorio periódico. El campo eléctrico medido se debe principalmente a las corrientes que fluyen durante la excitación sináptica de las dendritas, los potenciales excitativos postsinápticos. La frecuencia fundamental de los ritmos y su morfología [1, 2] dependen, entre otras cosas, del estado mental del paciente, del grado de vigilia o adormecimiento (según sea el caso) del uso de drogas o la aparición de neuropatologías. El rango de frecuencias típico de los ritmos del EEG varía desde 0.5 hasta el orden de 30 a 40 Hz, lo que conduce a una clasificación en cinco bandas de frecuencia conocidas como ritmos α , β , γ , δ y θ .

Epilepsia

La epilepsia es una neuropatología que se manifiesta en repentinas ráfagas de actividad eléctrica no controlada en algunas regiones de la corteza cerebral. Los ataques epilépticos son eventos recurrentes que pueden durar desde pocos segundos hasta algunos minutos y pueden ser de naturaleza localizada en una región del cerebro o extenderse masivamente en todo su volumen. Durante los ataques epilépticos, grandes grupos de neuronas descargan hiper-sincrónicamente, en consecuencia, el EEG registrado durante esos eventos se caracteriza por oscilaciones rítmicas de gran amplitud. En los períodos sin ataques sólo se detectan breves ráfagas de actividad hipersincrona de grupos localizados de neuronas, lo que se conoce como actividad epiléptica inter-ictal.

La naturaleza de la epilepsia está relacionada con el desbalance que ocurre entre las señales excitativas que impulsan el disparo de las células nerviosas y las inhibitorias que bloquean estas activaciones. Específicamente se responsabiliza a los neurotransmisores que deben transportar químicamente las señales originadas en las sinapsis, generando excesiva actividad excitativa o insuficiente actividad inhibitoria y como resultado actividad eléctrica descontrolada.

Análisis del EEG

El tema de la interpretación dinámica del EEG ha sido objeto de mucha discusión entre los investigadores; en los últimos tiempos se ha enfocado en dos modelos diferentes. El primer enfoque considera a las series de tiempo EEG como procesos estocásticos lineales, es decir las señales EEG se analizan usando técnicas lineales tales como modelos espectrales paramétricos, por ejemplo modelos ARMA (siglas en inglés para autorregresivos con promedio móvil), o no paramétricos como las transformadas de Fourier o wavelets [3]. En [4] se verifica comportamiento gaussiano en registros de corta longitud de pacientes parkinsonianos. El otro enfoque se basa en la dinámica no lineal, considerando el

EEG como una señal determinística pero caótica, ya que registros ambulatorios muestran una tendencia hacia una característica $1/f$ (f: frecuencia) que no puede ser descrita mediante un análisis lineal.

El análisis y procesamiento de EEG debe resolver una pregunta fundamental: ¿debe la señal en proceso ser analizada desde un punto de vista determinístico o estocástico?, y en el primer caso, como se plantea en [5], establecer si la señal determinística es de naturaleza caótica o no caótica.

Análisis no lineal usando estadísticas de orden superior

El análisis de las señales no lineales es insuficiente usando parámetros característicos de series de tiempo lineales con función de distribución normal (gausiana), tales como: el espectro de potencia y la función de auto correlación debido, entre otras razones, a la pérdida de información de fase de las mismas. Esta severa limitación se puede evitar usando *Estadísticas de Orden Superior* (HOS, de sus siglas en inglés: “Higher Order Statistics”) [6], [7]. Se entiende como HOS los momentos y *cumulantes* de orden mayor al segundo (los momentos de orden 1 y 2 son la media y la varianza, respectivamente).

Definición y propiedades de HOS

Las HOS se definen en términos de sus momentos y cumulantes, y sus espectros; los de mayor interés son los de tercer y cuarto orden y sus transformadas de Fourier, denominadas biespectro y triespectro, respectivamente. Como se verá a continuación, los momentos de orden superior son generalizaciones naturales de la secuencia de autocorrelación, mientras que los denominados cumulantes $C_{ix}(k, \dots)$ (i: índice del cumulante) son combinaciones específicas, no lineales de los mismos:

$$C_{2x}(k) = E\{x^*(n)x(n+k)\} \quad (1)$$

$$C_{3x}(k, l) = E\{x^*(n)x(n+k)x(n+l)\} \quad (2)$$

$$C_{4x}(k, l, m) = E\{x^*(n)x(n+k)x(n+l)x^*(n+m)\} - C_{2x}(k)C_{2x}(l-m) - C_{2x}(l)C_{2x}(k-m) - M_{2x}^*(m)M_{2x}(k-l) \quad (3)$$

Donde el superíndice * en $x(n)^*$ denota la señal $x(n)$ compleja conjugada, $M_{2x}(m) = E\{x(n)x(n+m)\}$ que es igual a $C_{2x}(m)$, para un proceso real, no complejo; de hecho, puede observarse que en el caso de procesos complejos existen varias formas de definir los cumulantes dependiendo de cuáles términos sean los conjugados.

Para el caso de retardo cero, los cumulantes reciben nombres particulares, $C_{2x}(0)$ es la varianza (σ^2), $C_{3x}(0,0)$ y $C_{4x}(0,0,0)$ se identifican usualmente como γ_3x



y γ_4x y sus valores normalizados, $\gamma_{3x}/\sigma_{2x}^3$ y $\gamma_{4x}/\sigma_{2x}^4$ son skewness y kurtosis (la traducción al español es oblicuidad y apuntalamiento, respectivamente; pero en el resto del texto, se usarán los términos en inglés, por su frecuente uso en la terminología estadística). Estas últimas cantidades normalizadas exhiben la propiedad de invariancia al desplazamiento y a la escala; la invariancia al desplazamiento, es decir al valor medio (o media) indica que es conveniente definirlos con valor medio cero.

El biespectro $S_{3x}(f_1, f_2)$ y el trispectro $S_{4x}(f_1, f_2, f_3)$ y sus respectivos cumulantes están relacionados a la Transformada de Fourier de la señal respectiva por:

$$S_{3x}(f_1, f_2) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \sum_{l=-\infty}^{\infty} C_{3x}(k, l) e^{-2\pi f_1 k} e^{-2\pi f_2 l} \quad (4)$$

$$S_{4x}(f_1, f_2, f_3) = \sum_{k, l, m=-\infty}^{\infty} C_{4x}(k, l, m) e^{-2\pi(f_1 k + f_2 l + f_3 m)} \quad (5)$$

y equivalentemente en el caso del biespectro $SP_{3x}(f_1, f_2)$, a partir de la respuesta espectral de la señal $X(f)$:

$$S_{3x}(f_1, f_2) = E\{X^*(f_1 + f_2)X(f_1)X(f_2)\} \quad (6)$$

evaluada en la “zona no redundante” limitada por la frecuencia de Nyquist f_N , es decir, para frecuencias $f_1 + f_2 \leq f_N$.

Otra estadística muy útil para el análisis de la linealidad y la gaussianidad de las series de tiempo es la bicoherencia. Para el caso de 3 señales x, y, z , se define la bicoherencia cruzada como:

$$bic_{xyz}(f_1, f_2) = \frac{S_{xyz}(f_1, f_2)}{\sqrt{S_{2x}(f_1 + f_2)S_{2y}(f_2)S_{2z}(f_2)}} \quad (7)$$

Y para el caso de una sola señal, que es el de mayor interés en esta aplicación:

$$bic_{xxx}(f_1, f_2) = \frac{S_{xxx}(f_1, f_2)}{\sqrt{S_{2x}(f_1 + f_2)S_{2x}(f_2)S_{2x}(f_2)}} \quad (8)$$

Prueba de linealidad y gaussianidad

Una prueba estadística para la verificación de linealidad y/o gaussianidad de señales, lo constituye el algoritmo de Hinich [6]; dicho algoritmo está basado en la detección de la condición de no oblicuidad (“skewness” diferente de cero). Básicamente está soportado en el hecho de que para un proceso gaussiano, los cumulantes de orden mayor a dos son nulos; en consecuencia también

lo son el biespectro y por ende la bicoherencia. Luego, se plantea la hipótesis nula de no gaussianidad si se determina que el biespectro no es nulo; por otra parte, si además la bicoherencia, no es constante se debe concluir que el proceso es no lineal. Un “toolbox” de uso libre (HOSA [6]), desarrollado bajo el software matemático Matlab, implementa el algoritmo de Hinich (rutina “glstat”) haciendo estimados consistentes y no sesgados de la bicoherencia a partir de la ecuación (8), esto es:

$$|bic_{xxx}(f_1, f_2)|^2 = \frac{|S_{xxx}(f_1, f_2)|^2}{S_{2x}(f_1 + f_2)S_{2x}(f_2)S_{2x}(f_2)} \quad (9)$$

Metodología y análisis de resultados

En la presente sección se describe la metodología que se desarrolló para el procesamiento de las señales EEG, empezando con técnicas de eliminación y/o reducción de artefactos, medición y determinación de la no linealidad y no “gaussianidad”, o al menos, la selección de segmentos que exhiban esta característica, a fin de ser procesados con técnicas de análisis no lineal (respuesta espectral de Fourier de orden superior, HOS), finalmente extracción de rasgos para entrenar un clasificador que permita discriminar entre pacientes sanos o padeciendo de alguna neuropatología (específicamente, epilepsia, en el caso de este trabajo).

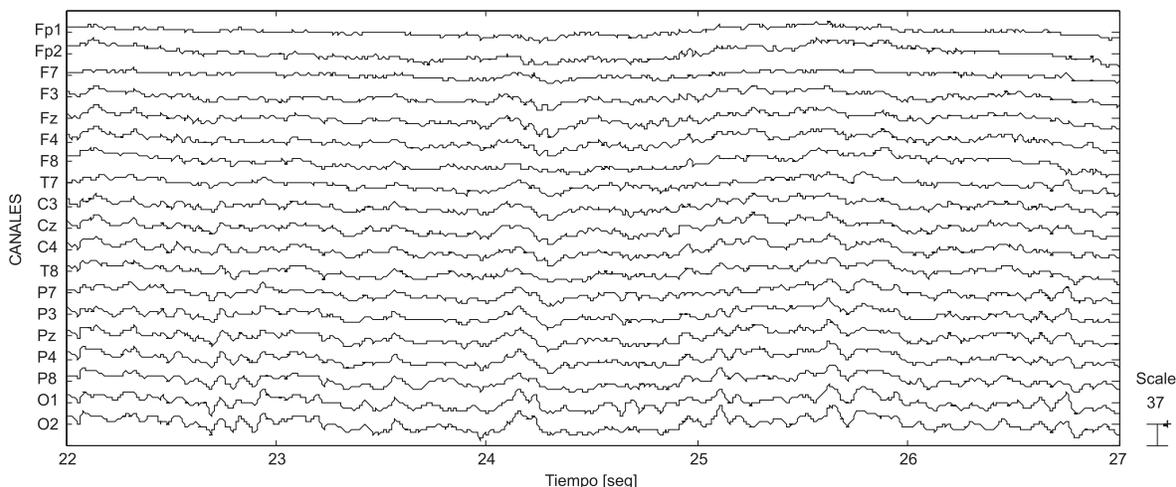
Las señales EEG a procesar corresponden a los registros encefalográficos de una base de datos usada por Guillén et al [3] de 20 EEG, 10 de pacientes sanos y 10 de pacientes epilépticos; en un trabajo preliminar donde se usó la técnica de análisis de señales usando técnicas de Dinámica Simbólica para clasificación. Cada señal EEG está organizada como una matriz de 21 columnas y un promedio del orden de 15.000 muestras, que fueron capturadas a una frecuencia de muestreo de 256 Hz, correspondiendo a segmentos de serie de tiempo de aproximadamente 60 segundos de duración, en promedio.

Dadas las señales EEG de un paciente de control y de uno epiléptico, se procede a desarrollar la siguiente metodología:

1. Usando EEGLAB [8], [9] se cargaron en el área de trabajo del software matemático usado, las señales antes mencionadas, donde se filtró pasabandas, entre 0.1 y 80 Hz, con filtrado adicional de rechazo de ruido de línea de modo común de 60 Hz. En la figura 1 se presenta el conjunto de señales identificadas con su notación por electrodo, en un segmento de tiempo de 5 segundos, entre los instantes 22 y 27 de haberse iniciado el registro; la escala vertical está calibrada a 37 μV /división. En la figura 2 se presenta la respuesta espectral correspondiente al registro del canal del EEG en análisis, con mayor energía (canal O1); obsérvese



Figura 1: Formas de onda del EEG de un paciente de control.



en primer lugar, la componente espectral de 10 Hz, que exhibe un pico de máxima potencia ($\approx +12.7$ dBs), lo que es indicativo de actividad cerebral α corticotalámica del paciente; así como también el fuerte rechazo a ruido de línea de modo común (60 Hz) de aproximadamente -44 dBs, por debajo de las componentes de mayor energía.

La figura 3 es el gráfico estadístico cuantil-cuantil (“QQ Plot”) [10] para prueba de gaussianidad de los datos de la señal del canal seleccionado anteriormente. En esta gráfica puede observarse cómo el trazo se separa de la referencia lineal de índice de normalidad (gaussiana). La evaluación estadística, usando la prueba de Kolmogorov-Smirnov [10] ratifica la no gaussianidad de la señal EEG de un paciente neurológicamente sano.

En los EEG de pacientes epilépticos se observó mayor energía concentrada en todos los patrones de cada canal (a baja frecuencia, hay componentes por encima de $+25$ dBs, contra poco más de 10 dBs en patrones de pacientes sanos).

2. Para cada uno de los registros estudiados se identificó el canal que exhibió mayor potencia [9], y de la serie de tiempo correspondiente a dicho canal, se extrajeron, aleatoriamente, 10 segmentos no solapados, de 2000 muestras de longitud; conformándose de esta manera una base de datos constituida por 200 segmentos o series de tiempo de 2000 muestras de longitud cada una. Es preciso comentar que en el caso de EEG de pacientes epilépticos se detectó gran variabilidad en la identidad del canal de máxima potencia, mientras que en el caso de pacientes de control se concentró en los últimos canales (15 al 19), lo que es consistente con la condición similar de actividad cerebral de estos últimos [1].
3. A cada segmento se le aplicó pruebas de no linealidad y no gaussianidad, usando los métodos y algoritmos previamente descritos, verificando tal condición, y midiendo en cada experimento la máxima bicoherencia; y el par frecuencial donde ocurrió, observándose la alta variabilidad de la

Figura 2: Respuesta Espectral del EEG de un paciente de control.

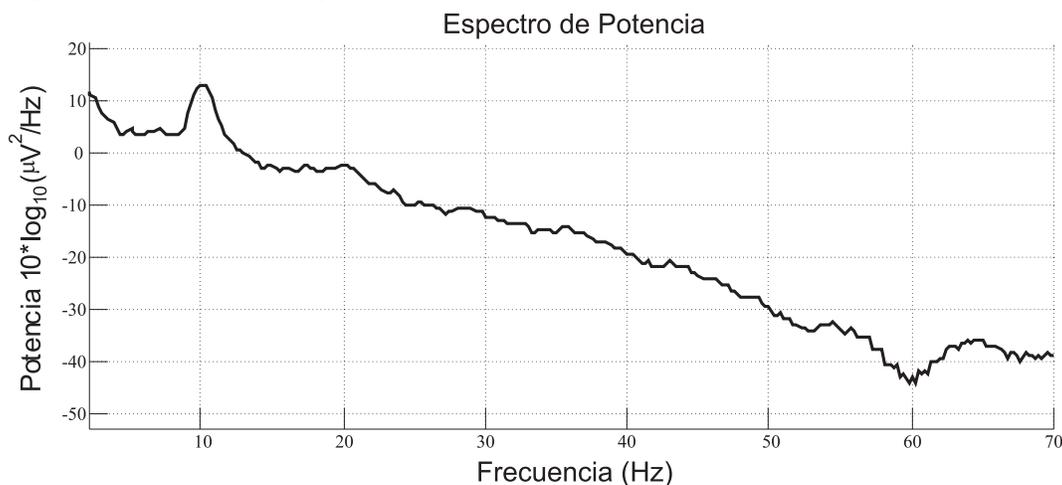
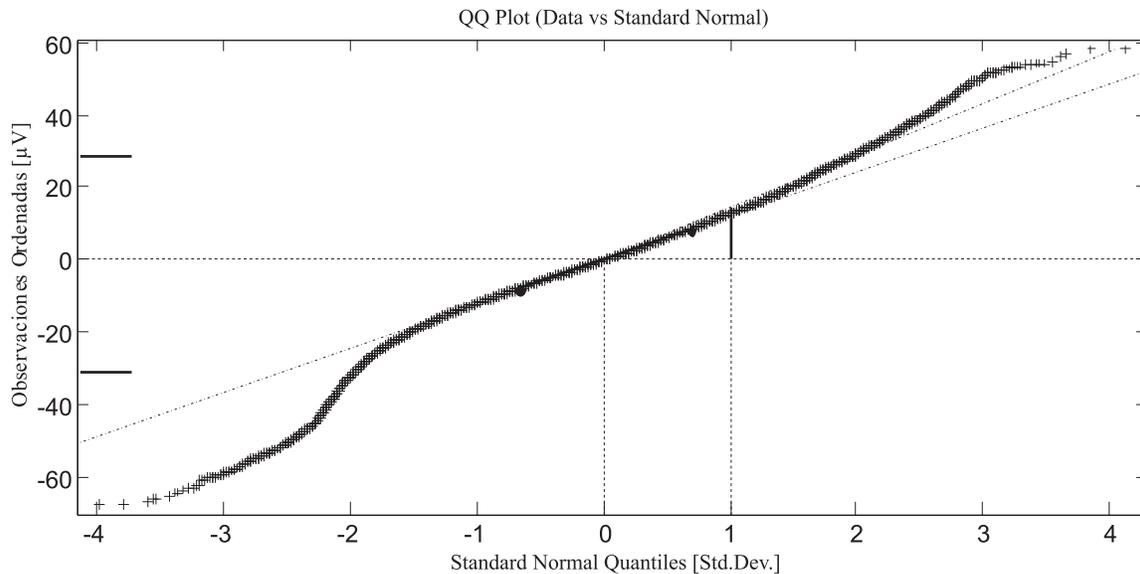


Figura 3: Gráfico QQ del canal O1 de un paciente de control.

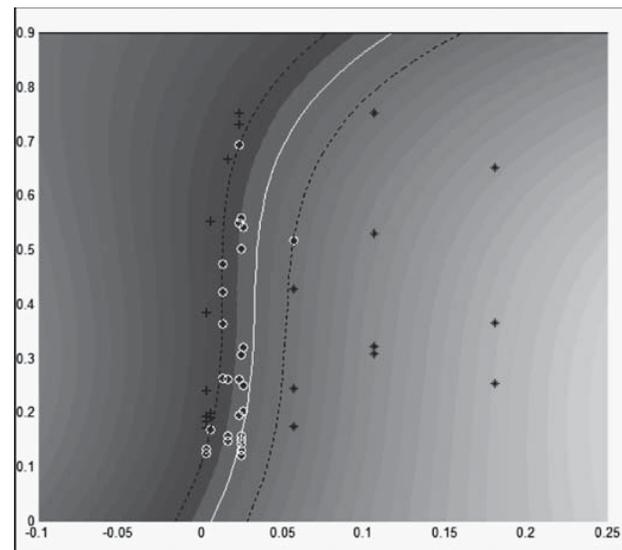
bicoherencia (rasgo indicativo de no linealidad) y conformándose para cada segmento un vector de rasgos de dos componentes: máxima bicoherencia y potencia del canal, calculada como la varianza de la señal. Del total de 200 matrices de 2 columnas, con los rasgos indicados de este modo se construyó el conjunto de matrices, 80% de estas se separó aleatoriamente para construir el conjunto de entrenamiento y el 20% restante como conjunto de validación. En promedio, los vectores de pacientes epilépticos mostraron rasgos de mayor potencia, con menor índice de bicoherencia; esto último, lo asociamos a menor acoplamiento de fase cuadrática [6] en los EEG de estos pacientes, respecto a los de control (término de suma de frecuencias en el denominador de la ec. 9)

4. Se implementó un clasificador a máquinas de vectores de soporte SVC ([11], [12], [13]) y se entrenó y validó, con las matrices indicadas anteriormente. En la aplicación desarrollada en este artículo el mejor comportamiento como función “kernel” lo exhibió la función del tipo de base radial luego de diferentes ensayos con otras funciones “kernel” y variación de sus respectivos parámetros. Los mejores parámetros de sintonía de la SVC diseñada fueron: $\sigma = 0.1$, $\varepsilon = 0.001$, $C = 100$, lográndose un acierto en el proceso de validación mayor al 92 %. En la figura 4 se muestra el gráfico de salida del SVC [14].

Conclusiones

Se verificó el comportamiento altamente no lineal y no gaussiano de series de tiempo derivadas de registros electroencefalográficos y en consecuencia la acertada selección del uso, como rasgos, de parámetros

estadísticos de orden superior, característicos de esos procesos no gaussianos, no lineales, con el objeto de detectar patrones neurofisiológicos. La SVC implementada demostró, con base a los resultados de pronóstico obtenidos en el conjunto de validación, un desempeño satisfactorio como “clasificador”, lo cual señala un futuro promisorio a la aplicación de las SVC en el área de la modelación de procesos bioquímicos y electrofisiológicos. Los resultados presentados en este artículo avalan el desarrollo de nuevas herramientas computacionales de gran exactitud en el diagnóstico de la temible neuropatología epilepsia, basadas en extracción de otros rasgos de la dinámica no lineal, así como de otras neuropatologías.

Figura 4: SVC, clase +: Pac. Epiléptico, clase *: Pac. control.



Referencias

- [1] Sörnmo L. & P. Laguna, "Bioelectrical Signals processing in Cardiac and Neurological Applications". Elsevier Academic Press, Amsterdam, 2005.
- [2] Teplan M., "Fundamentals of EEG Measurement". Measurement Science Review, Volume 2, Section 2, Bratislava, Slovakia, 2002.
- [3] Guillén P., "Procesamiento Digital de EEG". Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela, Noviembre 2005.
- [4] Morales J., J. Teijeiro, E. Guerra, G. López & R. Masías. "Detección de No-Gaussianidad en Señales Eléctricas de Estructuras Cerebrales Profundas". Bioingeniería y Física Medica Cubana 3 (2) 2002, pp 18-24, La Habana, Cuba, 2002.
- [5] Luengo D., "Estimación Óptima de Secuencias Caóticas con Aplicación en Comunicaciones". Tesis Doctoral, Universidad de Cantabria, Cantabria, septiembre, 2006.
- [6] Swami A., J. Mendel & C. Nikias, "Higher-Order Spectral Analysis Toolbox: User's Guide". Version 6.0, The MathWorks Inc., Natick, USA, 2007.
- [7] Venkatakrisnana P., S.Sangeethab & R.Sukaneshc, "Detection of Quadratic Phase Coupling from Human EEG Signals using Higher Order Statistics and Spectra". Department of Information Technology, Thiagarajar College of Engineering, Madurai, Tamil Nadu, India, <http://www.cscjournals.org/csc/manuscript/Journals/SPIJ/volume3/Issue4/SPIJ-29.pdf>, Diciembre 2009.
- [8] Delourne A. & S. Makeig, "EEGLab". the Swartz Center for Computational Neuroscience, Institute for Neural Computation, University of California San Diego, version 7, San Diego, California, U.S.A., April 2008.
- [9] Delorme A. & S. Makeig, "EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis". Journal of Neuroscience Methods 134 (2004) 9–21, consultado a través de www.elsevier.com/locate/jneumeth, Enero 2008.
- [10] The MathWorks Team, "Statistics Toolbox 6 User's Guide". Version 6.0, The MathWorks Inc., Natick, USA, 2007.
- [11] Florentino B., "Modelling an Epileptic Brain Pattern Classification". MSc Thesis, University of Reading, United Kingdom, 2008.
- [12] Seijas C., A. Caralli & S. Villazana, "Estimation of Action Potential of the Cellular Membrane using Support Vectors Machines". Proceedings of the 28th IEEE EMBS Annual International Conference, p 4200-4204, New York City, USA, Aug 30-Sept 3, 2006.
- [13] Seijas C., A. Caralli & S. Villazana, "Estimation of Brain Activity using Support Vector Machines". Proceedings of the 3rd IEEE EMBS International Conference on Neural Engineering, p 604-607, Kona, Kohala Coast, Big Island, Hawaii, USA, May 2-5, 2007.
- [14] Villazana S. & G. Montilla, "Un Toolbox para Procesamiento de Señales usando Máquinas de Vectores de Soporte". Centro de Procesamiento de Imágenes, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela, 2008.



*Facultad de Ciencias
y Tecnología*



Relación entre el parámetro de solubilidad y la densidad de energía libre no enlazante de solventes usando el método Continuum Polarizable Conductor Model (C-PCM)

Aray, Y.¹; Rodríguez, J.¹; Parra*, J.²

¹Centro de Química, IVIC. Laboratorio de Química Computacional. Edo. Miranda –Venezuela

²Universidad de Carabobo, Facultad experimental de Ciencias y Tecnología, Dpto. De Química, Laboratorio de Química Computacional.

Resumen

Se calcularon las energías libres no enlazantes para ciertos líquidos orgánicos en su propio medio dieléctrico, usando el método conductor continuo polarizable C-PCM a un nivel RHF/6-31G (2p, 2d) para predecir el parámetro de solubilidad de líquidos puros. Adicionalmente, se calculó la densidad de energía libre no enlazante usando los valores de energía dispersiva, repulsiva y electrostática. Con los resultados obtenidos se estableció una relación lineal entre la densidad de energía cohesiva de los líquidos y la densidad de energía libre no enlazante. La relación obtenida usando la base 6-31G (2p, 2d) fue lineal y el Coeficiente de Pearson obtenido fue igual a $R^2 = 0.9956$.

Palabras claves: Constante dieléctrica, energía cohesiva, energía libre no enlazante, parámetro de solubilidad.

Relationship between solubility parameter and non-bond free energy density of solvents using the Continuum Polarizable Conductor Model (C-PCM) method

Abstract

There were calculated non-bonding free energies for some fluids in their dielectric medium. The Conductor-like Polarizable Continuum Model (C-PCM) at a level RHF/6-31G (2p, 2d) was used. Additionally, the values of non-bonding free-energy densities using dispersive energy, electrostatic energy and repulsion energy were calculated. Results allowed establish a linear relationship between cohesive energy density of liquids and non-bonding free-energy densities. A linear function was obtained using the base 6-31G (2p, 2d). Obtained Pearson's coefficient was $R^2 = 0.9956$.

Key Words: Dielectric constant, cohesive energy, non-bonding free energy, solubility parameter.

Introducción

Uno de los problemas básicos en los procesos químicos es controlar los parámetros involucrados en la preparación de soluciones. Por lo general, estos ocurren en un medio solvente y, debido a esto, es importante entender como el solvente afecta el comportamiento del sistema. En algunos casos, hay ciertos tipos de sistemas donde el solvente no interactúa directamente con el soluto pero provee un medio ambiente que afecta fuertemente su comportamiento (Wypych, 2001).

La afinidad termodinámica entre los componentes de una solución es fundamental para la estimación cuantitativa de la solubilidad mutua. Teóricamente, PCM (Miertus, Scrocco & Tomasi, 1981) y C-PCM (Barone & Tomasi, 1997), son dos métodos de solvatación muy satisfactorios utilizados para estudiar fenómenos en disolución. En su aproximación, el soluto interactúa con el solvente representado por un modelo dieléctrico continuo (Tomasi & Persico, 1994). En efecto, la molécula de soluto es colocada en una cavidad rodeada por un continuo dieléctrico de permitividad ϵ (Barone & Cossi, 1998). Por tal motivo, aplicando modelos de solvatación continua se pretende explicar el comportamiento de la solubilidad entre diferentes moléculas de solventes.

Fundamentos termodinámicos

La energía libre de solvatación ΔG_{solv} , es el cambio de energía libre para transferir una molécula del vacío hacia el solvente. La energía libre de solvatación puede ser definida a partir de los siguientes componentes:

$$\Delta G_{solv} = \Delta G_{cav} + \Delta G_{elec} + \Delta G_{disp} + \Delta G_{rep} \quad (1)$$

Donde ΔG_{elec} , es el componente electrostático (Leach, 2001). Esta contribución electrostática es particularmente importante para solutos polares y solutos cargados debido a la polarización del solvente, los cuales son modelados como un medio uniforme de constante dieléctrica. ΔG_{disp} y ΔG_{rep} , son las energías libre de dispersión y repulsión entre el soluto y el solvente. ΔG_{cav} , es la energía libre requerida para formar la cavidad del soluto en el solvente. En PCM, la superficie de la cavidad es dividida en un gran número de elementos pequeños de superficie, donde cada uno de ellos tiene asociado una carga puntual. El potencial electrostático total en cada elemento de superficie es la suma del potencial debido al soluto y el potencial debido a las cargas superficiales:

$$\phi(\mathbf{r}) = \phi_p(\mathbf{r}) + \phi_\sigma(\mathbf{r}) \quad (2)$$

Donde $\phi_p(\mathbf{r})$ es el potencial debido al soluto y $\phi_\sigma(\mathbf{r})$ el potencial debido a las cargas superficiales. El método Conductor-like Screening Model (Klamt, 1995)



es una variante del método PCM. La ventaja de este método se debe a que el efecto de apantallamiento en un dieléctrico muy fuerte, es mucho más fácil de manejar. El modelo conductor polarizable continuo (C-PCM), es una implementación de COSMO en PCM. En este caso, las cargas son relacionadas por la siguiente expresión:

$$q^0 = -\frac{\epsilon-1}{\epsilon} (3)$$

Parámetro de solubilidad y Densidad de Energía Cohesiva (DEC)

En 1936, Hildebrand propone un parámetro para describir las soluciones regulares conocido como parámetro de solubilidad definido por la siguiente relación:

$$\delta = \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{vap}} U}{V}\right)} (4)$$

Donde Δ_{vap} es la energía interna de vaporización y V el volumen de la especie en fase líquida. Este parámetro es una medida de las interacciones moleculares de las moléculas en fase líquida. Por lo general, el término

$\frac{\Delta_{\text{vap}} U}{V}$ conocido como Densidad de Energía Cohesiva (DEC), es estimado a partir de la entalpía de vaporización del líquido puro usando la siguiente expresión:

$$\frac{\Delta_{\text{vap}} U}{V} = \frac{\Delta H_{\text{vap}} - RT}{V} (5)$$

Donde ΔH_{vap} es la entalpía de vaporización asociada al líquido puro. En algunos casos, la DEC ha sido determinada usando la energía no enlazante de las moléculas contenidas en una celda periódica y la energía no enlazante de la molécula en el vacío, obteniéndose una relación entre DEC y los valores de energía como se muestra a continuación:

$$\delta^2 = \frac{\Delta_{\text{vap}} U}{V} = -\frac{(E_{\text{celda}} - nE_i)}{V_{\text{celda}}} (6)$$

Donde E_{celda} es la energía no enlazante de las moléculas en la celda, E_i la energía de la molécula en el vacío, n es el número de moléculas en la celda y V el volumen de la celda (Belmares et al., 2004). Este tipo de modelos es muy utilizado en simulaciones con dinámica molecular donde el término $(E_{\text{celda}} - nE_i)$ da una medida de la ganancia de energía que presenta una molécula de pasar de un medio a otro. Usando termodinámica básica, se puede establecer una relación entre el cambio de energía libre no enlazante y la DEC. Con la teoría de Ben-Naim (Ben-Naim, 1985), se puede representar la

energía libre de solvatación de un soluto con el siguiente proceso $M_{(g)} \rightarrow M_{(solv)}$ con la siguiente expresión:

$$\Delta G_{\text{solv}} = G_{(solv)} - G_{(g)} (7)$$

Donde la energía de solvatación incluye los términos de energía libre electrostático, dispersivo y de construcción de la cavidad.

Supongamos que se desea evaporar una molécula de soluto (a temperatura de 298.15 K y 1 atm es un líquido) que se encuentra en su propio medio dieléctrico, se debe aplicar una cantidad necesaria de energía libre para romper las interacciones intramoleculares de esta molécula con su propio medio. En el caso de la vaporización de una molécula, la energía libre debería estar asociada a las interacciones no enlazantes entre la molécula y el medio dieléctrico, la cual definiremos como energía libre no enlazante. Por analogía con la ecuación 6, podemos decir que la energía libre cohesiva puede estar definida como:

$$\Delta G_{\text{cohesiva}} = -(\Delta G_{\text{non-bond}} - \Delta G_i) (8)$$

Donde ΔG_i corresponde a la energía libre no enlazante de la molécula en el vacío. A su vez, utilizando la ecuación 9:

$$\Delta G = \Delta U_{\text{cohesiva}} + P\Delta V - T\Delta S (9)$$

Se puede obtener una relación entre la energía interna de vaporización y la energía libre no enlazante:

$$\Delta U_{\text{cohesiva}} = -(\Delta G_{\text{non-bond}} - \Delta G_i) - P\Delta V + T\Delta S (10)$$

Arreglando la expresión tenemos la siguiente ecuación general:

$$\frac{\Delta U_{\text{cohesiva}}}{V} = -\frac{\Delta G_{\text{non-bond}}}{V} + \frac{\Delta G_i}{V} - \frac{RT}{V} + \frac{T\Delta S}{V} (11)$$

Donde se pueden despreciar los dos últimos términos de la expresión si se utiliza la teoría de soluciones regulares.

Metodología

Los cálculos C-PCM (SCRF) fueron realizados a un nivel RHF utilizando el conjunto base 6-31G (2p, 2d). Las diferentes moléculas utilizadas fueron optimizadas en el vacío y en su propia constante dieléctrica para medir los efectos de solvatación. A su vez, para la optimización de las moléculas en su medio dieléctrico se tomaron en cuenta los efectos energéticos debidos a la construcción de la cavidad. Para la construcción de las cavidades se utilizó el método GEPOL-GB propuesto por Pascual - Ahuir y Tomasi (Pascual-Ahuir, Tomasi, & Bonaccorsi, 1986). Todos los cálculos fueron realizados en el programa GAMESS-09(R3) (Schmidt y otros, 1993) usando la interfaz del programa GABEDIT (Allouche, 2007) y la implementación de PCM en GAMESS-



09(R3) desarrollada por Hui Li y Jan Jensen (Li y Jensen, 2004). Para cada una de las moléculas estudiadas, se utilizaron como parámetros de entrada su respectiva constante dieléctrica (Lide, 2000), volumen molecular y tensión superficial (Yaws, 1999). Para calcular la energía de repulsión y de dispersión se utilizó el método de Amovilli – Menucci (Amovilli & Menucci, 1997). El potencial de ionización de las moléculas fue calculado realizando un procedimiento SCF/UHF con un conjunto base 6-31G (2p, 2d). Cada molécula fue optimizada en el vacío usando un cálculo SCF-RHF con una base 6-31G (2p, 2d).

Resultados y Discusión

Usando los valores de energía repulsiva, dispersiva y electrostática se estimaron las energías no enlazante de los líquidos a una temperatura de 298.15 K, los cuales se muestran en la Tabla 1.

En este caso, los valores de energía calculados corresponden a moléculas de hidrocarburos lineales, algunas moléculas cíclicas, aromáticas y ciertos alcoholes lineales. Donde la contribución electrostática disminuye en función de la presencia de grupos funcionales polares que están presentes en la estructuras de las moléculas. Para los hidrocarburos la contribución electrostática es muy baja comparada con el resto de las moléculas, sin embargo, la contribución dispersiva aumenta a medida que aumenta el número de grupos metilenos en la estructura de la molécula.

Adicionalmente, se estimaron las densidades de energía libre no enlazante usando el volumen molecular de las especies en fase líquida a una temperatura de 298.15 K, estos resultados se muestran en la Tabla 2.

Con los valores de densidad de energía no enlazante estimados y la densidad de energía cohesiva

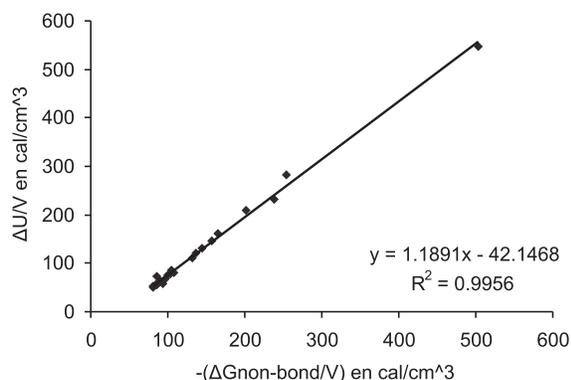
Tabla 1: Valores de energía libre dispersiva, repulsiva, electrostática y no enlazante calculadas usando el método C-PCM a un nivel RHF/6-31G (2p, 2d).

	ϵ	ΔG_{elec} Kcal/mol	ΔG_{disp} Kcal/mol	ΔG_{rep} Kcal/mol	ΔG_{vdw} Kcal/mol	$\Delta G_{non-bond}$ Kcal/mol
n-pentano	1.8371	-0.14	-12.05	2.95	-9.10	-9.24
n-hexano	1.8865	-0.14	-13.99	3.55	-10.44	-10.58
n-heptano	1.9200	-0.15	-16.59	4.12	-12.47	-12.62
octano	1.9406	-0.19	-18.47	4.71	-13.76	-13.95
decano	1.9800	-0.24	-22.95	5.94	-17.01	-17.25
ciclohexano	2.0230	-0.11	-13.83	3.38	-10.45	-10.56
metil-ciclohexano	2.0240	-0.11	-15.50	4.09	-11.41	-11.52
benceno	2.2840	-1.18	-11.93	2.58	-9.35	-10.53
isobutil benceno	2.3071	-1.22	-16.65	4.25	-12.40	-13.62
propil benceno	2.3611	-1.25	-16.91	4.27	-12.64	-13.89
tolueno	2.3790	-1.27	-13.32	3.12	-10.20	-11.47
etilbenceno	2.4463	-1.28	-15.02	3.72	-11.30	-12.58
dietil-eter	4.2400	-1.70	-10.05	1.96	-8.09	-9.79
1-hexanol	12.4881	-3.96	-16.62	4.17	-12.45	-16.41
1-pentanol	14.9500	-4.07	-14.17	3.42	-10.75	-14.82
1,3 - propanodiol	15.2400	-7.83	-12.47	3.02	-9.45	-17.28
1-butanol	17.3323	-4.04	-12.29	3.01	-9.28	-13.32
1-propanol	20.5187	-4.06	-10.13	2.46	-7.67	-11.73
acetona	20.7000	-5.87	-7.86	2.01	-5.85	-11.72
etanol	24.5500	-4.10	-7.47	1.89	-5.58	-9.68
metanol	32.6310	-4.27	-5.17	1.26	-3.91	-8.18
glicerol	45.6370	-9.06	-12.91	3.30	-9.61	-18.67
agua	78.3900	-6.07	-3.73	0.70	-3.03	-9.10

**Tabla 2:** Valores de densidad de energía libre electrostática, dispersiva, repulsiva y no enlazante calculadas usando el método C-PCM a un nivel RHF/6-31G (2p, 2d) en GAMESS.

	ϵ	$\Delta G_{elec}/V$ cal/cm ³	$\Delta G_{disp}/V$ cal/cm ³	$\Delta G_{rep}/V$ cal/cm ³	$\Delta G_{non-bond}/V$ cal/cm ³	$(\Delta U/V)_{exp}$ cal/cm ³
pentano	1.8371	-1.2151	-104.5853	25.6039	-80.1965	49.8267
hexano	1.8865	-1.0732	-107.2445	27.2136	-81.1041	53.6878
heptano	1.9200	-1.0235	-113.1960	28.1114	-86.1081	55.2754
octano	1.9406	-1.1620	-112.9629	28.8065	-85.3185	58.3696
decano	1.9800	-1.2286	-117.4845	30.4077	-88.3053	61.9190
ciclohexano	2.0230	-1.0105	-127.0427	31.0488	-97.0044	68.5099
metil-ciclohexano	2.0240	-0.8584	-120.9520	31.9157	-89.8946	63.2025
benceno	2.2840	-10.4335	-122.4303	30.3223	-117.6734	85.4525
isobutilbenceno	2.3071	-7.7176	-105.3258	26.8850	-86.1584	72.2914
propilbenceno	2.3611	-8.9392	-120.9300	30.5364	-99.3328	75.7826
tolueno	2.3790	-11.9187	-125.0059	29.2807	-107.6439	80.4222
etilbenceno	2.4463	-10.4335	-122.4303	30.3223	-102.5415	77.7960
dietileter	4.2400	-16.2420	-96.0188	18.7261	-93.5347	57.6557
hexanol	12.4881	-31.6259	-132.7328	33.3030	-131.0556	110.3827
pentanol	14.9500	-37.4998	-130.5582	31.5109	-136.5471	121.8097
1,3-propanodiol	15.2400	-108.2030	-172.3233	41.7335	-238.7928	232.1996
butanol	17.3323	-43.9403	-133.6698	32.7377	-144.8724	129.9600
propanol	20.5187	-54.1774	-135.1766	32.8267	-156.5273	147.3589
acetona	20.7000	-79.3994	-106.3168	27.1879	-158.5283	96.0668
etanol	24.5500	-70.0675	-127.6596	32.2994	-165.4277	161.2900
metanol	32.6310	-104.9088	-127.0208	30.9567	-200.9729	208.3376
glicerol	45.6370	-123.6202	-176.1519	45.0272	-254.7449	281.3222
agua	78.3900	-335.9159	-206.4195	38.7382	-503.5971	547.5600

experimental se estableció una correlación lineal entre estos valores, lo cual se muestra en la Figura 1.

Figura 1: Densidad de energía cohesiva de líquidos en función de la densidad de energía libre no enlazante calculada usando RHF/6-31G (2p, 2d) en C-PCM.

La Correlación de Pearson obtenida fue de $R^2 = 0.9956$ y con la ecuación obtenida en el gráfico se puede estimar el parámetro de solubilidad de los líquidos involucrados en el estudio. Adicionalmente, en la Tabla 3 se puede observar que la densidad de energía libre no enlazante aumenta a medida que incrementa la magnitud de la constante dieléctrica de los líquidos.

Para el caso de los hidrocarburos, la densidad de energía libre electrostática es menor en comparación con las obtenidas para los alcoholes y para líquidos de mayor polaridad. A su vez, se encuentra que el término correspondiente a la densidad de energía libre repulsiva es semejante en magnitud para los diferentes tipos de líquidos. Cabe destacar que el valor de densidad de energía libre de la acetona presenta la mayor desviación de los líquidos y no fue utilizada para establecer la correlación entre la densidad de energía libre y la



Tabla 3: Parámetro de solubilidad experimental y parámetro de solubilidad estimado para los diferentes líquidos.

	δ exp. (cal/cm ³) ^{1/2}	δ estimado (cal/cm ³) ^{1/2}	error (cal/cm ³) ^{1/2}
n-pentano	7.06	7.29	0.24
n-hexano	7.33	7.37	0.04
n-heptano	7.43	7.76	0.33
n-octano	7.64	7.70	0.06
decano	7.87	7.93	0.06
ciclohexano	8.28	8.56	0.28
metil-ciclohexano	7.95	8.05	0.10
benceno	9.24	9.11	0.13
Isobutilbenceno	8.50	7.77	0.74
propilbenceno	8.71	8.72	0.01
tolueno	8.97	9.27	0.30
etilbenceno	8.82	8.93	0.11
dietileter	7.59	8.31	0.72
1-hexanol	10.51	10.66	0.16
1-pentanol	11.04	10.96	0.07
1,3-propanodiol	15.24	15.55	0.31
1-butanol	11.40	11.41	0.01
1-propanol	12.14	12.00	0.14
acetona	9.80	12.10	2.30
etanol	12.70	12.43	0.27
metanol	14.43	14.03	0.40
glicerol	16.77	16.15	0.62
agua	23.40	23.59	0.19

densidad de energía cohesiva. La relación obtenida entre

la densidad de energía cohesiva experimental $\left(\frac{\Delta U}{V}\right)_{\text{exp}}$

y la densidad de energía libre no enlazante $\left(\frac{\Delta G_{\text{non-bond}}}{V}\right)$ es la siguiente:

$$\left(\frac{\Delta U}{V}\right)_{\text{exp}} = 1.1891 \left(\frac{\Delta G_{\text{non-bond}}}{V}\right) - 42.1468 \quad (12)$$

Con la ecuación 12, podemos estimar la densidad de energía cohesiva de algunos líquidos incluidos en el rango de la constante dieléctrica utilizada con la finalidad de determinar el parámetro de solubilidad. El modelo para calcular esta propiedad corresponde a la ecuación 13:

$$\delta_{\text{estimado}} = \sqrt{1.1891 \left(\frac{\Delta G_{\text{non-bond}}}{V}\right) - 42.1468} \quad (13)$$

En la Tabla 3, se muestran los valores de parámetro de solubilidad experimental y los estimados usando la ecuación 13. La acetona, presenta el mayor error absoluto en la determinación del parámetro de solubilidad. Su valor experimental corresponde a 9.80 (cal/cm³)^{1/2} y el valor calculado usando la estimación fue de 12.10 (cal/cm³)^{1/2}, donde esta desviación puede ser debida a la presencia de un doble enlace en su estructura correspondiente al grupo carbonilo, a la magnitud de su constante dieléctrica presentando una alta densidad de energía libre electrostática que contribuye considerablemente en la estimación de la densidad de energía libre no enlazante.

**Agradecimientos**

Proyecto Fonacit Rif: 2005000424.

Referencias

1. Allouche, A. (2007). Obtenido de <http://gabedit.sourceforge.net>
2. Amovilli, C., & Menucci, B. (1997). Self-Consistent-Field calculation of pauli repulsion and dispersion contributions to the Solvation Free Energy in the polarizable continuum model. *Journal of physical chemistry B* , 1051-1057.
3. Barone, V., & Cossi, M. (1998). Quantum calculation of molecular energies and energy gradients in solution by a conductor solvent model. *journal physical chemistry A* , 1995-2001.
4. Barone, V., & Tomasi, J. (1997). A new definition of cavities for the computation of solvation free energies by the polarizable continuum model. *Journal chemical physical* , 3210-3221.
5. Belmares, M., Blanco, M., Goddard III, W. A., Ross, R., & Caldwell, G. (2004). Hildebrand and Hansen Solubility Parameters from Molecular Dynamics with Applications to Electronic Nose Polymer Sensors. *Journal computational chemistry* , 1814-1826.
6. Ben-Naim, A. (1985). Solvation thermodynamics of completely dissociable solutes. *Journal of physical chemistry* , 3791-3798.
7. Hildebrand, J. (1936). *The solubility of non-electrolytes*. New York: Reinhold.
8. Klamt, A. (1995). Conductor-like Screening Model for Real Solvents: A new approach to the quantitative calculation of solvation phenomena. *Journal of physical chemistry* , 2224-2235.
9. Leach, A. (2001). *Modeling Molecular: Theory and applications*. New York: Edit. Pearson Hall.
10. Li, H., & Jensen, J. (2004). Improving the efficiency and convergence of geometry optimization with the polarizable continuum model: New energy gradients and molecular surface tessellation. *journal of computational chemistry* , 1449-1462.
11. Lide, D. (2000). *Handbook of chemistry and physics*. Boca ratón, Florida: CRC press LLC.
12. Miertus, S., Scrocco, E., & Tomasi, J. (1981). Electrostatic Interaction of a Solute with a Continuum. A Direct Utilization of ab initio Molecular Potentials for the Prevision of Solvent Effects. *Chemical Physical* , 117-129.
13. Pascual-Ahuir, J. L., Tomasi, J., & Bonaccorsi, R. (1986). Electrostatic interaction of a solute with a continuum. Improved description of the cavity and of the surface cavity bound charge distribution. *Journal of computation chemistry* , 778-787.
14. Schmidt, M., Baldrige, K., Boatz, J., Elbert, J., Gordon, M., Jensen, J., y otros. (1993). General atomic and molecular electronic structure system. *Journal of computacional chemistry* , 1347 - 1363.
15. Tomasi, J., & Persico, M. (1994). Molecular Interactions in solution: An overview of methods based on continuous distributions of the solvent. *Chemical Review* , 2027-2094.
16. Wypych, G. (2001). *Handbook of solvents*. Toronto: ChemTec publishing.
17. Yaws, C. (1999). *Handbook of thermodynamic and properties of chemical compounds*. New York: McGraw-Hill.



Aplicabilidad de la técnica de espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano para determinar dodecilbenzeno sulfonato de sodio en limpiadores

Mónica López¹, Ygmar Jiménez

Dpto. de Química, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad de Carabobo

¹monicalopez1987@hotmail.com

Resumen

Con la finalidad de estudiar la posibilidad de aplicar la técnica de espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) en la determinación de dodecilbenzeno sulfonato de sodio en limpiadores líquidos, se estudiaron los espectros de las materias primas en los limpiadores considerados y se observó la presencia de interferencias espectrales. Por esta razón, para la calibración se aplicó una regresión de mínimos cuadrados parciales, luego, se construyó una curva de calibración acuosa en el intervalo de 0,17-3,02% de LAS obteniéndose un coeficiente de correlación de 0,9991, un error estándar de calibración de 0,0269 y un número de factores de 6. Al comparar los resultados obtenidos mediante la curva acuosa con los obtenidos con las curvas ajustadas con muestras de detergente de concentración conocida, se verificó (con un 99% de confianza) la presencia del efecto matriz. La precisión se estudió, empleando estándares de los limpiadores a concentraciones de 70, 100 y 130% del valor esperado. Se confirmó que el método cuenta con una precisión aceptable. Se obtuvo que la incertidumbre expandida (0,0538) es menor que la incertidumbre requerida (0,1708) lo que indica que se puede aplicar el método NIRS para determinar LAS en limpiadores líquidos.

Palabras clave: Espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano, dodecilbenzeno sulfonato de sodio, limpiadores líquidos.

Applicability of the near infrared reflectance spectroscopy to determine sodium dodecyl benzene sulphonate in cleaners Abstract

In order to study the possibility of applying near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to determine the sodium dodecylbenzene sulfonate in liquid cleaners, there was studied the spectra of the raw materials composing the cleaners to be analyzed. There were revealed the presence of spectral interferences and for this reason, a partial least squares regression for calibration was applied. Then aqueous curve was constructed in the range of 0,17-3,02% of LAS. A correlation coefficient of 0,9991, standard error of calibration of 0,0269, and factor number of 6, were obtained. There was confirmed the presence of matrix effect, with 99% confidence, comparing the results from the aqueous curve with the fitted curves obtained with samples of known concentration of detergent. The accuracy was studied using standard cleaners at concentrations of 70, 100 and 130% of expected value. It was confirmed that the method had an acceptable accuracy. It was also found that the expanded uncertainty (0,0538) is less than the required uncertainty (0,1708) indicating that the NIRS method for determining LAS in liquid cleaners can be applied.

Key Words: Reflectance spectroscopy in the near infrared, sodium dodecylbenzene sulfonate, liquid cleaners.

Introducción

La espectroscopia en el infrarrojo cercano se ha convertido en una técnica importante para determinaciones rutinarias, debido a que es uno de los métodos más rápidos para el análisis químico de muestras, siendo el rango de aplicación la industria petroquímica, farmacéutica y de alimentos. En la espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) se trabaja en una región del espectro en la cual las muestras tienen una baja absorción, ésta permite que la radiación infrarroja penetre muestras sin preparación, modificación o dilución. El NIRS se caracteriza por ser un método no destructivo, no contaminante, rápido y permite la determinación simultánea de varios compuestos.

Fuller, Ritter y Draper [1,2]. Implementaron un enfoque estadístico para el análisis cuantitativo del PLS (mínimos cuadrados parciales). Lo aplicaron a un conjunto de espectros de infrarrojo obtenidos a partir de una serie de muestras de detergente comercial. Los elementos analizados incluyeron el detergente de base, benzoato de sodio, 2-propanol, 1,2-propanodiol, glicol de

polipropileno, y glicerol. Las muestras se analizaron con el uso de la reflectancia horizontal total atenuada (ATR) accesorio equipado con un cristal de seleniuro de zinc. El modelo PLS creado en la calibración dio excelentes resultados para un conjunto de muestras de validación.

López [3] Realizó las curvas de calibración de cada una de las bases de la crema dental comercial fabricada por la empresa Colgate-Palmolive C.A. en el equipo XDS del infrarrojo para la determinación de SLS y Triclosan. Para la construcción de las curvas de calibración empleó estándares líquidos e hizo un ajuste empleando estándares en crema y muestras de producción. Para la validación preparó estándares a diferentes concentraciones los cuales analizó durante cinco días por NIRS y por los métodos de referencia tales como la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) y titulaciones potenciométricas, respectivamente, e introdujo el resultado en el software MV-auto obteniendo la validación del método. Ese trabajo sirvió como referencia al plantear el orden de procedimientos experimentales.



La implementación de la técnica de espectroscopía de la reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) para la determinación del dodecibenceno sulfonato de sodio en limpiadores líquidos es de gran interés para la industria puesto que facilitará el control de calidad de estos productos debido a su rapidez y con la ventaja adicional de ser no contaminante porque no requiere el empleo de reactivos adicionales.

Metodología

Interferencias espectrales (selectividad): Se tomó un espectro a cada una de las materias primas, estos se superpusieron al espectro del analito para facilitar la comparación de los picos de absorción y la determinación de alguna interferencia espectral. Los espectros fueron obtenidos desde 1100 nm hasta 2500 nm siendo la región de mayor interés aquella de 1650 nm a 1800 nm, que es donde se presentan los principales picos de absorción del dodecibenceno sulfonato de sodio [4].

Respuesta instrumental: Se realizó una calibración con el método de los estándares externos. Para ello, se prepararon (por triplicado) ocho estándares acuosos de diferentes concentraciones (0,17; 0,67; 1,18; 1,68; 1,85; 2,18; 2,52; 3,02 %) a los cuales sólo se les agregó hidróxido de sodio y ácido sulfónico que constituyen el ingrediente activo del limpiador. Estos estándares fueron analizados mediante NIRS y mediante el método de referencia (titulación manual) durante cinco días, con replicas de cinco lecturas, para así, construir la curva de calibración [5,6].

Limite de cuantificación del método: Se prepararon tres estándares acuosos al 10% del valor esperado (0,17%) del analito. Se determinó la concentración del analito mediante la titulación potenciométrica y el método NIRS, las mediciones se realizaron por triplicado y 10 veces por día, durante cinco días, respectivamente [7].

Linealidad e intervalo de Trabajo: La linealidad se estudió en función de la respuesta instrumental a partir del límite de cuantificación, confirmando con la prueba de linealidad si la función de respuesta es lineal en todo el intervalo [5].

Exactitud: Se prepararon por triplicado estándares de diez limpiadores líquidos, producidos por la empresa Colgate Palmolive, a tres niveles de concentración (70, 100 y 130% del valor esperado) del analito, sólo se manipuló el porcentaje del agua suavizada requerida en fórmula, (ésto se empleó para todos los estándares preparados para la metodología). Las muestras se midieron tanto por el método NIRS como por el método de referencia (titulación manual) validado por la empresa Colgate Palmolive y registrado bajo el código SPI LAB 8048, y se compararon las medias experimentales de ambos métodos a través de una prueba de significancia a un nivel de confianza de 99% [4].

Precisión: Se utilizaron los mismos estándares que se prepararon para determinar la exactitud pero en este caso se evaluó la repetibilidad y la precisión intermedia [4].

Efecto Matriz: Se determinó a partir de una comparación de curvas. Para ello, primero se ajustó la curva de calibración acuosa con estándares de los diez limpiadores líquidos estudiados. Fue necesario construir tres curvas ajustadas debido a la variación del porcentaje de ingrediente activo y otros componentes en los limpiadores líquidos. La primera curva fue ajustada con estándares de los siguientes limpiadores líquidos Flores Provenza (FP), Flores del Campo (FC), Flores del Sol (FS), Cítricos y Frutas (CF), Toronja Mandarina (TM), Naranja Limón (NL), Bebe (BB), la segunda curva fue ajustada con Fresco Aroma (FA) y Fresco Limón (FL) y la curva número 3 fue ajustada con Lavanda Cítrica (LC).

Luego, se prepararon estándares de los diez limpiadores líquidos por triplicado a tres niveles de concentración (70, 100 y 130% del valor esperado) de analito, estos se analizaron a través de las dos curvas durante cinco días por quintuplicado, los resultados obtenidos por ambas curvas se compararon a través de una prueba de significancia al 99% de confianza [4,5].

Equipos

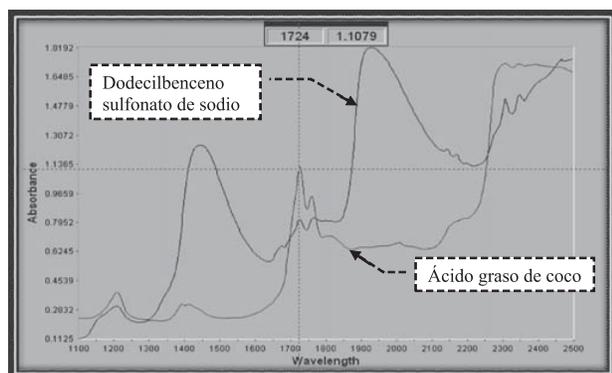
Para la obtención de los espectros en el NIRS se empleó un espectrofotómetro NIRSystems 5000, el cual es controlado por el software Vision Foss NIRSystem versión 2.50. El mismo posee un módulo para colocar la copa de cuarzo RCA (Rapid Content Analyzer), un controlador de temperatura y la fuente de energía que es una lámpara de filamento de tungsteno-halógeno. Para realizar la titulación potenciométrica se empleó un titrino modelo Basic Titrino 794, marca Metrohm, los electrodos que se utilizaron fueron un electrodo de referencia Ag+/AgCl y un electrodo selectivo iónico surfactante.

Resultados y Discusión

Interferencias espectrales: En la Figura 1 se puede ver claramente que el ácido graso de coco presenta un pico de absorción a una longitud de onda de 1724 nm zona donde el analito absorbe, por lo que se puede afirmar que existe interferencia espectral. También se identificó la interferencia de otros componentes tales como: el alcohol etoxilado, glutaraldehído, magnafloc, y todas las fragancias empleadas las cuales se denominan citrusfruit, flirt, fancylemon, citruslavander, mandarinadreams, nicky, cilime, amarello, interview, babymatter.



Figura 1. Espectro del dodecilbenzeno sulfonato de sodio superpuesto con el espectro del ácido graso de coco.



Para poder realizar la determinación de LAS en presencia de las interferencias espectrales se aplicó una regresión de mínimos cuadrados parciales PLS (sus siglas en inglés, Partial Least Square) la cual permite cuantificar a partir de medidas no selectivas, es decir, en presencia de interferencias [8]. Al aplicar PLS con el software Vision Foss NIRSystem versión 2.50 la señal se descompone en la suma de las señales que contribuyen a ella, es decir, se separan en sus componentes; luego reduce la cantidad de variables iniciales a un número de factores que representan las longitudes de onda más significativas y que permiten identificar el analito, corrigiendo de esta forma la interferencia que causa la señal de los interferentes [9].

Respuesta instrumental: los métodos aplicados fueron la distancia de Mahalanobis debido a que es una forma de determinar la similitud entre dos variables aleatorias multidimensionales [10], mínimos cuadrados parciales debido a que es un método de regresión que permite el uso de muchas longitudes de ondas [9], la segunda derivada se empleó debido a que esta facilita la resolución de los picos solapados [11], y standard normal variate (SNV) se empleó para eliminar las interferencias multiplicativas producidas por la difracción. SNV opera sobre cada espectro de manera individual, centra el espectro y lo escala con su propia desviación estándar [12,13]. SNV es un método de corrección de la dispersión usado comúnmente para normalizar el espectro cuando el camino efectivo de la longitud varía entre las muestras en un conjunto de datos [9], se aplicaron todos estos métodos debido a la cantidad de interferencias que se presentan.

Al aplicar mínimos cuadrados parciales para desarrollar las ecuaciones de calibración se reducen los datos a una serie de variables fundamentales conocidos como factores, los cuales son una combinación lineal de las variables iniciales y son independientes entre sí [14], de allí que la ecuación de la curva de calibración obtenida no es la ecuación simple de una recta sino una ecuación más compleja que depende de varios factores

Se obtuvo la curva de calibración con un número de factores de 6, un coeficiente de correlación de 0,9991 y un error estándar de calibración de 0,0269.

Linealidad e Intervalo de Trabajo: Es bien conocido que curvas de respuestas no lineales pueden tener asociados coeficientes de regresión mayores a 0,9 [15] por lo que su sola determinación no es suficiente para verificar la linealidad. Debido a esto se aplicó un contraste estadístico mejor conocido como prueba de linealidad. Para la prueba de linealidad se obtuvo un valor de $t_{calculada}$ de 251,49; el cual es mayor que el valor de $t_{tabulada}$ de 2,58, concluyéndose que la curva tiene un comportamiento lineal en el intervalo de concentraciones estudiado.

Estudio del efecto matriz: al ajustar la curva acuosa se obtuvieron tres curvas ajustadas con un coeficiente de correlación de 0,9803, 0,9969 y 0,9997 para la primera, segunda y tercera curva ajustada respectivamente, a éstas se les aplicó la prueba de linealidad donde los valores de $t_{calculada}$ fueron 21,63; 8,07 y 40,82, respectivamente, comprobándose que las curvas ajustadas tienen un comportamiento lineal.

El efecto matriz se evaluó mediante una comparación gráfica, la cual consiste en construir una curva con el valor de las medias de los tres niveles de concentraciones trabajadas y obtenidas a través de la curva acuosa versus las medias de los tres niveles de concentraciones trabajadas y obtenidas a través de la curva ajustada para cada uno de los limpiadores líquidos. Se obtuvieron las siguientes pendientes para cada limpiador: BB 0,9972; FC 0,9992; TM 1,0008; FP 0,9991; CF 1,0009; NL 0,9989; FS 1,000; FA 0,9978; FL 0,98 Y LC 1,025; aplicando la prueba de significancia se obtuvo que para casi todos los casos $T_{calculada} > T_{tabulada}$ (a un 99 % de confianza), rechazándose así la hipótesis nula de que la pendiente es la unidad (1) y que los valores obtenidos por las curvas ajustadas y sin ajustar son iguales, es decir, en este caso existe efecto matriz.

Límite de Detección y Cuantificación: La determinación del LAS en este trabajo es para el control de calidad del mismo y verificar que cumpla con las especificaciones establecidas por la empresa (1,30 – 2,05% de LAS), además el LAS es un tensoactivo (lo cual hace que cambien sus propiedades y comportamiento al someterse a concentraciones extremadamente pequeñas), por lo tanto en este estudio no se determinó el límite de detección sino que se verificó la precisión a una concentración pequeña (10% del valor esperado) con la que se pudiera determinar alteraciones si el limpiador estuviera fuera de especificación

El coeficiente de variación obtenido en el estudio de la repetibilidad fue de 5,4; 5,3 y 5,5% para cada una de las tres curvas ajustadas, asimismo el porcentaje del coeficiente de variación para el estudio de la precisión intermedia es de 5,4; 5,2 y 5,4 los cuales se encuentran



por debajo del coeficiente de variación máximo aceptable (el cual es 5,7) para un método analítico, en función del porcentaje del analito en la muestra, de acuerdo a la teoría de Horwitz [4]. Adicionalmente, según la bibliografía [7] el límite de cuantificación corresponde a un coeficiente de variación de 10%. Estos resultados indican que el método tiene la sensibilidad adecuada para la determinación de LAS en limpiadores líquidos.

Precisión del Método: En el Cuadro 2 se observan los coeficientes de variación obtenidos para cada uno de los estándares de limpiadores líquidos estudiados. En todos los casos los coeficientes de variación son menores

a 4% y menores a los valores esperados de acuerdo con la teoría de Horwitz [4], por lo que se puede decir que el método tiene una buena repetibilidad.

Se aplicó la prueba F para comparar si existe diferencia significativa entre las desviaciones estándar obtenidas para la repetibilidad con las obtenidas para la precisión intermedia, verificándose que no existe diferencia significativa. Esto parece indicar que el método para determinar LAS en limpiadores líquidos por NIRS es robusto, es decir, no existen factores externos que alteren de manera importante los resultados de la determinación.

Cuadro 2. Coeficientes de variación obtenidos para la repetibilidad y precisión intermedia por NIRS y medias experimentales obtenidas en la determinación de dodecilbenceno sulfonato de sodio mediante NIRS y titulación potenciométrica

Limpiador	C _{esp} (%)	Repetibilidad (CV)%	Precisión Intermedia (CV)%	NIRS ($\bar{X} \pm s$) % LAS	Titulación		
					Potenciométrica ($\bar{X} \pm s$) % LAS	F cal	T cal ^c
Bebe	1,18	3,87	3,93	1,13 ± 0,08	0,98 ± 0,02	28,7 ^a	3,13
	1,68	3,67	3,71	1,65 ± 0,07	1,50 ± 0,04	4,3 ^a	3,13
	2,18	3,56	3,57	2,1 ± 0,1	1,93 ± 0,01	113 ^a	2,90
Flores del Campo	1,18	3,90	3,94	1,10 ± 0,06	1,01 ± 0,04	2,5 ^a	2,49
	1,68	3,71	3,73	1,59 ± 0,05	1,49 ± 0,03	3,8 ^a	3,11
	2,18	3,65	3,61	1,96 ± 0,09	1,98 ± 0,01	88,6 ^a	0,29
Toronja	1,18	3,92	3,97	1,06 ± 0,06	1,16 ± 0,02	8,9 ^a	2,73
	1,68	3,73	3,74	1,55 ± 0,03	1,50 ± 0,03	1,3 ^a	2,65
	2,18	3,57	3,60	2,02 ± 0,07	1,96 ± 0,01	54,5 ^a	1,25
Mandarina	1,18	3,97	3,97	1,05 ± 0,05	0,96 ± 0,04	1,7 ^a	2,92
	1,68	3,78	3,75	1,52 ± 0,06	1,42 ± 0,01	35,5 ^a	2,91
	2,18	3,60	3,62	1,96 ± 0,05	1,87 ± 0,01	25,7 ^a	2,83
Cítricos y Frutas	1,18	3,93	3,95	1,08 ± 0,03	1,02 ± 0,04	1,6 ^b	2,69
	1,68	3,71	3,74	1,57 ± 0,05	1,50 ± 0,02	11,4 ^a	2,54
	2,18	3,57	3,60	2,03 ± 0,06	1,96 ± 0,03	3,7 ^a	1,99
Naranja	1,18	3,96	3,97	0,92 ± 0,06	0,97 ± 0,01	33,9 ^a	1,50
	1,68	3,79	3,84	1,32 ± 0,08	1,47 ± 0,02	11,3 ^a	2,99
	2,18	3,61	3,63	1,89 ± 0,08	1,92 ± 0,01	64,4 ^a	0,61
Flores del Sol	1,18	3,95	3,97	0,95 ± 0,02	0,96 ± 0,01	4,8 ^a	0,38
	1,68	3,77	3,78	1,47 ± 0,03	1,46 ± 0,01	7,4 ^a	0,41
	2,18	3,60	3,62	1,93 ± 0,08	1,92 ± 0,01	68,9 ^a	0,25
Fresco Aroma	1,18	3,76	3,81	1,37 ± 0,08	1,31 ± 0,02	16,8 ^a	1,21
	1,68	3,65	3,67	1,77 ± 0,06	1,69 ± 0,03	4,1 ^a	1,96
	2,18	3,56	3,58	2,10 ± 0,06	1,99 ± 0,02	8,8 ^a	2,92
Fresco Limón	1,18	3,87	3,93	1,12 ± 0,08	1,07 ± 0,03	6,4 ^a	1,13
	1,68	3,71	3,74	1,58 ± 0,07	1,54 ± 0,02	19,3 ^a	0,95
	2,18	3,57	3,58	2,07 ± 0,05	2,00 ± 0,03	3,8 ^a	2,26
Lavanda	1,18	3,94	3,98	1,03 ± 0,05	0,94 ± 0,04	1,2 ^a	2,91
	1,68	3,77	3,76	1,51 ± 0,07	1,46 ± 0,04	1,8 ^a	1,21
	2,18	3,59	3,62	1,93 ± 0,06	1,87 ± 0,02	10,3 ^a	1,50



Exactitud del método: En este caso no se dispuso de patrones certificados para evaluar la exactitud del método, sin embargo, se realizó una comparación estadística entre los resultados obtenidos con el método propuesto y los obtenidos mediante la titulación potenciométrica, el cual es un método ampliamente utilizado para la determinación de LAS en limpiadores líquidos. En el Cuadro 2 se pueden observar los resultados de $F_{calculada}$ y $T_{calculada}$ obtenidos, al comparar las desviaciones estándar y las medias obtenidas por ambos métodos. Estos resultados demuestran que con un 99% de confianza y 6 grados de libertad el valor crítico de $T_{tabulada}$ es mayor que el valor de $T_{calculada}$ en todos los casos, aceptándose por tanto la hipótesis nula la cual se refiere a que los dos métodos proporcionan el mismo resultado ya que no se encuentra evidencia de que exista diferencia significativa entre las medias de ambos métodos.

Incertidumbre del método: Se calculó la incertidumbre expandida a partir de la incertidumbre combinada y un factor de expansión igual a 2 para un nivel de confianza del 95%. Por su parte la incertidumbre combinada se obtiene partiendo del error estándar de la curva de calibración. La incertidumbre requerida se cálculo empleando un límite de control de 2,05% y 4 como valor para el factor riesgo, (debido a que el analito que se está determinando le da la funcionalidad al producto la cual causaría pérdidas moderadas y reclamos de clientes) [14]. La incertidumbre expandida obtenida fue 0,0538; el cual es menor que la incertidumbre requerida (0,1708), lo que indica que se puede aplicar el método propuesto para determinar LAS en limpiadores líquidos.

Referencias

1. Fuller, M.P, Ritter, G.L, Draper, C.S. Partial Least-Squares Quantitative Analysis of Infrared Spectroscopic Data. Algorithm Implementation. Applied Spectroscopy. 1988; 42 (Part I): 217-227.
2. Fuller, M.P, Ritter, G.L, Draper, C.S. Partial Least-Squares Quantitative Analysis of Infrared Spectroscopic Data. Application to Detergent Analysis. 1988; 42(Part II): 228-236.
3. López Pedro. NIR Validation, Steps for standards preparation & Method Validation. Analytical Sciences, Oral Care. Noviembre 2007. Artículo de Colgate-Palmolive C.A. no publicado.
4. Manual de Adiestramiento para la Formación de Trabajadores. Fundamentos Básicos para la Validación de Métodos Analíticos. Messen, C.A. 2007.
5. Miller James, Miller Jane. Estadística y Quimiometría para Química Analítica. 4^{ta} ed. Madrid: Prentice Hall; 2002.
6. Skoog Douglas. Química Analítica. 7^{ma} ed. México: Mc Graw Hill; 2001.
7. Volker Thomsen, Schatzlein Debbie, Mercurio David. Limits of Detection in Spectroscopy. Tutorial. 2003; 18(12): 112-114.
8. Ferré Joan. Grupo de Quimiometría y Cualimetría. Calibración multivariante en análisis cuantitativo. El modelo directo. Tarragona: Universidad Rovira i Virgili; 2004.
9. Manual Visión. Versión 2.30. Tidestone Technologies. 2000.
10. Escobedo Portillo María Teresa, Salas Plata Mendoza Jorge A. P. CH. Mahalanobis y las aplicaciones de su distancia estadística. CULCyT//Estadística. 2008; 5(27): 13-20.
11. Aparicio Macho Santiago. Metodologías analíticas basadas en espectroscopia de infrarrojo y calibración multivariante aplicación a la industria petroquímica. Tarragona: Universitat Rovira I Virgili; 2002.
12. H. Wold. Soft Modelling by Latent Variables; the Non-Linear Iterative Partial Least Squares Approach, en Perspectives in Probability and Statistics. London: Academic Press; 1975. B
13. Barnes, R.J, Dhanoa, M.S, Lister, S.J. Correction of the description of Standard Normal Variate (SNV) and De-Trend transformations in Practical Spectroscopy with Applications in Food and Beverage Analysis. Near Infrared Spectrosc. 1993; 1 (2): 185-186.
14. Saboya Pou Nuria. Análisis de control de preparados farmacéuticos mediante espectroscopia en el infrarrojo próximo. España: Universitat autónoma de Barcelona; 2003.
15. González-Pérez Idania, Quintana Cantillo Anelis. Linealidad, algo más que r^2 : un ejemplo práctico. CENIC Ciencias Biológicas. 2006; 37(2): 87-92. (15)



Impacto de las Tecnologías de Información y Comunicación en el aprendizaje de estudiantes de las licenciaturas en Física y Biología

Grimón, F.^{1*}, Ortega, D.¹, Delgado, D.¹

¹ Facultad de Ciencias y Tecnología. Departamento de Computación.

Universidad de Carabobo.

*fgrimon@uc.edu.ve

Resumen

En la actualidad las Tecnologías de Información y la Comunicación (TIC's) se pueden considerar como un elemento fundamental para la formación de los individuos en la sociedad. A su vez, esta sociedad se va formando influenciada por las TIC's. La utilización de las mismas en el ámbito de la educación superior plantea cambios significativos y nuevas opciones en la búsqueda de mejorar el proceso de aprendizaje. El objetivo de esta investigación fue conocer el impacto del uso de las TIC's en el proceso de aprendizaje de los estudiantes. La metodología utilizada fue el "Estudio de Casos", porque permite estudiar fenómenos contemporáneos dentro del contexto de la vida real, además permite evaluar los cambios al introducir dichas tecnologías. Se realizaron dos experiencias empíricas con estudiantes de la Licenciatura en Física y estudiantes de la Licenciatura en Biología, cursantes de la asignatura de Computación Básica, en la Universidad de Carabobo. Los resultados indican que los estudiantes al utilizar las TIC's han incrementado en gran medida la iniciativa de investigar y descubrir nuevos conocimientos, el aprendizaje se les hizo más fácil, favoreciéndolos positivamente. Entre las conclusiones se tiene que los mejores resultados podrían estar relacionados con el acierto de haber combinado exitosamente las tecnologías usadas en el curso.

Palabras clave: Tecnologías de la Información y Comunicación, Computación, Aprendizaje, Educación.

Impact of Information and Communication Technologies in Learning students Degree in Physics and Biology

Abstract

Nowadays, the Information Technologies and Communication Technologies (ICT's) can be considered as a fundamental element for the training of individuals in this society. In turn, this society is growing up influenced by ICTs. The use of these in the field of higher education poses significant changes and new options in the quest to improve the learning process. The objective of this research was to determine the impact of the use of ICTs in the process of learning. The research strategy used was the "Case Studies", because it allows the study of contemporary phenomena within the context of real life, but it enables to evaluate the changes to introduce these technologies. We performed two empirical experiences with students of Physics and Biology Licentiate, taking the Basic Computing course at the Universidad de Carabobo. The results indicate that students using ICTs have greatly increased the initiative to investigate and discover new knowledge, and they contribute positively facilitated learning. Among the conclusions is that the best results could be related to the success of having successfully combined the technologies used in the course.

Key Words: Information Technologies and Communication, Computers, Learning, Education.

Introducción

Las investigaciones sobre el impacto de las TIC's en los procesos educativos ha aumentado en los últimos años, en paralelo a la incorporación de estas tecnologías en todos los niveles de enseñanza (Coll et al., 2008). Las TIC's tienen un rol muy importante en la educación superior en las últimas décadas. Se cuentan con numerosas experiencias en las que se han introducido dichas tecnologías en la educación (Esteve, 2009).

Existe una variedad de definiciones acerca de las TIC's, entre ellas se tiene a Marqués (2000), indicando que es el conjunto de avances tecnológicos que proporciona la informática, las telecomunicaciones y las tecnologías audiovisuales. Estas tecnologías proporcionan información, herramientas para su proceso y canales de comunicación.

Según Duart (2000) referenciado por Grimón (2006) las TIC's son utilizadas ampliamente en los procesos de aprendizaje y dan la oportunidad de interactuar con una gran variedad de personas, en espacios físicos o virtuales,

donde se requiere que el individuo tenga la capacidad de autorregularse y de trabajar en espacios colaborativos.

Se considera que la tecnología facilita la adquisición de las habilidades de aprendizaje, elaboración de estrategias de aprendizaje, selección de recurso de aprendizaje apropiado y refuerzo de las habilidades de reflexión (Liccioni y Grimón, 2005).

Las TIC's pasaron a formar parte de las organizaciones educativas y han transformado las formas y modos en que se genera, gestiona y difunde la información y el conocimiento. En este escenario se han desarrollado los Learning Management Systems (LMSs), con los que se pasó de tratar la gestión individual de programas educativos a asumir todas las necesidades educativas de una determinada organización.

Hall (2003) define LMS como un "software que automatiza la administración de eventos de capacitación. Todos los sistemas de gestión del aprendizaje administran el registro de los usuarios, la gestión de catálogos de cursos, los datos de los estudiantes y, a su vez, proveen



reportes a la administración” (Paulsen, 2003; Join, 2005).

El término Moodle es el acrónimo de Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment (Ambiente de Aprendizaje Modular Orientado a Objetos Dinámicos) y se trata de una de las plataformas LMS de software libre más populares que, actualmente, está viviendo una fase explosiva de expansión. Su comunidad de usuarios y desarrolladores es muy numerosa y se caracteriza por su entusiasmo respecto al sistema. Moodle es un proyecto inspirado en la pedagogía del constructivismo social, lo que le convierte en una excelente opción para incorporarla en un contexto de Blended Learning (BL).

Moodle es un sistema para la gestión de cursos CMS (Content Management System) que incluye una variedad de herramientas y funcionalidades aplicables a cualquiera de las aproximaciones de BL.

En el entorno pedagógico, Moodle ofrece funcionalidades bastante atractivas para los docentes, ya que:

- Promueve una pedagogía constructivista social fruto del carácter colaborativo de las herramientas utilizadas en él y la filosofía de trabajo en la que se sustenta.
- Es adecuado tanto para la enseñanza únicamente a través de la red como para complementar la enseñanza presencial.
- Cuenta con una interfaz atractiva, de tecnología sencilla, ligera, eficiente y compatible.
- Permite el acceso de invitados a los cursos.
- Un sitio Moodle puede albergar miles de cursos y éstos pueden ser clasificados en distintas categorías, lo cual facilita las búsquedas.
- Es fácil de instalar, por lo que no precisa un nivel avanzado de conocimientos informáticos para proceder a su implementación.

En la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad de Carabobo se utiliza Moodle para

administrar las asignaturas de cada una de sus carreras. En particular, es una de las herramientas utilizadas en la asignatura en estudio, denominada Computación Básica ubicada en el pensum de primer año de las Licenciaturas en Biología y Física, cuyo objetivo es utilizar la Computación como herramienta de apoyo en la solución de problemas en cada una de sus áreas de estudio. En esta investigación se analiza el impacto de las TIC's en el aprendizaje de los estudiantes de estas asignaturas.

Objetivo Principal

Conocer el impacto del uso de las TIC's en el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

Metodología

Según Merriam (1988) citado por Rovira et al. (2004) cuando el objetivo de la investigación es un sistema integrado, como una persona, un proceso, una institución o un grupo social se emplea Estudio de Caso. Según Yin (2002) el Estudio de Caso es la estrategia más adecuada para investigar acontecimientos contemporáneos en un contexto de la vida real.

Participantes

Se realizaron dos experiencias con estudiantes del primer año de la Licenciatura en Física y Biología pertenecientes a la Facultad de Ciencias y Tecnología (FACYT) de la Universidad de Carabobo (UC), inscritos en la asignatura de Computación Básica, según se resumen en la Tabla 1. También, participaron de estas experiencias, los docentes de esta asignatura.

Descripción de la experiencia

Descripción de las TIC's utilizadas

La asignatura de Computación Básica tiene un componente teórico y otro práctico que se realiza en los laboratorios de la Facultad. Los estudiantes utilizaron durante el curso: Ambientes de programación (editor de texto, lenguaje de programación y compilador), Plataforma Moodle, buscadores en Internet, Software de oficina, Sistema Operativo Linux, correos electrónicos y chat.

Tabla 1: Participantes en la experiencia.

Asignatura	Estudiantes	Docentes
Computación Básica Carrera: Licenciatura en Física	26 estudiantes: <ul style="list-style-type: none"> • 20 de sexo femenino. • 06 de sexo masculino. Edades entre 16 y 20 años.	02 docentes
Computación Básica Carrera: Licenciatura en Biología	17 estudiantes: <ul style="list-style-type: none"> • 08 sexo femenino • 09 de sexo masculino Edades entre 16 y 21 años.	03 docentes



Estudio exploratorio

En la primera etapa de la asignatura de Computación Básica los estudiantes de las licenciaturas de Biología y Física de la FACYT-UC, realizaron investigaciones sobre los contenidos de la misma mediante la utilización de buscadores en Internet. Adquirieron conocimientos acerca de los sistemas operativos, específicamente Linux.

En la segunda etapa del curso resolvieron problemas en sus respectivas áreas de conocimiento realizando algoritmos, los cuales fueron traducidos a un lenguaje de programación, compilados y ejecutados.

Para propiciar y mantener la comunicación e interacción durante todo el curso usaron la plataforma Moodle. En la realización de las diversas actividades en la asignatura, utilizaron software de oficina.

Instrumentos usados para la recolección de datos

Los instrumentos utilizados para la recolección de datos fueron aplicados en diferentes momentos de la experiencia. Se utilizaron cuestionarios de tipo cerrado, para los estudiantes, a los docentes se les aplicó una entrevista considerando los mismos ítems que se investigaron en los estudiantes, con la finalidad de triangular la información por dos fuentes. La validez de contenido de esta investigación fue realizada mediante expertos que clasificaron los reactivos en las categorías y así conseguir que el instrumento mida realmente lo que pretende medir.

Resultados

En la Figura 1, constituida por los gráficos 1 al 6, se ilustra los resultados obtenidos al aplicar los instrumentos en la experiencia realizada con los estudiantes de la Licenciatura en Física.

En la Figura 2, constituida por los gráficos 7 al 12, se ilustra los resultados obtenidos al aplicar los instrumentos en la experiencia realizada con los estudiantes de la Licenciatura en Biología.

En la Tabla 2 se resumen el análisis de contenido de los instrumentos aplicados a los docentes de la Licenciatura en Física.

En la Tabla 3 se resumen el análisis de contenido de los instrumentos aplicados a los docentes de la Licenciatura en Biología.

Discusión

Los resultados observados en los gráficos 1 al 3, correspondientes a la experiencia realizada con los estudiantes de la Licenciatura en Física, muestran que las TIC's les ha permitido incrementar en gran medida el vocabulario técnico, lo cual fue confirmado por los docentes al observar que en las investigaciones mejoraban en cuanto al lenguaje técnico utilizado, la curiosidad por investigar, confirmado por los docentes al observar el interés en tener acceso a bases de datos internacionales en lugar de conformarse sólo con los documentos de google y ha favorecido positivamente su aprendizaje

Figura 1: Resultados en la Licenciatura en Física. Resultados obtenidos al aplicar los instrumentos en la experiencia realizada con los estudiantes de la Licenciatura en Física.

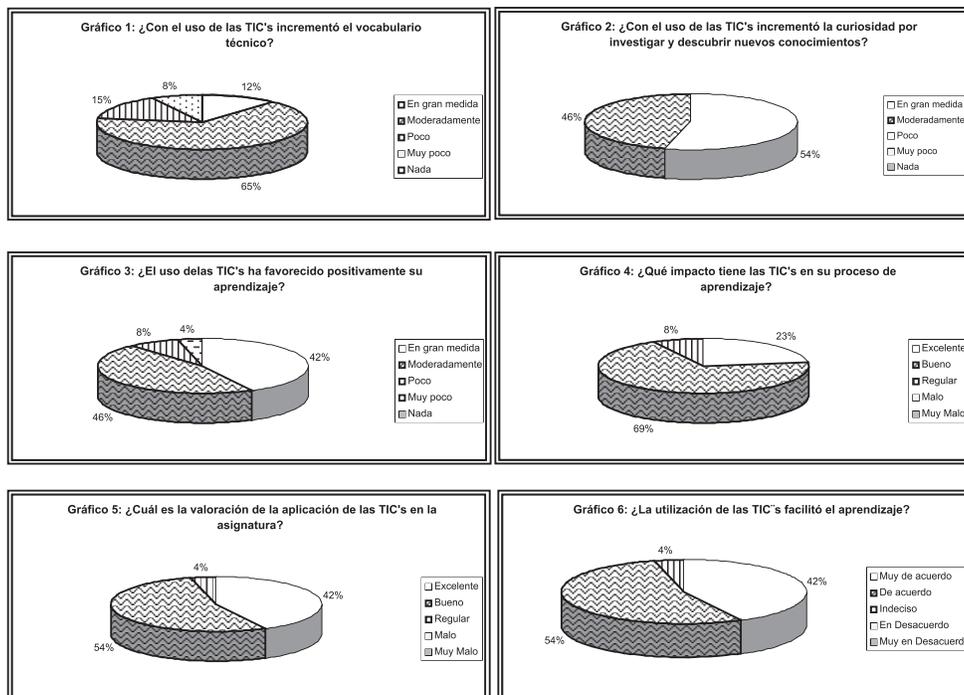
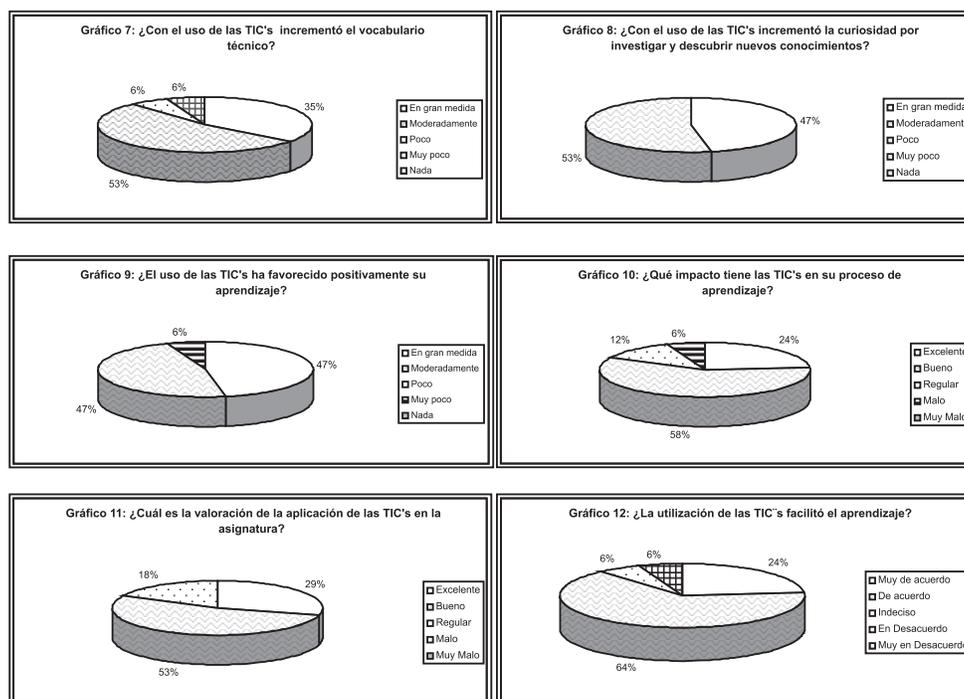




Figura 2: Resultados en la Licenciatura en Biología. Resultados obtenidos al aplicar los instrumentos en la experiencia realizada con los estudiantes de la Licenciatura en Biología.



al mejorar en 23% los resultados de las evaluaciones finales con respecto a las iniciales. En los gráficos 4 y 5 se indica que el 69% cataloga de bueno el impacto de las TIC's en su proceso de aprendizaje y un 54% opina que fue buena la aplicación de las mismas en la asignatura, respectivamente, los docentes consideran entre los impactos la inclusión de estudiantes de diversos estratos sociales en la construcción de aprendizaje. Finalmente, un 54% indica que la utilización de las TIC's facilitó su aprendizaje, los docentes también lo consideran ya que aumentó la cooperación.

En la experiencia realizada con los estudiantes de la Licenciatura en Biología se obtuvo que las TIC's les han permitido moderadamente incrementar su vocabulario técnico, por su parte los docentes consideran que mejora el vocabulario en las investigaciones, al comparar la primera investigación con las dos últimas, aun cuando los estudiantes consideran que ha mejorado moderadamente la curiosidad por investigar los docentes observan la curiosidad de aprender a usar bases de datos científicas en las diversas asignatura y también en forma moderada ha favorecido positivamente su aprendizaje, esto coincide con los docentes quienes consideran que poco a poco se incorporaron activamente a cooperar en grupo. En los gráficos 4 y 5 se indica que el 58% cataloga de bueno el impacto de las TIC's en su proceso de aprendizaje, en cuanto a los docentes consideran que fue importante, ya que les hizo ver que algunas herramientas que les encantan para sus momentos de ocio, también las podían utilizar para mejorar la calidad de la información,

que les permitirá construir el conocimiento que necesitan para una actividad determinada y un 53% opina que fue buena la aplicación de las mismas en la asignatura, por su parte los docentes consideran que se mejorara en la medida que se mejoren los materiales de aprendizaje y los docentes los utilicen activamente. Por último, un 64% indica que la utilización de las TIC's facilitó su aprendizaje, los docentes hacen énfasis en que ha mejorado el trabajo conjunto entre los estudiantes.

Conclusiones

Esta investigación presenta un escenario donde se observa el impacto de las TIC's en el proceso de aprendizaje de los estudiantes de Ciencias Básicas (Física y Biología). En las dos experiencias realizadas se obtiene que más del 50% de los estudiantes indica que el uso de las TIC's ha tenido un impacto positivo en su aprendizaje.

Los mejores resultados podrían estar relacionados con el acierto de haber combinado exitosamente las tecnologías usadas en el curso.

Referencias

Coll, C., Mauri, M. y Onrubia, J. (2008). Análisis de los usos reales de las TIC en contextos educativos formales: una aproximación socio-cultural. *Revista Electrónica de Investigación Educativa* [en línea] Vol. 10, No. 1. Recuperado el 30 de abril de 2010, de <http://redie.uabc.mx/vol10no1/contenido-coll2.html>

**Tabla 2:** Resumen análisis de contenido de las respuestas de los docentes de la Licenciatura en Física.

Pregunta	Respuesta
¿Con el uso de las TIC's ha incrementado el vocabulario técnico de los estudiantes?	Sí, se observa como mejora el vocabulario en las investigaciones, en la medida que ellos avanzan en el uso de la plataforma Moodle y de las herramientas de búsqueda de información
¿Con el uso de las TIC's se incrementó la curiosidad de los estudiantes por investigar y descubrir nuevo conocimiento?	Sí, ya que al indicarle la existencias de bases de datos de artículos científicos, sí practicaban como obtener más y mejor información cada vez
¿El uso de las TIC's ha favorecido positivamente el aprendizaje?	Sí, estudiantes que al principio tenían temor de participar y preguntar, posteriormente cooperaban activamente con el grupo. Ya sea para aclarar sus dudas o ayudar a otros. Mejorando las calificaciones.
¿Qué impacto tienen las TIC's en el proceso de aprendizaje?	En principio fue de incertidumbre, ya que tenemos estudiantes de diversos estratos sociales, pero en la medida que avanzaban incrementaba la inclusión
¿Cuál es la valoración de la aplicación de las TIC's en la asignatura?	Considero que por parte de los estudiantes los docentes la valoración es buena. Considero debemos mejorar los materiales de aprendizaje.
¿La utilización de las TIC's facilitó el aprendizaje?	Sí, se observa en la cooperación entre los estudiantes, y la facilidad de interacción con el docente en horario extra.

Esteve, F. (2009). *Bolonia y las TIC: de la docencia 1.0 al aprendizaje 2.0*. La Cuestión Universitaria, 5, La Cuestión Universitaria, 5. 2009, 59-68, ISSN-1988-236x

Grimón, F., Liccioni, E. (2006). *Conductas y emociones involucradas en el aprendizaje utilizando las TIC's*. VIII Congreso Internacional sobre el Estudio de la Conducta. Santiago de Compostela, España, 161-162, ISBN: 84-690-0119-1

Hall, B. (2003). *New Technology Definitions*. Recuperado en noviembre de 2006, de: <http://www.brandonhall.com/public/glossary/index.htm>

Join (2005). *Evaluación de las plataformas LMS*. Recuperado en octubre de 2005, de: <http://www.ossite.org/join/sp/lms>

Liccioni, E., Grimón F. (2005). *Las habilidades sociales y las tecnologías de la información y*

comunicación en los procesos de aprendizaje. IX Congreso de Metodología en las Ciencias Sociales y de la Salud. Granada, España. ISBN: 84-689-3752-5.

Marqués, P. (2000). *Las TIC y sus aportaciones a la sociedad*. Universidad Autónoma de Barcelona, España.

Merriam, S. (1998). *Qualitative Research and Case Study Applications in Education*. Jossey-Bass Publishers. 2da Edition. San Francisco, CA, USA.

Paulsen, M. (2003). *Experiences with Learning Management Systems in 113 European Institutions*. Educational Technology y Society, 6 (4), 134-148.

Roa, J., Karanik, M., Gramajo, S., Pérez, J., Vigil, R. y Ramirez, R. (2005). *Mejora de la Plataforma de e-learning Moodle Utilizando Redes*



Tabla 3: Resumen análisis de contenido de las respuestas de los docentes de la Licenciatura en Biología.

Pregunta	Respuesta
¿Con el uso de las TIC's ha incrementado el vocabulario técnico de los estudiantes?	Sí, mejora el vocabulario en las investigaciones, sí comparas la primer investigación con las dos últimas son notables los avances en el uso de los términos adecuados
¿Con el uso de las TIC's se incrementó la curiosidad de los estudiantes por investigar y descubrir nuevo conocimiento?	Sí, les encantaba poder utilizar las bases de datos de artículos científicos, no solo para esta asignatura.
¿El uso de las TIC's ha favorecido positivamente el aprendizaje?	Sí, algunos estudiantes tenían temor de participar y preguntar, pero poco a poco se incorporaron activamente con el grupo.
¿Qué impacto tienen las TIC's en el proceso de aprendizaje?	Muy importante, ya que les hizo ver que algunas herramientas que les encantan para sus momentos de ocio, también las podían utilizar para mejorar la calidad de la información, que les permitirá construir el conocimiento que necesitan para una actividad determinada.
¿Cuál es la valoración de la aplicación de las TIC's en la asignatura?	Considero que por parte de los estudiantes los docentes la valoración es buena. Y avanzando en la medida que los docentes se saquemos más provecho.
La utilización de las TIC's facilitó el aprendizaje?	Sí, se observa en el trabajo conjunto entre los estudiantes, y la mayor disponibilidad de obtener respuestas a sus dudas con el docente en horario extra.

Neuronales. Primeras Jornadas de Educación en Informática y TICS en Argentina
 Rovira, C. Codina, L., Marcos, M. y Palma, M. (2004). Información y documentación digital. Institut Universitari de Lingüística aplicada. Universitat Pompeu Fabra. Barcelona.

Sangrá, A. y Duart, J. (2000). Aprender en la virtualidad. Barcelona. España. Editorial Gedisa.
 Yin, R. (2002). Case Study Research, Design and Methods. 3rd ed. Newbury Park, Sage Publications.



Lineamientos basados en la Arquitectura Empresarial para la Conceptualización de una Organización de Educación Superior Venezolana

Maria M. Guevara¹, Dinarle M. Ortega² y María I. Jácome³

^{1,2}FACYT - Universidad de Carabobo, ³FACES - Universidad de Carabobo

¹ mguevara@uc.edu.ve, ²dortega@uc.edu.ve, ³mjacome8_p@yahoo.com

Resumen

La Universidad, en el desempeño de las funciones de docencia, investigación y extensión, desarrolló tejidos administrativos distintos, imposibilitándola de establecer procesos más dinámicos e integrados. Aunque la automatización de estos procesos contribuye a un mejor funcionamiento, sin embargo, en algunos casos se genera una plataforma tecnológica (Hardware y Software) sin interconexión y con limitaciones para compartir la información. En este sentido, el planteamiento de la Arquitectura Empresarial proporciona una solución porque permite especificar una organización, propiciando aspectos de integración. Este trabajo presenta los lineamientos principales orientados por la Arquitectura Empresarial, para conceptualizar un Sistema Integrado de Software denominado Sistema Empresarial, que soportaría el funcionamiento del Departamento de Computación de la FACYT-UC, para promover la integración de actividades de docencia, investigación y extensión en un solo acto académico. El tipo de investigación realizada es documental-descriptiva, a través de la revisión documental, resumen analítico y análisis crítico de fuentes documentales sobre organizaciones educativas, arquitecturas empresariales y tecnología de información y comunicaciones. Los lineamientos resultantes indican los modelos provenientes de la especificación de la Arquitectura Empresarial y buenas prácticas que serán empleados como insumo para, posteriormente, conceptualizar el Sistema Empresarial de Departamento de Computación de la FACYT-UC.

Palabras clave: Organizaciones Universitarias, Arquitectura Empresarial, Sistema Empresarial.

Guidelines based on the Enterprise Architecture for Conceptualizing a Venezuelan Higher Education Organization

Abstract

The University while performing its teaching, research and extension functions developed distinctive administrative tissues, hampering it to establish more dynamic and integrated process. As a consequence of the automation of processes a set of information systems arise that being disconnected from each other, hampers information sharing; in face of this situation the enterprise architecture emerges. This work presents the main guidelines oriented by the enterprise architecture, for the conceptualization of the computer department of FACYT-UC supported by an enterprise system, which promotes the integration of teaching, research and extension in one single academic act. The research is descriptive-documental; through documental revision, analytic summary and critical analysis of the documental sources in organizational sociology, information and communication technologies, and integrated information systems in organizations. The results specify issues referred to models from the enterprise architectures and best practices.

Key Words: University Organizations, Enterprise Architecture, Enterprise System.

Introducción

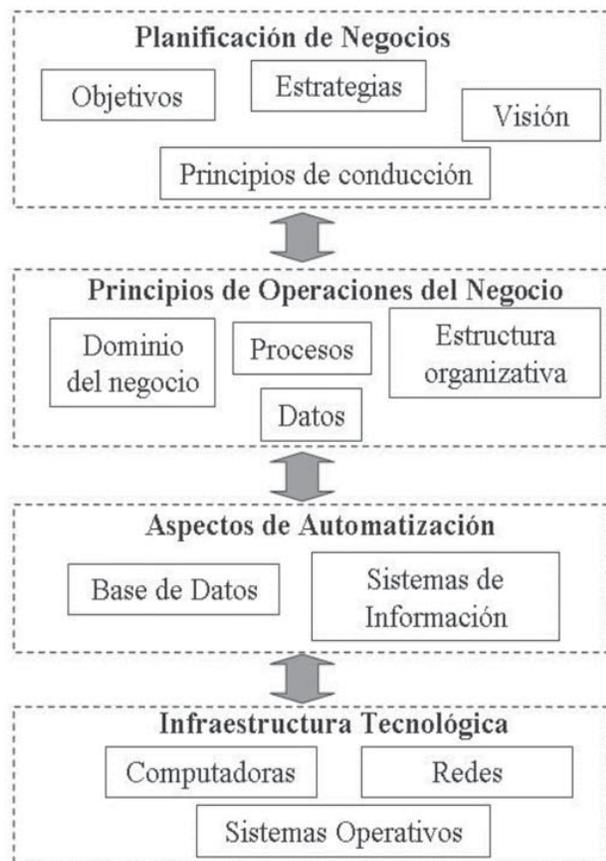
Las personas, las organizaciones y la sociedad actuales, han sido influenciadas por la tecnología y la información. En este sentido, el fenómeno de la globalización como posibilidad de interconexión entre lo local, lo supra- nacional, e internacional (para soportar las negociaciones, convenios, acuerdos, o conflictos), en diferentes ámbitos como el financiero, político, cultural, entre otros, ha contribuido significativamente en la conformación de esta realidad. Las universidades o centros de enseñanza, también están inmersas en este contexto.

La TIC, definida como la combinación de hardware, software, redes de computadoras, protocolos de comunicación, multimedia y la infraestructura telefónica, facilita la comunicación oportuna, eficaz y sin limitaciones geográficas entre las personas y las organizaciones. Esta tecnología incide y produce en la sociedad cambios que pudieran ser radicales, impactando, entre otros, la forma de hacer negocios en las organizaciones.

En las áreas de Sistemas de Información e Ingeniería de Software, se utiliza el enfoque de la Arquitectura Empresarial para especificar una organización, relacionando distintos aspectos: (1) planificación de negocios, la cual abarca los objetivos, visión, estrategias, y principios de conducción; (2) principios de operaciones del negocio, tales como dominio del negocio, estructura organizativa, procesos y datos; (3) aspectos de automatización, incluyendo los sistemas de información, base de datos y sistemas empresariales y, (4) la infraestructura tecnológica que comprende lo relacionado con las computadoras, los sistemas operativos y las redes, (Schekkerman (2004)). La Figura 1 ilustra los aspectos abarcados por la Arquitectura Empresarial.



Figura 1. Arquitectura Empresarial. Conformada por los niveles de (1) planificación de negocios, (2) principios de operaciones del negocio, (3) aspectos de, y (4) la infraestructura tecnológica.



En la actualidad, la mayoría de las organizaciones hacen uso de las TIC's para soportar la integración de sus funciones (Chung, Song, Song, Subramanian, 2009). En este sentido, se hace necesario establecer una visión basada en la Arquitectura Empresarial, permitiendo identificar diferentes niveles: Personas, Procesos de Negocio, Sistemas de Software y Tecnologías, Estructura Organizativa, entre otros, los cuales deben alinearse para propiciar dicha integración y así, facilitar los cambios y toma de decisiones. En general, la carencia de una visión de esta naturaleza limita el dinamismo en las organizaciones, (Schekkerman, 2004).

Este trabajo presenta los lineamientos principales orientados por la Arquitectura Empresarial, para conceptualizar el Sistema Empresarial que soportaría el funcionamiento del Departamento de Computación de la FACYT-UC, el cual promueve la realización de acciones rutinarias (talleres, foros, conversatorios, entre otros) durante las actividades de enseñanza-aprendizaje que constituyen actos académicos donde se integran las funciones de docencia, investigación y extensión. Estos lineamientos indican los modelos provenientes de la especificación de la Arquitectura Empresarial y buenas prácticas, que serán empleados como insumo para

posteriormente, conceptualizar el Sistema Empresarial del Departamento de Computación de la FACYT-UC.

Metodología

El tipo de investigación realizada es documental-descriptiva, la cual está orientada a representar las características o rasgos de la situación objeto de estudio, por medio de la revisión documental, del resumen analítico y análisis crítico de las fuentes documentales sobre organizaciones educativas, arquitecturas empresariales y tecnología de información y comunicaciones.

De la revisión documental, se conoce la especificación de procesos de la organización educativa y se identifica la desintegración de sistemas de información que automatizan los procesos. Seguidamente, la consideración del planteamiento de la arquitectura empresarial y TIC, para soporte de la organización, lleva a la elaboración de los lineamientos que permiten razonar y describir sobre las características del Sistema Empresarial de la organización en estudio.

Discusión y Análisis

La discusión abarca los temas implícitos en la investigación objeto de estudio; se inicia con el análisis de las Organizaciones. Seguidamente, se hace referencia a las Arquitecturas Empresariales y finalmente, se trata los Sistemas de Información.

Las Organizaciones

El estudio de las Organizaciones presenta innumerables modelos. En lo referente al contexto de estudio, nos remontamos a Max Weber, citado en Dávila y Guevara (1985). Weber desarrolla una teoría del modo de dominación legítima de la sociedad, a través del enfoque de la burocracia. Weber observó el crecimiento y evolución de las organizaciones a gran escala, como tema o fenómeno propio de la época y estableció que este crecimiento implicaba una forma diferente a la de otras etapas históricas, aquellas referentes a las organizaciones tradicionales y carismáticas. Se interesó por el estudio de las organizaciones burocráticas como forma de organización de los negocios privados y del Estado dentro del capitalismo.

En la actualidad, el modelo burocrático ha sido desplazado por la fuerza de nuevas racionalidades, dando origen a una transformación hacia estructuras organizacionales más flexibles y aplanadas. En este sentido, la TIC irrumpe como un nuevo patrón tecnológico, el cual ha originado un cambio de paradigma y de racionalidad que se ha difundido en todo el aparato productivo mundial, posibilitando una mayor productividad, eficiencia, y eficacia (Pérez, 2004).

Así mismo, Atkins et al. (2003) señala algunas tendencias mundiales en los procesos de investigación e innovación en las Universidades, como son: Globalización, Trabajo en Equipos Multidisciplinarios, Trabajo



Colaborativo de Investigadores, Redes de Investigadores articuladas por la plataforma de Internet, trabajo con e-simuladores, e-laboratorios, Repositorios voluminosos de información desde donde se extrae conocimiento, entre otros; estas tendencias tienen correspondencia con el patrón tecnológico antes mencionado e indican la conveniencia de agilizar e interconectar las actividades de docencia, investigación y extensión por la vía de las TIC's.

En particular, las universidades venezolanas representan una matriz social de identidad reconocida, legitimada a través del tiempo como centros de formación, investigación y extensión, con un soporte jurídico en la vigente Ley de Universidades (1970), la cual establece que la investigación, la extensión y la docencia son las tres funciones fundamentales.

En el desempeño de estas funciones, la institución universitaria desarrolló un tejido administrativo diferenciado para cada una de ellas. Cada función despliega una estructura burocrática, con sus respectivos controles, que imposibilitan establecer procesos más dinámicos e integrados desde lo académico, lo que ha provocado que siempre prive una función sobre la otra; por ejemplo, el caso de la docencia domina el quehacer universitario, restándole importancia a la investigación y la extensión, por ausencia de mecanismos que integren a las tres funciones. El modelo organizativo de la Universidad de Carabobo se corresponde a un diseño matricial, con una estructura que crea líneas duales de autoridad, de mando, combinando la departamentalización funcional y la de cátedra, contribuyendo significativamente a la realidad planteada.

En cuanto a la estructura organizativa del Departamento de Computación, se tiene que es de doble mando, de tipo *ad hoc*. Está conformada por Unidades Académicas, a las cuales se adscriben los Investigadores/Docentes y por las Líneas de Investigación. De esta manera, un Investigador/Docente está adscrito a una Unidad Académica y a una o varias Líneas de Investigación.

La Arquitectura Empresarial

En las áreas de los Sistemas de Información e Ingeniería de Software, se propone la Arquitectura Empresarial como respuesta a la necesidad de alinear los Sistemas de Información y TIC con la Organización. A partir de esta, se puede inferir la manera como la organización realiza sus actividades, los roles de las personas involucradas, los recursos utilizados, eventos a los cuales se da respuesta y los objetos transformados y las relaciones entre estos, (Chung, et. al., 2009, Schekkerman, 2004).

La organización formula los enunciados de misión, visión y objetivos. Los objetivos de la organización suelen formularse a un nivel de abstracción muy alto; los mismos son descompuestos en subobjetivos, constituyendo así

una jerarquía de objetivos. Para cada objetivo del nivel terminal, se define un Proceso de Negocio, Eriksson & Penker (2000).

Un Proceso de Negocio se define como un conjunto de actividades, las cuales, colectivamente, realizan un objetivo de la organización. Usualmente, los procesos de negocio son ejecutados en el contexto de una estructura organizacional, realizados por personas que desempeñan roles funcionales, Marshall (2000).

Sistemas de Información

Un Sistema de Información está compuesto por Hardware, Software, Datos (archivos y bases de datos), telecomunicaciones, personas y procesos, específicamente, desarrollados para recolectar, manipular, almacenar y transformar datos para ser convertidos en información con significado y, de utilidad para las personas de la organización responsables de realizar tareas y tomar decisiones.

En el caso del Departamento de Computación, se han identificado los procesos de docencia, investigación y extensión y especificado algunos de ellos. La Figura 2 muestra los procesos de investigación del Dpto. de Computación. Se trata de un Diagrama de Casos de Uso del Negocio, empleando notación UML (Unified Modeling Language), Miles & Hamilton (2006). También, se han desarrollado algunos sistemas de información para soportar estos procesos, pero no han sido conceptualizados de una manera integrada y se ha adquirido una plataforma en TIC para interconexión entre laboratorios, oficinas, aulas de clase, videoconferencias, entre otros. Adicionalmente, se presenta una situación donde la función de investigación tiene prominencia. Esto lleva a un enfoque distinto donde se plantea la necesidad de conceptualizar y en algunos casos, implementar mecanismos que consolidan en un solo acto académico las funciones de docencia, investigación y extensión, por ejemplo, los denominados Grupos de Investigación y Docencia. Sin embargo, estos grupos deben estar soportados por herramientas automatizadas, que de manera integrada, faciliten la planificación, administración y control de los procesos que llevan a cabo.

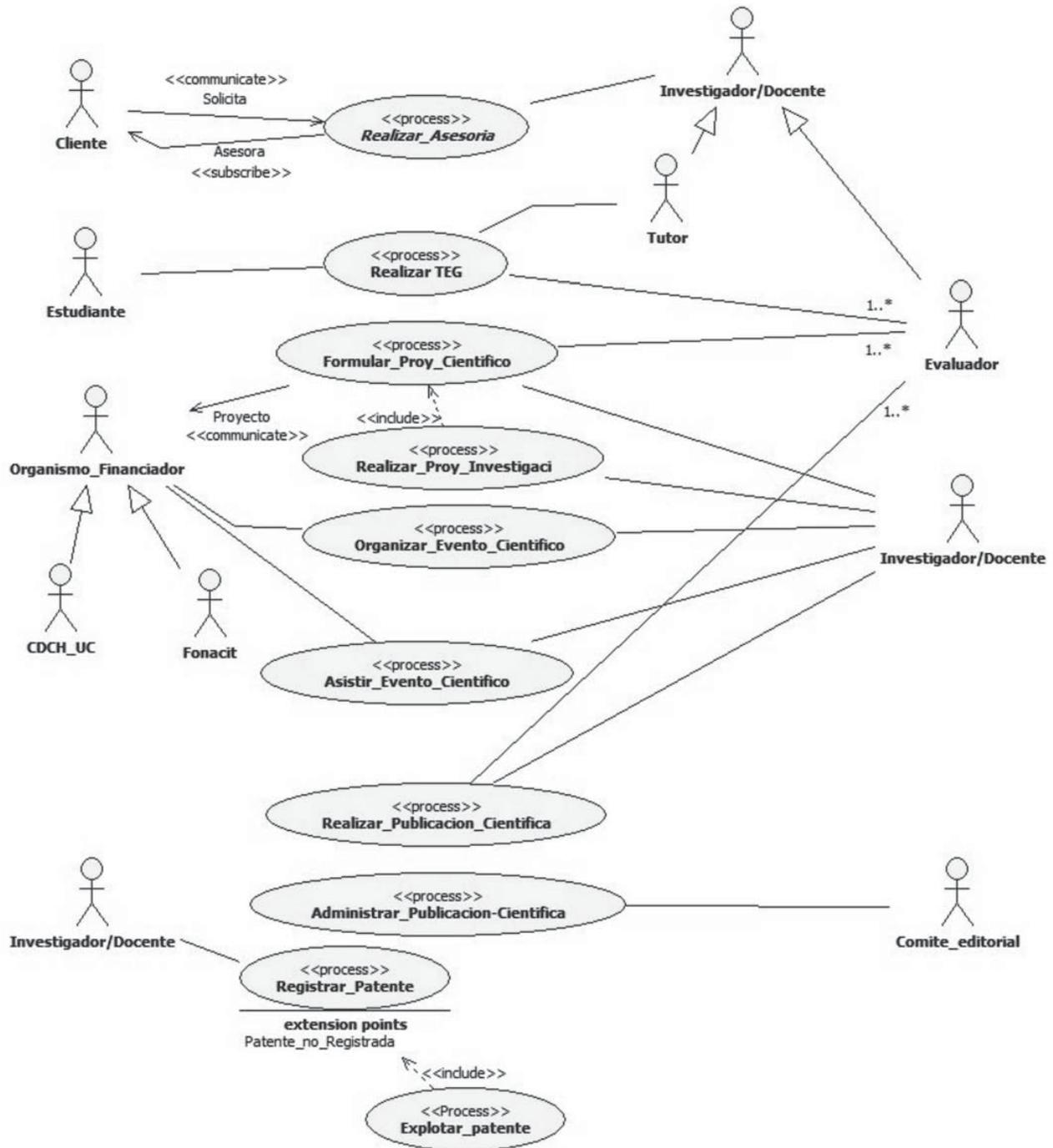
En definitiva, el Sistema Empresarial para el Departamento de Computación, constituiría una herramienta para solventar la situación de doble mando y así, conformar un acto único donde se integren virtualmente las actividades docentes, de investigación y de extensión que por impedimentos legales, no es posible.

Resultados y Conclusiones

Después del análisis y discusión de la sección anterior, se procede a describir una serie de lineamientos principales, orientados por la Arquitectura Empresarial, para conceptualizar el Sistema Empresarial que soportaría



Figura 2. Procesos de Investigación del Dpto. de Computación FACYT-UC. Procesos: Realizar asesoría, Realizar TEG (Trabajo Especial de Grado), Formular Proyecto Científico, Realizar Proyecto Científico, Organizar Evento Científico, entre otros. Roles involucrados: Investigador/Docente, Estudiante, Cliente, Evaluador, Organismo Financiador, Comité Editorial.



Fuente: Guevara (2007).

el funcionamiento integrado del Departamento de Computación de la FACYT-UC. Es importante aclarar que, en el ámbito de las Universidades Venezolanas, se tiene un marco legal que puede impedir la creación, modificación o eliminación de procesos para contribuir a la visión integrada del negocio.

Lineamientos

- Especificar el Modelo de Metas del Departamento, el cual contiene: misión, visión, objetivos, Montilva & Barrios (2004)
- Especificar el Modelo Persona/Rol/Proceso del Departamento; usualmente, cada persona cumple uno o más Roles, así se tiene que un



- Investigador/Docente puede asumir los roles de: Instructor, Jefe de Unidad Académica, Tutor de Servicio Comunitario, Investigador, Tutor Trabajo de Grado, Asesor, Coordinador de Proyecto, Autor, entre otros. Dichos roles están vinculados a Procesos del Departamento, como son: Administrar asignatura, Coordinar Unidad Académica, Supervisar Servicio Comunitario, Realizar Trabajo Especial de Grado, Asesoría Técnica, Realizar Proyecto de Investigación, Elaborar una Publicación, por mencionar algunos.
- Especificar la Estructura del Departamento. En la actualidad se han establecido Unidades Académicas para agrupar la docencia de asignaturas y los docentes que las imparten. Además, Líneas de Investigación, que agrupan a los Investigadores/Docentes.
 - Especificar el Modelo Tecnológico del Departamento. El mismo debe soportar la integración de datos y aplicaciones; adicionalmente, se determinan los estándares para integración (PHP, JAVA, XML, http, etc.). Se utilizan las Redes de computadoras, diferentes distribuciones de Sistemas Operativos Linux, Sistemas de Gestión de Aprendizajes (Moodle), acceso a las Base de datos de artículos científicos, acceso remoto a las distintas capacidades de cálculo y procesamiento computacional de los laboratorios existentes en el departamento.
 - Establecer los requisitos del Sistema de Información Integrado, los cuales, como mínimo, deben responder a las siguientes necesidades:
 - Soportar a los docentes en la realización de los procesos académicos, a través de Plataformas de soporte a la formación, para compartir clases, prácticas y proyectos académicos.
 - Realizar consultas entre miembros de la organización virtual.
 - Acceder a los recursos bibliográficos a través de las bibliotecas virtuales y Base de datos de artículos científicos.
 - Proveer acceso a los miembros de la organización: profesores, estudiantes, administrativos, socios.
 - Dar a conocer todos los convenios, reglamentos, intercambios.
 - Registrar toda la producción intelectual: TEG, trabajos de ascenso, tesis de maestría, doctorales, publicaciones, libros, artículos, patentes.
 - Conocer los proyectos aprobados, en curso y terminados.
 - Especificar el Sistema de Empresarial. Desarrollar Modelos de datos, Prototipo de Interfaz de Usuario (prototipo del portal del sistema de información integrado), caracterizada por acceso restringido para investigadores/docentes, estudiantes, empleados a las funcionalidades y herramientas que provee el Sistema.

Estos lineamientos deben ser refinados e implementados con el apoyo de las autoridades o nivel ejecutivo, quienes, finalmente, pueden modificar algunos aspectos legales que favorecerían su implementación, por ejemplo, el uso obligatorio de este Sistema Empresarial.

Referencias

- Atkins D. E. & others (2003). Revolutionizing Science and Engineering. Through Cyberinfrastructure. Report of the National Science Foundation Blue-Ribbon Advisory Panel on Cyberinfrastructure. [Documento pdf]. Recuperado el 23 de agosto de 2006, de <http://www.nsf.gov/od/oci/reports/atkins.pdf>.
- Chung, L., Song, H.K., Song, Y.T., Subramanian, N. (2009). Understanding the Role of Enterprise Architecture towards Better Institutionalization. In Proceeding 10th ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligences, Networking and Parallel Distributed Computing, pp. 316-320.
- Cummins, F. (2002). Enterprise Integration. Wiley Computer Publishing.
- Dávila, C. & Guevara de, L. (1985). Teorías Organizacionales y Administrativas. Enfoque crítico. Colombia: McGraw-Hill.
- Eriksson, H. E. & Penker, M. (2000). Business Modeling with UML: BusinessPatterns at Work. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Guevara, M. (2007). Diseño de una Estrategia para la Creación de Estructuras Organizacionales de Investigación de la Universidad de Carabobo, basada en Modelado del Negocio Orientado por Objeto. Trabajo de Ascenso, Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología,



- Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.
- Ley de Universidades (1970). Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 1.429 (Extraordinaria), Septiembre 8, 1970.
- Miles, R. & Hamilton, K. (2006). Learning UML 2.0. Sebastopol, California, USA: O'Reilly.
- Marshall, C. (2000). Enterprise Modeling with UML. Reading, Massachusetts: Addison Wesley Longman, Inc.
- Montilva, J. & Barrios, J. (2004). A Business Modeling Method for Information Systems Development. *Sistemas de Información e Ingeniería de Software: Temas Selectos*, J. Montilva, I. Besembel, M. Pérez y F. Losavio (Eds.), Mérida-Venezuela: Centro de Estudios en Informática, pp. 147-164.
- Pérez, C. (2004). *Revoluciones Tecnológicas y Capital Financiero. La dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza*. México: Siglo XXI.
- Schekkerman, J. (2004). *How to survive in the jungle of: Enterprise Architecture Frameworks (2nd Ed)*. Canada: Trafford Publishing.
- Themistocleous M., Irani Z. (2001). Evaluating Aplicación Integración: an Exploratory Case Study. In *Proceeding Seventh Americas Conference on Información Systems*.



Material Educativo Computarizado en la Enseñanza y Aprendizaje del Dibujo Técnico en 1er. Año Ciencias de la Unidad Educativa “Colegio Betania”

Doris K. Salazar C.¹, Valermay Márquez
¹Universidad de Carabobo, Barbula, Venezuela.

Resumen

El propósito de este estudio fue diseñar un material educativo computarizado (MEC) en la enseñanza y aprendizaje del dibujo técnico en 1er año de ciencias de la Unidad Educativa Colegio Betania, se destaca con una modalidad de Proyecto Factible, basado en una investigación descriptiva de campo, se aborda en una fase diagnóstica para establecer la realidad en estudio, donde se determinaron los contenidos de dibujo técnico que los estudiantes presentaron dificultad; asimismo, las estrategias de enseñanza - aprendizaje empleadas por los docentes de dibujo técnico en la institución; posteriormente se da la fase del diseño del MEC como propuesta a la problemática en estudio. La población constituida por 4 docentes y 50 estudiantes de la Unidad Educativa Colegio Betania, cuya muestra seleccionada está conformada por 2 docentes y 30 estudiantes. Para la recolección de los datos se empleó como instrumento la encuesta y la observación para su posterior análisis documental. De acuerdo a la necesidad de innovar y crear nuevas propuestas educativas se logró concluir que la propuesta sugerida se encuentra enmarcada en la creación de herramientas educativas consideradas novedosas apoyadas en el computador fundamentado por la teoría y lo práctico, permitirán al estudiante aprender de manera significativa los contenidos del área de dibujo técnico.

Palabras clave: Material Educativo Computarizado (MEC), Enseñanza – aprendizaje, Dibujo Técnico.

Computerized Educational Material for Teaching and Learning Technical Drawing in 1st year of Science in Betania High School

Abstract

The purpose of this research was to design a Computerized Educational Material (CEM) for teaching and learning Technical Drawing during the 1st year of science in Betania High School. This study was outlined under the modality of Feasible Project based on a field descriptive research. First of all, the research was tackled during a diagnosis phase to establish the reality on research where the contents of the subject, in which the students presented difficulty, were determined, as well as, the strategies of teaching-learning processes used by the teachers of the course in the institution. Later, the phase of the design of the CEM was carried out as a proposal to solve the problematic situation. The population was conformed by 4 teachers and 50 students of Betania High School and the sample consisted of 2 teachers and 30 students. Survey and observations were used as instruments to collect the data and then, a documental analysis was performed. In accordance with the need to innovate and create new educational proposals, it was concluded that the suggested proposal is framed within the creation of educational tools considered as innovative, based on the computer use and supported by theoretical and practical contents. The CEM will allow the students to learn the contents of the area of Technical Drawing in a meaningful way.

Key Words: Computerized Educational Material (CEM), Teaching – Learning, Technical Drawing.

Introducción

La educación como proceso que prepara al hombre para la construcción de su sociedad, es considerada una de las bases más importante de toda humanidad. La educación tiene dentro de sus funciones, la de ofrecer respuestas acertadas a cada contexto en particular, formando al individuo para vivir en un mundo cambiante y complejo (Morín, 2000). Cabe decir que, la educación resulta ser la base fundamental de la sociedad para la formación de un individuo integral. Del mismo modo en el entorno educativo se construyen nuevos contextos y diferentes relaciones entre los diversos componentes que la conforman (docentes – estudiantes – medios – infraestructura, entre otros).

Por otro lado, con la incorporación de las nuevas tecnologías en las instituciones educativas, es común encontrar a docentes del área de informática, incorporando y fomentado el uso del computador como herramienta de enseñanza – aprendizaje, sirviendo como

enlace en la inserción de los docentes y estudiantes a estas nuevas realidades. Desde esta perspectiva, aparecen los Materiales Educativos Computarizados (MEC), como una forma de generar ambientes de aprendizajes basados en el computador y las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), que favorezcan la enseñanza de un tema o área específica.

En referencia al Material Educativo Computarizado (MEC) según Galvis (1996) es pues, la denominación otorgada a las diferentes aplicaciones informáticas cuyo objetivo terminal es apoyar el aprendizaje. De hecho, en las instituciones educativas pueden lograr importantes resultados con el uso de este tipo de materiales, ya que resulta de utilidad para el docente de manera significativa, ya que le permitirá reforzar las áreas donde se presente mayor debilidad, lo cual contribuye con la integración de la informática a todas las áreas del currículo.

Tomando en cuenta que en las disciplinas de esta área la asignatura Dibujo Técnico, la cual introduce el



estudio de las técnicas, métodos y procedimientos que permiten al estudiante representar gráficamente objetos tridimensionales en un plano bidimensional(...). Ahora bien, aún cuando esta asignatura está orientada a que los estudiantes adquieran habilidades y destrezas, mediante un trabajo teórico – práctico que los lleve al conocimiento de sus propias potencialidades y los oriente hacia el campo tecnológico que necesita el país, se ha visto limitada por la tardanza de la incorporación de las tecnologías en las estrategias de enseñanza – aprendizaje de esta disciplina.

Así pues, en la Unidad Educativa Colegio Betania, la cual se ha caracterizado por ser una Institución de prestigio en la enseñanza transmitida a sus estudiantes, y como ente educativo procura mantenerse a la vanguardia de los nuevos avances tecnológicos a través de los proyectos educacionales que ayuden a reforzar y poner en práctica los conocimientos adquiridos por los estudiantes; por lo tanto, se evidencia que la asignatura dibujo técnico, se encuentra desincorporada en las disciplinas de educación para el trabajo de la III etapa de educación básica de acuerdo a los docentes de la asignatura antes mencionada, la cual es impartida únicamente en el 1er. Año de diversificado, con una frecuencia de dos horas semanales, donde se da a los estudiantes las nociones generales de la asignatura bajo el esquema tradicional; es decir, a través de explicaciones y ejemplos realizados por el docente en el pizarrón, lo cual genera cierta apatía en el estudiantado, por la falta del uso de las nuevas tecnologías, que se encuentran disponible en la institución.

Por otra parte, se presentan deficiencias en el aprendizaje de esta asignatura, ya que los estudiantes se encuentran limitados en los conocimientos previos, y el tiempo para adquirir las competencias teórico – práctico es muy corto, lo que interfiere en el proceso de aprendizaje y dificultad en el desarrollo de las actividades propuestas en clase. Debido a este escenario se propicia la idea de esta investigación, la cual esta orientada a recabar información acerca de los contenidos de dibujo técnico que representan mayor dificultad a los estudiantes de 1er. Año de diversificado de la Unidad Educativa Colegio Betania, tomando en cuenta las características y necesidades instruccionales específicas de la población a la que va dirigida, y analizar las estrategias empleadas por los docentes en la enseñanza del dibujo técnico, con la finalidad de establecer el contexto en el cual va a estar enmarcada la propuesta de un material educativo computarizado (MEC) como alternativa para el aprendizaje del dibujo técnico, que refuerce las actividades realizadas en la clase, permita a los estudiantes experimentar de forma interactiva con los contenidos de dibujo técnico, y sirva de apoyo al docente, permitiéndole manejar más contenidos en menor tiempo, y de forma dinámica.

Por otro lado, se da la contribución de un aporte que incentive a los docentes a emplear con mayor frecuencia los recursos y herramientas apoyados en el computador para facilitar un eficiente desempeño durante el proceso de enseñanza – aprendizaje; por lo tanto, se propone diseñar un Material Educativo Computarizado en la Enseñanza – Aprendizaje del Dibujo Técnico en 1er. Año Ciencias de la Unidad Educativa "Colegio Betania"

A todo esto, la acción educativa debe asegurar que los futuros docentes logren los aprendizajes de modo comprensivo, relacionados y globalizados hacia una significación personal y social de modo que sean efectivos en situaciones nuevas y sirvan para seguir aprendiendo ante las crecientes y múltiples oportunidades de aprendizaje. Es por ello que para satisfacer una educación con la calidad y los requerimientos de conocimientos y habilidades acordes con el desarrollo tecnológico que se aborda en la actualidad, se hace necesario desarrollar un sistema de enseñanza donde el docente haga uso de las herramientas más modernas, para lograr que el educando se apropie de los conocimientos de una forma más activa y a la vez, que él se sienta parte del proceso de aprendizaje de forma interactiva.

La relevancia de esta investigación radica en el aporte al fortalecimiento de los procesos de enseñanza y aprendizaje de la asignatura de dibujo técnico, mediante el uso de un material educativo computarizado, ya que permitirá a los docentes explorar el gran potencial educativo de los mismos, y obtener las competencias necesarias para la incorporación del computador como recurso didáctico, y a los estudiantes les brinda una nueva posibilidad de aprendizaje no tradicional que aumente su motivación y rendimiento. Por otra parte, entre los beneficios se destacan la inclusión de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), el mejoramiento del rendimiento académico, la participación activa de los educandos y educadores en el proceso de formación y la adquisición de un aprendizaje significativo, contribuyendo de esta manera al mejoramiento del sistema educativo venezolano.

Es por ello que con este proyecto se beneficiarán los actores en estudio, al pretender poner en práctica una nueva metodología diferente al que tradicionalmente se lleva a cabo en el área diversificada. Convirtiendo este trabajo en un aporte con la implementación de las tecnologías al ámbito educativo contemplada en la Educación, aunado a ello, puede ser de gran utilidad para instituciones tal como el Ministerio del Poder Popular para la Educación y el Ministerio de Ciencia y Tecnología. Por consiguiente, la actualización que adquieren los docentes sobre enseñanza- aprendizaje, los coloca cada vez más frente a su verdadera función como facilitadores del proceso educativo y líderes de los cambios que se producen en su entorno.



Metodología

De acuerdo a la naturaleza del estudio se encuentra enmarcado dentro de la modalidad de proyecto factible, debido a que está orientado a proporcionar solución o respuesta a problemas planteados en una determinada realidad, la cual está basada en una investigación de carácter descriptivo. Por otro lado, el diseño de investigación se encuentra definido por los objetivos establecidos en el estudio, siendo esta investigación de tipo descriptivo su diseño es de campo no experimental. De acuerdo Balestrini (2002) estos diseños “permite establecer una interacción entre los objetivos y la realidad de la situación de campo; observar y recolectar los datos directamente de la realidad, en su situación natural, profundizar en la comprensión de los hallazgos encontrados con la aplicación de instrumentos y proporcionar al investigador una lectura de la realidad objeto de estudio” (pág.132).

Con respecto a esta investigación se va a considerar una población finita, que es la agrupación en la que se conoce la cantidad de unidades que la integran, conformada por cuatro (4) profesores y cincuenta (50) estudiantes del 1er año de ciencias, de la U. E. Colegio Betania, Estado Carabobo. Para esta investigación, se utilizará un tipo de muestreo intencional. Se seleccionará a dos (02) profesores y dieciséis (16) estudiantes del 1er año de ciencias, de la U. E. Colegio Betania, Estado Carabobo.

En función de los objetivos propuestos en esta investigación, se emplearán algunos instrumentos y técnicas de recolección de información. Estos se ubican en dos formas básicas, primero el análisis de contenido documental, el cual se hace necesario para organizar toda la información que se manejará durante la investigación y establecer los límites de la formulación del problema y segundo lugar se utilizarán las técnicas de la encuesta escrita y la observación directa participativa, el cuestionario se va a estructurar con preguntas cerradas de selección simple, con la finalidad de abordar a los estudiantes y profesores que serán seleccionados en la muestra estadística.

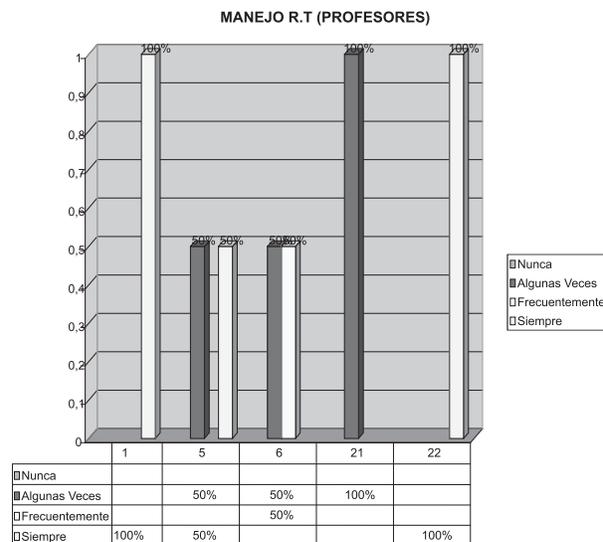
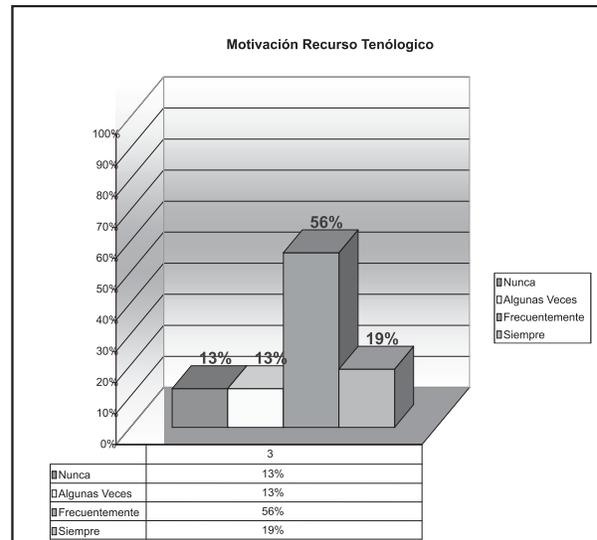
La validez de contenido del instrumento a utilizar para la recolección de datos, se realizará mediante el juicio de expertos, para determinar los ítems del cuestionario bajo los supuestos teóricos implícitos en la investigación, se elegirá a tres expertos familiarizados con las variables en estudio para determinar si las dimensiones del instrumento son exhaustivas, seleccionando los ítems bajo una cuidadosa evolución en cuanto a: redacción, contenidos pertinencia con los objetivos de la investigación. Según Sampieri (1991), la validez se refiere al grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir. Tomando en cuenta que la confiabilidad del instrumento se determino por el método

de consistencia interna Alfa de Cronbach, por poseer más de dos alternativas.

Para la comprensión de los resultados obtenidos del cuestionario aplicado se procedió a tabularlos, tomando las respuestas seleccionadas por cada uno de los individuos. Se representaron los resultados en gráficos de columnas, de manera que se pueda visualizar las inclinaciones del encuestado para la interpretación de los datos de acuerdo a la información que se recogió de los ítems que conforman el instrumento, estableciendo una relación entre estos y las bases teóricas que sirven de soporte al presente estudio, para determinar la aplicabilidad de la propuesta.

De acuerdo a los resultados obtenidos con el instrumento aplicado a los estudiantes y docentes, se obtuvieron los siguientes resultados de acuerdo a los ítems planteados, tales como:

Ítems nº 3 - Los materiales educativos computarizados favorecen la motivación de los estudiantes.





Se observa que el 56% de los alumnos encuestados respondieron que frecuentemente los materiales educativos favorecen la motivación, si a esto se suma que el 19% opinan que siempre favorece, da un total de 75%, esto indica que los estudiantes encuestados en su gran mayoría están de acuerdo con los Materiales Educativos Computarizados. Este resultado se consolida con la respuesta obtenida de los profesores, donde el 100% de los encuestados está de acuerdo con el beneficio que ofrecen los Materiales Educativos Computarizados a la motivación.

Ítems N° 1 - Las aplicaciones informáticas sirven de apoyo en los aprendizajes.

Ítems N° 5 - Ha utilizado los materiales educativos computarizados (MEC)

Ítems N° 6 - Utiliza el computador como apoyo en su labor (diseño de formatos, elaboración de materiales didácticos).

Ítems N° 21 - Utiliza recursos tecnológicos (retroproyector, presentaciones, videos) en el desarrollo de las clases.

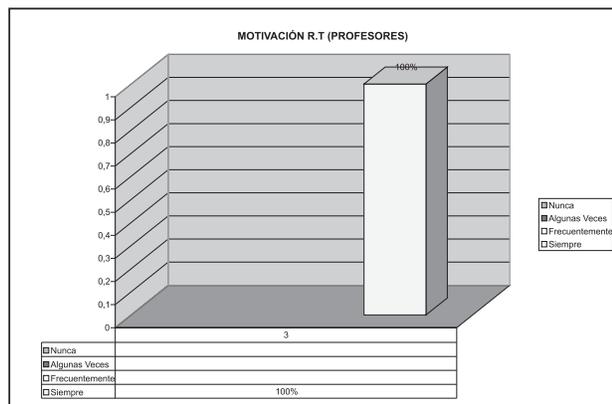
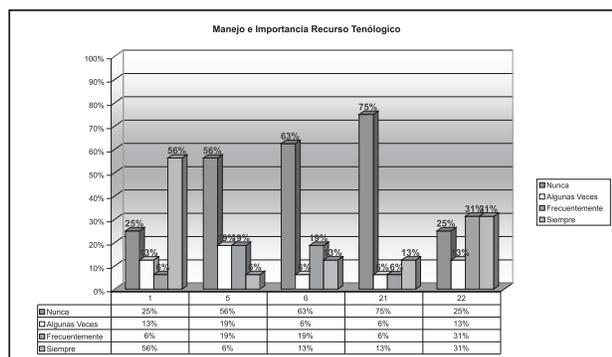
Ítems N° 22 - Con los materiales educativos computarizados podría mejorar la enseñanza- aprendizaje del dibujo técnico.

de los estudiantes considera nunca el docente utiliza el computador como apoyo en su labor docente; el 75% de los estudiantes considera que nunca el docente utiliza los recursos tecnológicos (retroproyector, presentaciones, videos) en el desarrollo de las clases; por otra parte el 31% de los encuestados consideran que siempre los materiales educativos computarizados podría mejorar la enseñanza-aprendizaje del dibujo técnico, y si a esto se suma que el 31% considera que frecuentemente, entonces se tiene que un 62% piensan que los materiales educativos podrían mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

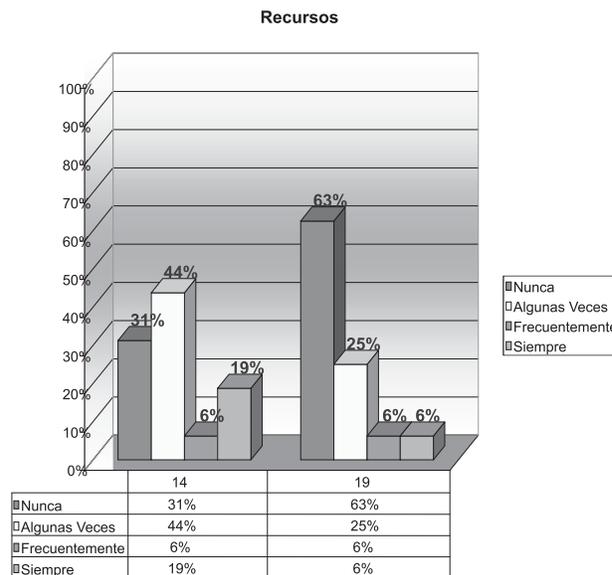
Según los docentes encuestados, el 100% consideran que las aplicaciones informáticas sirven de apoyo en los aprendizajes; por ello utilizan frecuentemente o casi siempre un 50%, en la labor docente frecuentemente o algunas veces el 50% utiliza el computador, el 100% algunas veces utiliza los recursos tecnológicos, con el 100% establecieron que los materiales educativos computarizados podría mejorar la enseñanza- aprendizaje del dibujo técnico.

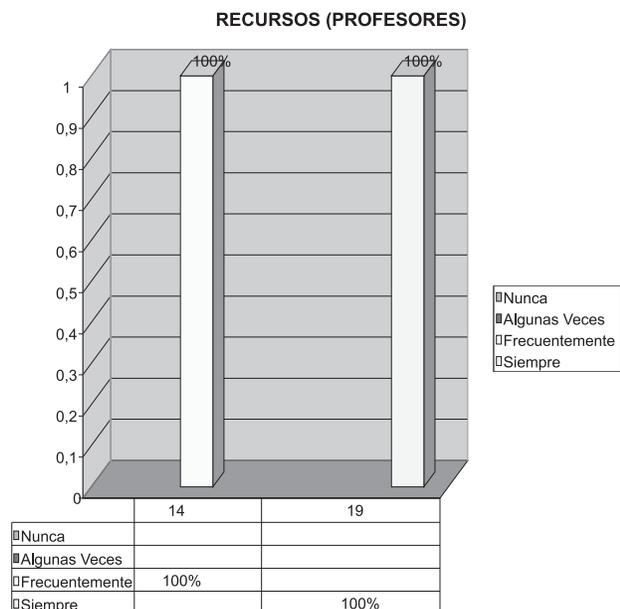
Ítems n° 14 - Durante las clases utiliza diversidad de recursos y estrategias.

Ítems n° 19 - La institución cuenta con recursos actualizados para impartir la asignatura.



Se observa que un 56% de los encuestados considera que siempre las aplicaciones informáticas sirven de apoyo en los aprendizajes; el 56% de los estudiantes considera que nunca han utilizado los materiales educativos computarizados (MEC); el 63%





Para los ítems N° 14, se encontró que un 44% de los encuestados considera que el docente algunas veces utiliza diversidad de recursos y estrategias durante las clases, si a esto se le suma el 31% considera que nunca, se obtiene que un 75% piensa que generalmente no se utilizan diferentes estrategias y recursos. Mientras que los docentes opinan en un 100% que frecuentemente utilizan variedad de recursos y estrategias.

Por otra parte, el ítem 19, se encontró que el 63% de los estudiantes opinan que la institución no cuenta con los recursos actualizados para impartir la asignatura, y el 100% de los docentes encuestados opinan que siempre, la institución ha contado con los recursos actualizados. Se presume que aunque la institución cuente con los recursos, los estudiantes lo desconocen porque no los utilizan en sus clases, siendo éste uno de los criterios que sustentan la propuesta, ya que, los docentes no aprovechan el recurso tecnológico con que cuenta la institución.

Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos con el instrumento aplicado a los estudiantes y docentes, se puede concluir, que la incorporación del material educativo computarizado en el proceso de enseñanza – aprendizaje de la asignatura, favorecería la percepción que tienen los estudiantes de las estrategias, métodos y forma de impartir la clase por parte de los docentes; ya que a través del uso de los materiales educativos se fomenta que el estudiante adquiera su propio conocimiento, con la práctica constante y la dedicación necesaria manteniendo una motivación y dinamismo en la clase; y de esta manera servir de herramienta de apoyo al docente, ya que cada día la educación debe estar a la vanguardia de los cambios constantes aprovechando la

tecnología como apoyo en el proceso educativo.

Título de la Propuesta:

Material Educativo Computarizado en la Enseñanza – Aprendizaje del Dibujo Técnico en 1er. Año Ciencias de la Unidad Educativa “Colegio Betania”

Presentación de La Propuesta

La propuesta que plantea la presente investigación consiste en el desarrollo de un Material Educativo Computarizado (MEC) titulado “**TRAZOS**”, con un ambiente interactivo lineal, dirigido a los docentes y estudiantes de Dibujo Técnico de 1er. Año de Diversificado, para apoyar el proceso de enseñanza - aprendizaje de los contenidos de Traslación, Proyecciones y Axonometría a través de la utilización de recursos interactivos y multimediales. La propuesta se encuentra dentro del marco de la reforma curricular vigente y a la vez representa una herramienta de enseñanza – aprendizaje. Además está enmarcada bajo la modalidad de un sistema tutorial, el cual incluye las cuatro grandes fases que deben formar parte de todo proceso de enseñanza aprendizaje: la fase introductoria, en la que se genera la motivación, se centra la atención y se favorece la percepción selectiva de lo que se desea que el alumno aprenda; la fase de orientación inicial, en la que se da la codificación, almacenaje y retención de lo aprendido; la fase de aplicación, en la que hay evocación y transferencia de lo aprendido y la fase de retroalimentación en la que se demuestra lo aprendido y se ofrece retroinformación y refuerzo.

En el material educativo se dio énfasis al diseño de interfaces adecuadas para la transmisión de los contenidos, transformándolos en un material que capte la atención de los estudiantes y facilite la navegación a través de la aplicación. Se buscó generar una interfaz lo suficientemente sencilla para que los alumnos no tengan que perder tiempo en aprender técnicas de manipulación de software, al mismo tiempo se puso especial atención en generar material educativo innovador.

Objetivo General de la propuesta: Diseñar un recurso tecnológico que facilite los procesos de enseñanza – aprendizaje significativos de los contenidos de dibujo técnico de 1er. Año de Ciencias.

Elaboración de la Propuesta

La metodología utilizada para el desarrollo de esta propuesta es la diseñada por Galvis (1996) que consta de cuatro fases: análisis de la necesidad, diseño del material, desarrollo del material y evaluación.

Análisis de Necesidad: Según observaciones y entrevistas realizados a los docentes del área de educación para el trabajo se pudo detectar que existen deficiencias en el proceso de enseñanza aprendizaje de la asignatura dibujo técnico de 1er. año de Ciencias, lo cual se pone de manifiesto por la apatía y falta de interés presentada por el estudiantado hacia la asignatura, lo que interfiere



en el logro de los objetivos, por otra parte los estudiantes no poseen conocimientos previos de esta asignatura, y el tiempo asignado a la materia es bastante corto y muchas veces no se logran adquirir las competencias teórico práctico.

El Diseño: El diseño computacional es donde se establece la estructura lógica que va a tener el Material Educativo Computarizado, para que cumpla las diferentes funciones de acuerdo al objetivo de su diseño. Según Galvis (1996), la estructura lógica del material, tiene que ver con los procedimientos que este va a seguir, se puede realizar utilizando diagramas de flujo. Este diseño define la navegación, estructura y funcionalidad del Material Educativo Computarizado. A continuación se presenta el Diagrama de Flujo sobre la Navegación del Material Educativo Computarizado.

Desarrollo del Material Educativo: El desarrollo del Material Educativo Computarizado "TRAZOS", estuvo a cargo de dos especialistas en informática y dos docentes de dibujo técnico. Se realizaron las pantallas desde el punto de vista informático; tomando como guía el storyboards (diseño en papel) y el orden secuencial de los eventos instruccionales del organigrama N°1. Se utilizaron diversos programas informáticos para la programación del material, tales como; Macromedia Flash para las animaciones, para la creación de las actividades de ejercitación y práctica se utilizó la aplicación Hotpotatoes y para la presentación a través de páginas web se utilizó Macromedia Dreamweaver.

Evaluación: Es importante resaltar que este trabajo de investigación no debe llegar hasta aquí, ya que será cuando se ejecute el proceso de implementación, es decir, la evaluación a través del juicio de expertos y una prueba piloto por parte de los usuarios; es la que

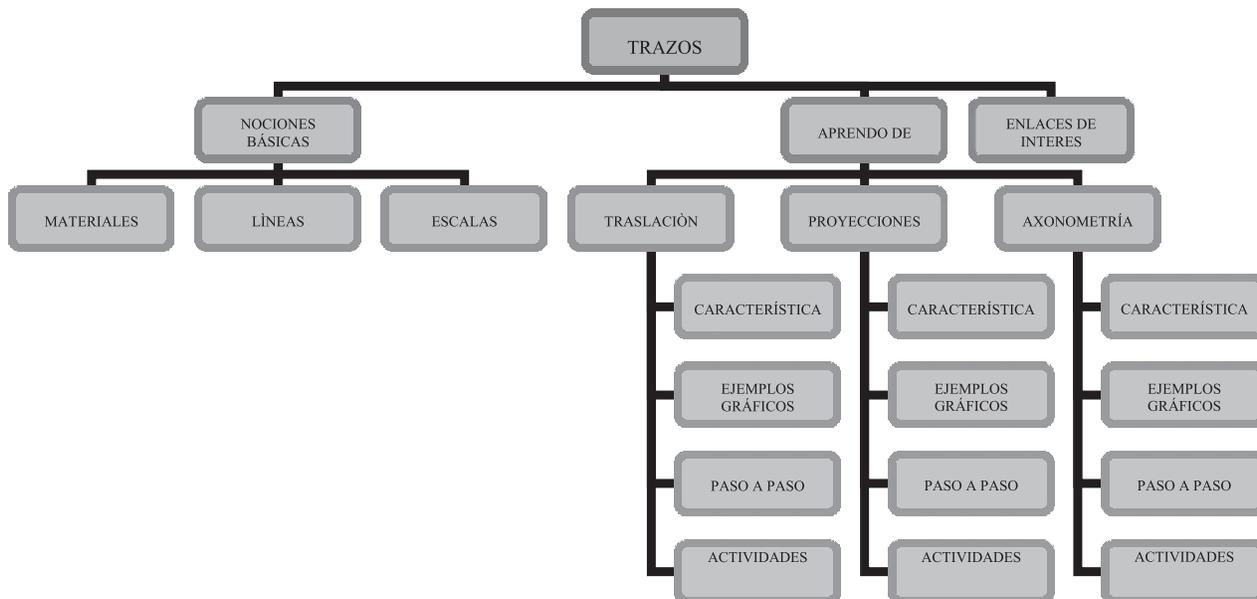
permitirá realizar los ajustes y correcciones necesarias para obtener un producto completo y de alta calidad. Para que el Material educativo computarizado (MEC) pueda ser utilizado por los docentes no sólo de la Unidad educativa Colegio Betania, sino por cualquier docente del área de dibujo técnico que esté interesado en utilizar este recurso alternativo e innovador como apoyo en su práctica educativa. Dicha evaluación no se realizó por motivo del factor tiempo, ya que la entrega de esta investigación (Proyecto del Trabajo Especial de Grado presentado como requisito parcial para optar al Título de Licenciado en Educación, Mención Educación Para el Trabajo Sub-Área Comercial) se encuentra en un espacio de tiempo muy reducido.

Conclusiones

La realización de esta propuesta en el área de dibujo técnico se encuentra enmarcada en la necesidad que existe de crear herramientas educativas novedosas apoyadas en el computador, que faciliten los procesos de difícil comprensión si se utilizan métodos tradicionales.

Constituye una alternativa válida que permita al estudiante experimentar de forma interactiva con los contenidos de dibujo técnico, a través de la presentación de contenido teórico, movimiento espacial, y ejemplos prácticos, que le permitirán al estudiante aprender de manera significativa los contenidos, y a su vez, permite al docente mantenerlos atentos con las actividades en forma amena, agradable y armónica, incidiendo de esta forma en la adquisición de un rol activo, participativo, reflexivo y crítico en el proceso enseñanza – aprendizaje.

Organigrama N° 1: Navegación del Material educativo "TRAZOS"





Agradecimientos

A la Universidad de Carabobo por brindarme las herramientas necesarias para desarrollar esta investigación, de igual manera a los profesores y en especial a mi tutora de tesis quien siempre me oriento a seguir adelante con el proyecto.

Referencias

BALESTRINI, M. (2002) Como se elabora el proyecto de investigación. Editorial Consultores Asociados. Caracas, Venezuela.

GALVIS, A. (1996). "Ingeniería de Software Educativo". Ediciones Uniandes.

MORÍN, E. (2000). Los Siete Saberes necesarios para La Educación del Futuro. Colombia.

SAMPIERI, R., y Col. (1991) Metodología de investigación. México.



El Teletrabajo una opción para los trabajadores de la informática

Lubiza Osio Havriluk
FACES-Universidad de Carabobo
losio@uc.edu.ve

Resumen

Este artículo ubica las reflexiones en cinco segmentos. En primer lugar, se da una visión sobre el teletrabajo en el mundo y en específico, en Latinoamérica. En segundo lugar, se analiza los trabajadores de la informática en el teletrabajo. El tercer aspecto, la dificultad actual que hay para teletrabajar. Como cuarto aspecto las PyMEs Venezolanas y su relación con las Tecnologías de Información y Comunicación. Finalmente, se estudia la modalidad “Mix” Teletrabajo / “Freelance” como opción para los trabajadores de la informática.

Palabras clave: teletrabajo, Tecnologías de Información y Comunicación, freelance.

Telework, an option for computers science workers

Abstract

This article locates the reflections in five segments. First of all, a vision occurs on telework in the world and specific in Latin America. Secondly, one analyzes the workers of computer science and telework. The third aspect, the present difficulty that there is to telework. Like fourth the Venezuelan PyMEs and their relation with the Technologies of Information and Communication. Finally, the modality “Mix” “Freelance”/Telework like option for the workers of computer science.

Key words: Telework, Technologies of Information and Communication, freelance.

Introducción

Con el surgimiento de la Internet muchas cosas han cambiado en la vida y el quehacer diario de las personas, desde dejar de usar el correo para enviar correspondencia hasta dejar de trabajar en un lugar fijo y recurrir al teletrabajo. La Internet ha creado nuevas formas de hacer las cosas, permitiendo dinamizar la realización de muchas tareas y dándole un nuevo enfoque a muchas profesiones. Unas de las áreas de trabajo que se ha visto dinamizada por el Internet, es la relacionada con los profesionales de la informática. Ello ha abierto un nuevo campo a estos trabajadores; pues dada la naturaleza de su profesión, no importa en donde estén localizados para realizar gran parte de sus trabajos, convirtiendo en un aspecto interesante el manejo de “outsourcing” para el requerimiento de Sistemas de Información (SI) y Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) por parte de las Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs).

El Teletrabajo

Cabe destacar que desde inicios de siglo XXI, la tendencia al teletrabajo se mostró renuente y con muy poco apoyo de las grandes empresas, principalmente, porque era entendido como una situación de alta conflictividad, ya que estas organizaciones siempre han contado con suficientes recursos para dar impulso a nuevas modalidades, alternativas innovadoras y transformacionales. Sin embargo, con el transcurrir de los últimos 10 años, cada día más, los empleados han sido incorporados a esta forma de empleo y con tendencia a crecer. Inicialmente, las primeras experiencias

desarrolladas bajo modalidad de “teletrabajo”, fueron las empresas de telecomunicaciones, SI y TIC, pero ya han comenzado a incorporarse compañías más tradicionales, sin miedos, ni tabúes. En países de la Unión Europea, se ve un crecimiento interesante del teletrabajo, como opción para muchos profesionales:

El teletrabajo es uno de los ámbitos por los que la Unión Europea está apostando más fuertemente, pues en la actualidad son más de 9 millones de teletrabajadores en la Unión Europea, 357.000 en España, y se espera que lleguen a suponer un 10% de la población activa. Este importante potencial debe ser afianzado mediante una regulación adecuada que permita su correcto desarrollo. (Rodríguez-Piñero y otros, 2001:2)

Esto permite entender que, ya los países desarrollados van por esta tendencia para aumentar su fuerza laboral y expandir sus horizontes laborales. Así mismo, en América Latina se ha dado un auge interesante al teletrabajo en los últimos años; en países como Argentina y Perú, existen comisiones de teletrabajadores para organizar y apoyar a los profesionales en esta área. Debido a que este se ha convertido en una opción, pues éste no sólo abre las puertas al campo laboral del país de residencia, sino a otros países. Según Boiarov (2008:10) las estadísticas para el 2006, en una encuesta realizada a 1504 teletrabajadores efectivos residentes en Argentina, Brasil, Colombia y Costa Rica, se puede entender que el nivel de instrucción superior al secundario alcanza el 89,4% y si se incluye a los que poseen estudios secundarios se llega al 97,8%.



Estos resultados indican, que existe un mercado potencial que podría ser abordado por profesionales de distintos grados que estén especializados en alguna labor relacionada, la cual pueda ser comprobable. Ya que una gran parte de los teletrabajadores viene dada por profesionales en formación, como lo son el caso de los estudiantes universitarios (26,3%). Sin embargo, a pesar de estas cifras impactantes, para Latinoamérica la modalidad de teletrabajo continúa siendo una novedad que, afortunadamente, está ganando cantidades de adeptos con mucha rapidez.

El caso de Venezuela, según Escalante, Cendrós y Urdaneta (2006), es el siguiente: las empresas en Venezuela han destacado que éstas empezarán a emplear el servicio de teletrabajo en, aproximadamente, cinco años, alcanzando entre el 10 y el 15% de la población económicamente activa, lo que supondría, por el momento, además de un ahorro de “puestos físicos”, un aumento de 50.000 puestos de trabajo. Se espera que esta modalidad se consolide en el futuro, teniendo en cuenta la cantidad de estudiantes y profesionales conocedores del campo informático que se encuentran en el país. Ante estas perspectivas, se han comenzado a consolidar empresas bajo el concepto del teletrabajo, como lo es, por ejemplo, la empresa de teletrabajadores y graduados en Relaciones Industriales en la Universidad Católica Andrés Bello (UCAB), de Caracas.

Así mismo, existen organismos como el Grupo Empresarial de Servicios Integrados, los cuales han puesto en marcha programas de capacitación, promoción, implantación y desarrollo del teletrabajo; formando a los trabajadores para ser insertados en el mercado laboral. Escalante, Cendrós y Urdaneta (2006), piensan que “opciones como el teletrabajo podrían obtener perspectivas esperanzadoras, si se toma en cuenta que el mercado de servicios tecnológicos empleó a 411.602 personas con alzas de un 37,8% y un 13% en informática y comunicación durante la última década”. Esto permite vislumbrar una posibilidad latente de la incorporación del teletrabajo en Venezuela como opción viable y respetada.

Los Trabajadores de la Informática

Durante el seminario Tecnología de Punta 2006, organizado por la consultora KPMG, se definió al teletrabajo como:

...una alternativa para compensar la falta de programadores. Las empresas van a requerir cada vez más desarrolladores de software, fundamentalmente las concentradas en el área metropolitana, y el teletrabajo es una verdadera opción... incluso podrían contratar gente con discapacidades, pero esto va a ser una realidad el día que la banda ancha llegue a todo el país”. (Pallotti, 2006)

En estas palabras se ve planteado, como el teletrabajo es una opción viable para la gente del área de la informática. Por otro lado, existe una realidad presente en la mayoría de los países de América Latina y el Caribe, manifestada en la ausencia de departamentos de SI y TIC, dentro de las organizaciones, con mayor énfasis en la Pequeña y Mediana Empresa (PyME). Esto lo señala muy bien Castillo (2007), quien comenta “actualmente la dirección de TI en México, no es considerada como un departamento esencial en la organización, por tal razón las empresas proveedoras de servicios conocidas como “outsourcing” son cada vez más solicitadas.”

La dificultad de Teletrabajar

En la actualidad, el teletrabajo no es muy bien visto por muchos empresarios, debido al desconocimiento sobre sus posibilidades y ventajas. Si además, se considera la escasa implantación de herramientas que ayuden a gestionar a este tipo de trabajadores, para muchos que buscan en el Teletrabajo la solución a su problema de empleo, la frustración es alta, por cuanto las oportunidades de teletrabajar por cuenta ajena son muy pocas, debido a que éste es un rubro que se presta fundamentalmente al trabajo por objetivos. Sin embargo, para personas con iniciativas propias y prestación de servicios, el teletrabajo está siendo una fuente de empleo muy importante, a pesar que este régimen de trabajo supone un mayor nivel de gastos para el trabajador.

Huuhtanen (2007), opina que las formas de organizar el teletrabajo dependen de la gestión y de la cultura de liderazgo, de la política de personal de la empresa y de los motivos del teletrabajo. Estos factores afectan, a su vez, al modo de planificar la preparación y la formación para el teletrabajo y al modo de organizar los mecanismos y contratos de teletrabajo en el ámbito de la empresa. En los casos más favorables, el teletrabajo se establece sobre una base voluntaria, con la opción de regresar al lugar de trabajo tradicional, si es preciso. Todo esto plantea la necesidad de generar estructuras organizacionales que permitan incorporar el teletrabajo, como una opción en ciertas áreas organizacionales y así ampliar la visión que se tiene del mismo. Igualmente, hay que entender cuáles son los objetivos a alcanzar y las tareas a realizar en estos puestos de teletrabajo, a fin de generar estructuras claras y mayor confianza en la gerencia media que facilite la incorporación de esta modalidad en las empresas venezolanas.

Las PyMEs Venezolanas y las TIC.

Para introducir el teletrabajo como herramienta, es necesario conocer el comportamiento real de las PyMEs en Venezuela. Según Vásquez (2007: 1) “éstas generan 40% del empleo nacional, además aportan cerca del 33% del Producto Interno Bruto —el petróleo genera 28% del PIB.—” Estas cifras permiten inferir que gran parte del



rubro empresarial venezolano, está conformado por las PyMEs. Igualmente, se señala en el mismo artículo que, existen aproximadamente 280 mil organizaciones en el país, consideradas como tales. Parafraseando a Vásquez (2007:2), en su artículo denominado “Pymes y TIC: territorio incomprendido”, se entiende que el empresario de la pequeña empresa tiene una visión de subsistencia y en su mayoría son autodidactas, también precavidos y desconfiados. Estas características lo llevan a actuar con su intuición y experiencia. Por otro lado, el empresario de la mediana empresa, tiene una visión completamente distinta pues esta enfocada al crecimiento, ya que está más preparado académicamente, lo que lo lleva a la innovación y a la necesidad de contratar servicios de desarrollo empresarial.

Lo anterior, permite entender que en las empresas medianas hay una mayor tendencia a la generación de proyectos de desarrollo empresarial. Por lo tanto, es importante considerar que ante la Ley de Ciencias, Tecnologías e Innovación (LOCTI), promulgada en el año 2006, donde se contempla la posibilidad de generar proyectos que permitan el desarrollo de plataformas tecnológicas orientadas a generar conocimiento en las organizaciones y hacerlas más competitivas, muchas de las PyMEs se ven incentivadas a la incorporación de proyectos de este tipo, ya que cuando se analizan las cifras provistas por la legislación venezolana, dadas por Vásquez (2007: 2), “se dice que una pequeña empresa es la que tiene entre 11 y 50 empleados y factura hasta 1,5 millones de dólares al año. Mientras que una empresa mediana, tiene entre 51 y 100 empleados y factura 3,9 millones de dólares.”

Con cifras correspondientes al año 2007, se puede ver que el Ingreso Bruto de una empresa mediana alcanza aproximadamente a BsF. 8.385.000. Comparando este monto con el ingreso mínimo exigido para la inversión por LOCTI, el cual para el año 2007, según cifras brindadas por el Ministerio del Poder Popular para la Comunicación y la Información (2007) y considerando la unidad tributaria de BsF. 37,632, de acuerdo a la Gaceta Oficial N° 38.603, de fecha 12 de enero de 2007, corresponde a BsF. 3.763.200. Ello permite afirmar que, gran parte de las empresas medianas están obligadas a realizar inversiones en mejoras tecnológicas o efectuar aportes a los organismos o instituciones establecidas en la referida ley.

Esta inversión puede ser realizada, en la incorporación de TIC y SI, para mejorar las operaciones de las empresas y en consecuencia, su posición competitiva, así como generar conocimientos; pues el campo de acción es suficientemente amplio. Además, la LOCTI permite que una empresa grande o mediana pueda hacer aportes para beneficiar con proyectos de este tipo a empresas pequeñas que son sus proveedoras y que no tienen el músculo financiero para ello. Esto permite

incrementar el número de empresas que pueden necesitar desarrollar proyectos de TIC y SI, lo cual aumentaría dramáticamente la demanda de profesionales en el área.

Ahora bien, la gran interrogante que surge es: ¿Por qué afirmar que los proyectos en TIC y SI son necesarios? Las siguientes estadísticas, aportadas por Vásquez (2007:3), se indica el comportamiento de las PyMEs venezolanas ante la industria de las TICs, en lo que respecta a la adquisición de tecnologías blandas y duras en el área de informática y su utilización: las pequeñas empresas representan el 82% del total de las compañías formales en Venezuela, pero sólo realizan 15,6% del gasto en TIC. Sólo el 67,9% de la inversión en TIC es realizado por el 6,7% de las compañías, las cuales pertenecen al segmento de la gran empresa. La ausencia de planificación, las pocas oportunidades para una adecuada formación del recurso humano y la falta de acceso a diversidad de servicios, están entre los principales factores que frenan la incorporación de tecnologías de información en las Pymes venezolanas. Sin embargo, hay que estudiar la situación de las Pymes en los países en vías de desarrollo, ya que en ellas se han identificado cuatro importantes limitaciones que enfrentan estas empresas a la hora de adoptar las TIC:

- (i) falta de conciencia sobre cómo las TIC pueden ayudar a mejorar el desempeño de sus negocios;
- (ii) falta de recursos para invertir en hardware y software;
- (iii) ausencia de facilidades de capacitación o altos costos de entrenamiento del personal de la empresa; y
- (iv) falta de acceso a servicios técnicos fuera de la empresa. (The International Development Research Center, 2007: s/p)

Los señalamientos anteriores permiten afirmar que en Venezuela, la falta de acceso a empresas que brinden soluciones y servicios técnicos, es una de las causas que inducen a la realización de inversiones en TIC. Otro factor a considerar es que, en Venezuela los empresarios no poseen conocimientos de cómo usar las TIC en sus empresas; pues no se han generado herramientas apropiadas para educar al empresario y poner a su alcance el poder de las tecnologías, a través de un sitio que les informe sobre proveedores de TIC, confiables y responsables. Por su parte, la empresa Cisco líder en el mercado de las telecomunicaciones, ha identificado importantes oportunidades de mercado en Venezuela para los próximos años, debido a que el 75% de las empresas tiene presupuesto anual para tecnología, de manera que ayudarles a canalizarlos bien es uno de los retos de la industria TIC (Vásquez, 2007:3). Con todo lo anteriormente expuesto se evidencia que el mercado de las tecnologías es un mercado en pleno desarrollo y en el cual las empresas están realizando inversiones. En este sentido, el paso siguiente es permitirles a los empresarios el acceso a los proveedores de estas tecnologías y en consecuencia, construir una fuerte relación de confianza



para implementarlas; especialmente, en el desarrollo de software para ventas por internet y kioscos; productos que pueden ser desarrollados por “freelance” o teletrabajo.

La Modalidad “Mix” Teletrabajo / “Freelance”

Malone (2002: s/p) expresa “las estructuras empresariales descentralizadas y un aumento del número de “e-lance”, o lo que es lo mismo, de teletrabajadores, es el panorama augurado hoy en día”. Es decir, el teletrabajo / “freelance” se perfila como una manera de adentrarse y comenzar a explorar el mundo laboral y, si es bien llevado, ser exitoso y rentable en el área en que se desenvuelve, ya que el “mix” teletrabajo / “freelance”, permite entablar transacciones desde la casa o un telecentro, donde se tiene a la disposición del cliente (empresas) una diversidad de servicios vinculados al desarrollo de productos de cualquier índole. No obstante, cuando se empezó a manejar la modalidad de teletrabajo, se pensó que únicamente las grandes compañías tenían oportunidad para trabajar bajo esta tendencia; pero contrariamente, las PyME se han aventurado en el mundo de Internet y han sido las forjadoras del concepto mixto al que se hace referencia; es decir: un teletrabajador como “freelance”, quien no va presencialmente a una oficina y puede trabajar para varias empresas a la vez, disminuyendo costos y contribuyendo a evitar el aislamiento antes provocado por el teletrabajo original.

Continuando con Malone (2002: s/p), la tendencia hacia la descentralización se viene dando desde comienzos de los años 90: “las empresas, sobre todo las estadounidenses, no tienen una estructura piramidal, sino que todos los empleados plantean sus ideas y se parecen cada vez más a universidades”. No obstante, el propósito debe centrarse en dar opciones de trabajo más económicas a los empleados de las pocas PyMEs que han sobrevivido, ya que las ventajas de esta estructura descentralizada son muchas, tanto para el trabajador; permitiéndole flexibilidad en cuanto al lugar, momento y forma de realizar sus tareas, como para la empresa, al estimar una reducción de costos, siempre y cuando las comunicaciones sean baratas. Todo esto es posible, gracias a que las compañías sólo hacen uso de los servicios del teletrabajador, cuando los necesitan y no afrontan el gasto de tenerle fijo en plantilla. Por lo tanto, se benefician de una mayor eficacia, al poder elegir en cada ocasión a los trabajadores que más les convenga, es decir, un “freelance”.

Ahora bien, son muchas las oportunidades de negocio por subcontratación (“freelance”) que se han derivado a través de la tendencia “mix” mencionada; pero, existe una que ha tomado mayor auge y repunte a ser la más demandada dentro del medio de las TIC y SI. Viscasillas (2004), indicó que “en el último par de años un gran número de teletrabajadores ha derivado una

tendencia por las TIC y los SI; es decir: programadores, diseñadores gráficos y creadores de páginas web”. No obstante, la conflictividad que existe actualmente, parte del auge desorganizado que han tenido los programadores y diseñadores independientes de TIC y SI en Latinoamérica, muy en particular en Venezuela, básicamente por la manera de comercialización inefectiva que genera un incremento en los costos por uso inadecuado de las estrategias de mercadeo y transacción de sus desarrollos.

El campo laboral en crecimiento, nicho de mercado, identificado por emprendedores de PyMEs que requieren de TIC y SI, a bajos costos de subcontratación, es una alternativa que se ha convertido atractiva y muy solvente para aquellos que han decidido tomarla como medio de ingresos. Concibiéndose esto como una necesidad, es muy probable que si no son agrupados, organizados y canalizados bajo un ambiente que atienda las particularidades del negocio, se despilfarrará no sólo esfuerzos, sino talento, oportunidades de negocio, transacciones efectivas, entre otros. El “Freelance” es, indudablemente, una opción idónea para convertir a emprendedores en teletrabajadores corporativos, institucionalizados y con mayores facilidades de ofrecer sus desarrollos de TIC y SI en el mercado venezolano.

Conclusiones

En la actualidad, 1) el teletrabajo se vuelve una opción bien atractiva para las PyMEs venezolanas, que, por su estructura, les es costoso tener departamentos de TIC y SI. Esta modalidad le permite incorporar personas para resolver problemas de la organización en esta área, sin tener que ampliar infraestructura para dar cabida a estos. Así mismo, 2) estos profesionales para satisfacer sus actividades profesionales deben manejar tecnología de punta y la empresa al incorporarlos, a través del teletrabajo, mejora indirectamente su infraestructura tecnológica potenciándola. 3) Para los trabajadores de la informática esta opción les amplía sus fronteras consiguiendo trabajo en diferentes lugares del mundo, permitiéndoles esto ampliar sus conocimientos y adaptarse a estándares internacionales que mejoran la industria del software en Venezuela. También, 4) el valor agregado de generar tecnología para otros países permite actualizar y mejorar el mercado actual de TIC y SI desarrollado en el país, brindando mejores opciones para las PyMEs venezolanas.

Referencias

Boiarov, Sonia (2008). Meta 5 eLAC2007: Informe sobre legislación y normativa vinculada al teletrabajo en América Latina y el Caribe. Enero, 2008. Disponible en: <http://www.cepal.org>.



- org. Consulta: 2010, Abril 2.
- Castillo Gerardo (2007), ¿El outsourcing ha tenido auge en México por la falta de visión de una dirección en TI?. Disponible en: <http://www.gestiopolis.com>. Consulta: 2010, Abril 2.
- Escalante Zugehy, Cendrós Jesús y Urdaneta Eugenio (2006). El teletrabajo y sus implicaciones legales en el estado Zulia. Revista Gaceta Laboral. Vol 12. Universidad del Zulia. Venezuela. Disponible en: <http://www.scielo.org.ve>. Consulta: 2010, Abril.
- Huhtanen, Pekka (2007). Implicaciones del Teletrabajo para la Seguridad y la Salud. Disponible en: <http://www.areas.com>. Consulta: 2010, Abril 1.
- Malone, T. (2002) Creciente descentralización en las empresas y más teletrabajadores para el 2007. PC World. Disponible en: <http://www.idg.es>. Consulta: 2010, Abril 1.
- Ministerio del Poder Popular para la Comunicación y la Información (2007). Publicado en Gaceta reajuste de unidad tributaria en Bs. 37 mil 632. Disponible en: <http://www.mci.gob.ve>. Consulta: 2010, Abril 1.
- Pallotti, Carlos (2006), Gente que busca Gente. Disponible en: <http://www.bloggers.com.ar> Consulta: 2010, Abril 1.
- Rodríguez-Piñero, Miguel y otros (2001), Aproximación al Teletrabajo, Disponible en: www.juntadeandalucia.es. Consulta: 2010, Abril 2.
- The International Development Research Centre (2007). Primera parte: TICs, productividad y competitividad. Capítulo I - Tecnologías de la información y la comunicación (TICs), productividad y competitividad ¿Qué nos dice la evidencia hasta ahora?. Disponible en: <http://www.idrc.ca>. Consulta: 2010, Abril 1.
- Vasquez, Maria (2007). Pymes y TIC: territorio incomprendido. Disponible en: www.insidetele.com. Consulta: 2010, Abril 1.
- Viscasillas, Joaquin. (2004) Freelance: profesionales independientes. Disponible en: <http://www.imefez.org>. Consulta: 2010, Abril 2.



Hidrogenación bifásica de aldehídos α,β -insaturados utilizando complejos hidrosolubles binucleares de rodio

Luis G. Meleán,^{*1} Mariandry Rodríguez,¹ Angel González,² Merlin Rosales² y Pablo J. Baricelli.¹

¹Centro de Investigaciones Químicas, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.

²La Universidad del Zulia (L.U.Z.), Facultad Experimental de Ciencias. Departamento de Química, Laboratorio de Química Inorgánica, Maracaibo, Venezuela.

lmelean2@uc.edu.ve

E-mail: losio@uc.edu.ve

Resumen

La hidrogenación selectiva de aldehídos α,β -insaturados presenta grandes dificultades técnicas debido a la presencia de dos grupos funcionales de similar reactividad de manera conjugada. Se estudiaron los complejos hidrosolubles $[\text{Rh}(\text{Pz})(\text{CO})(\text{TFFMS})]_2$ y $[\text{Rh}(\text{Pz})(\text{CO})(\text{TFFTS})]_2$, como precursores catalíticos en la reacción de hidrogenación selectiva de los alquenos presentes en los aldehídos $\alpha-\beta$ insaturados (cinamaldehído, α -metil-cinamaldehído, citral y crotonaldehído) para obtener los aldehídos saturados correspondientes, los cuales son de gran interés en la industria cosmética y farmacéutica. Se determinaron las condiciones operacionales que favorecen la conversión de los sustratos y la selectividad hacia los aldehídos saturados, variando sistemáticamente parámetros como la temperatura, presión y concentración, por lo que la investigación y el diseño metodológico son de tipo experimental. Bajo las mejores condiciones operacionales obtenidas (70 °C, 300 psi H_2 , S/C 500/1, $[\text{CTAC}] = 0,005 \text{ M}$), los sustratos mostraron el siguiente orden de reactividad hacia la hidrogenación bifásica: crotonaldehído > cinamaldehído > α -metil-cinamaldehído > citral con altas selectividades (85 – 90%) hacia los productos deseados. Los catalizadores pueden ser reciclados sin una pérdida significativa en su actividad ni selectividad hasta cinco ciclos.

Palabras clave: Hidrogenación bifásica; complejos de rodio, aldehídos $\alpha-\beta$ insaturados.

Biphasic hydrogenation of α,β -unsaturated aldehydes using water-soluble binuclear rhodium complexes

Abstract

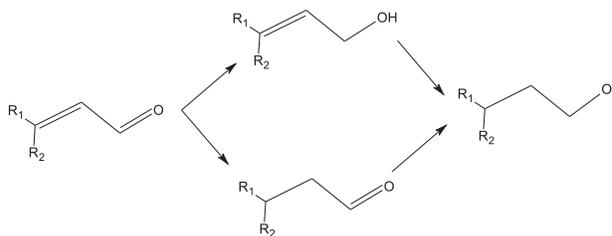
The selective hydrogenation of α,β -unsaturated aldehydes presents technical challenges due to the presence of two conjugated functional groups of similar reactivity. The water soluble complexes $[\text{Rh}(\text{Pz})(\text{CO})(\text{TPPMS})]_2$ and $[\text{Rh}(\text{Pz})(\text{CO})(\text{TPPTS})]_2$, were evaluated as catalytic precursors in the selective hydrogenation of the alkene moiety present in α,β -unsaturated aldehydes (cinamaldehyde, α -methyl cinamaldehyde, crotonaldehyde and cytral) to obtain the corresponding saturated aldehydes which are of great interest in the cosmetic and pharmacological industries. The best operational conditions that favored the substrate conversion and the selectivity towards the saturated aldehydes were determined by systematically varying parameters such as temperature, pressure, and concentration; thus the research and methodology are of experimental nature. Under the best reaction conditions (70 °C, 300 PSI H_2 , S/C = 500:1, $[\text{CTAC}] = 0,005 \text{ M}$) the reactivity order was as follows: crotonaldehyde > cinamaldehyde > α -methyl cinamaldehyde > cytral with high selectivity (85-90%) towards the desired products. The catalysts were recycled five times without any significant loss in activity or selectivity.

Key Words: Biphasic hydrogenation, rhodium complexes, α,β unsaturated aldehydes.

Introducción

La hidrogenación selectiva de aldehídos $\alpha-\beta$ insaturados constituye una importante reacción en el campo de la química de los sabores, fragancias y vitaminas. [Mercier, C., 1994] De particular interés es la producción de alcoholes insaturados por su gran valor agregado y versatilidad como intermediarios en síntesis de la química fina. El reto principal en estas reacciones lo constituye la presencia de dos funcionalidades de similar reactividad como lo son el alcano y al carbonilo (Figura 1). Catalizadores heterogéneos tradicionales hidrogenan indiscriminadamente ambos grupos generándose el alcohol saturado como producto principal, sin embargo, gracias a las bondades de la catálisis homogénea ha sido posible diseñar catalizadores que selectivamente hidrogenen uno de los dos grupos según sea conveniente.

Figura 1. Hidrogenación de aldehídos $\alpha-\beta$ insaturados.



En medio bifásico, los primeros reportes de hidrogenación selectiva de aldehídos $\alpha-\beta$ insaturados los publicó el grupo de Joó en 1990. [Benyei, A., et al., 1990] En ese primer trabajo se investigó la acción catalítica de los complejos $\text{RuCl}_2(\text{TFFMS})_2$, $\text{HRuCl}(\text{CO})(\text{TFFMS})_3$, $\text{RuCl}_2(\text{CO})_2(\text{TFFMS})_2$, $\text{RhCl}(\text{TFFMS})_3$ e $\text{IrCl}(\text{CO})(\text{TFFMS})_2$ en la hidrogenación de una variedad



de aldehídos, incluyendo algunos α - β insaturados como cinamaldehído, crotonaldehído y citral utilizando formiato de sodio como fuente de hidrógeno. Se encontró que $\text{RuCl}_2(\text{TFFMS})_2$ es el más activo y selectivo de ellos.

Grosselin y Mercier en 1991 estudiaron la actividad catalítica de complejos de Ru y Rh con TFFTS en la hidrogenación de cinamaldehído, prenal, crotonaldehído y citral. [Grosselin, J. M.; et. al., 1991] Las reacciones se llevaron a cabo en sistemas bifásicos agua/solvente orgánico; inicialmente se estudió el efecto del solvente orgánico hidrogenando prenal a prenol en ciclohexano, tolueno, cloroformo y acetato etílico. Cuando el centro metálico era Rh la selectividad fue hacia el aldehído saturado, al cambiar el centro metálico a Ru la selectividad se invirtió hacia el alcohol saturado en gran medida.

En 1995, Darensbourg, Joó y colaboradores estudiaron la hidrogenación catalítica en medio bifásico de *trans*-cinamaldehído utilizando los complejos iónicos $[\text{Rh}(\text{PTAH})(\text{PTA})_2\text{Cl}]\text{Cl}$ y $[\text{Rh}(\text{PTAH})_3(\text{PTA})\text{Cl}]\text{Cl}$ y formiato de sodio como fuente de hidrógeno. [Darensbourg, D. J., et. al., 1991] Los complejos mostraron una alta selectividad por la producción del aldehído saturado hidrocinaldehído el cual se obtuvo en un 93,3% versus 3,0% y 3,1% de obtención de alcohol cinámico y 1-fenil-propanol respectivamente.

En 1997 los investigadores venezolanos Sánchez-Delgado, López-Linares y colaboradores publicaron la hidrogenación del cinamaldehído en medio bifásico con complejos de Ru y Os con TPPMS y TPPTS. [Sánchez-Delgado, R. A.; et. al., 1997] Se obtuvo que los catalizadores de Ru son más activos y más selectivos que los de Os hacia el alcohol insaturado.

También en 1997, el equipo de Hernandez y Kalck estudió la hidrogenación de cinamaldehído, crotonaldehído y prenal, entre otros aldehídos y cetonas con complejos de Ru/TFFTS utilizando los precursores catalíticos $\text{RuCl}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, $[\text{RuCl}(\mu\text{-Cl})(\text{TFFTS})_2]_2$, $[\text{RuHCl}(\text{TFFTS})_3]$, $[\text{RuH}(\text{OAc})(\text{TFFTS})_3]$ y $[\text{Ru}(\text{H})_2(\text{TFFTS})_4]$ en medio bifásico. [Hernandez, M. y Kalck, P., 1997] Interesantemente los hidruros de Ru resultaron ser más activos y selectivos que los cloruros. En 1998 el grupo de Joó y colaboradores estudiaron la hidrogenación del cinamaldehído con el sistema catalítico Ru(II)/TFFMS en medio bifásico y en particular el efecto del pH en la selectividad de la reacción. [Joó, F., et. al., 1998]

En años recientes el campo de estudio de las hidrogenaciones de aldehídos α - β insaturados se ha concentrado en estudios mecanísticos/teóricos/computacionales. [Kovacs, G., et. al., 2006; Joubert, J. y Delbecq, F., 2006; Didillon, et. al., 1992; Koo-amorboattana, W. y Winterbottom, J. M., 2001; Fujita, S.; et. al., 2004]. Se hace necesaria la evaluación de nuevos sistemas catalíticos bifásicos que sean capaces de realizar

estas reacciones de manera selectiva, para aumentar el valor agregado de los productos y que sean factibles de utilizar a nivel industrial. En el presente trabajo se evalúan complejos binucleares hidrosolubles de rodio $[\text{Rh}(\text{Pz})(\text{CO})(\text{TFFMS})]_2$ y $[\text{Rh}(\text{Pz})(\text{CO})(\text{TFFMS})]_2$ en reacciones de hidrogenación de los aldehídos α - β -insaturados: cinamaldehído, α -metil-cinamaldehído, citral y crotonaldehído en medio bifásico acuoso.

Experimental

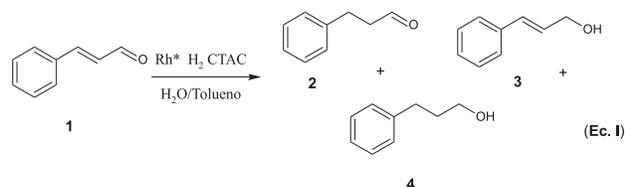
Procedimientos Generales. Todas las manipulaciones fueron realizadas bajo una atmósfera de nitrógeno utilizando técnicas de Schlenck estándar. [Shriver, D. F., 1969] Todos los solventes orgánicos fueron secados y purificados por destilación y fueron almacenados bajo una atmósfera inerte. Los sustratos fueron obtenidos de grado de reactivo (Aldrich). El agua fue destilada y tratada con nitrógeno previo al uso. Los gases fueron adquiridos en AGA-Gases Venezuela. Los complejos $[\text{Rh}(\text{Pz})(\text{CO})(\text{TFFMS})]_2$ y $[\text{Rh}(\text{Pz})(\text{CO})(\text{TFFMS})]_2$ fueron preparados de acuerdo a previos reportes. [Baricelli, P.J., 2004; Pardey, A. J.; et. al., 2000] Los análisis de GC fueron conducidos en un cromatógrafo Hewlett Packard 5890 Series II con un detector de llama ionizada acoplado a un integrador HP 3392-A y una columna HP-1 de metil-silicona, 30 m x 0.53-mm.

Hidrogenaciones bifásicas catalíticas. En un experimento típico, una solución acuosa del precursor catalítico de rodio (0,0044 mmol) y cloruro de cetil-trimetil-amonia (CTAC, 0,36 mL, 0,025 mmol) en 5 mL de agua fue introducida en un autoclave de acero inoxidable (Parr, 25 mL) con agitador mecánico, una unidad de control de temperatura y una válvula de muestreo. La solución fue purgada tres veces con H_2 y luego cargada con la presión requerida (300 PSI) y calentada a la temperatura deseada (70 °C). Luego de transcurrida media hora a la temperatura de reacción deseada, una solución de cinamaldehído (2 mmol) en 5 mL de tolueno fue añadida a través de una bureta de alta presión, tomándose éste como el tiempo inicial de reacción. Muestras de la mezcla de reacción fueron periódicamente extraídas y la presión total del sistema ajustada vía un reservorio de alta presión. Una vez que las muestras fueron extraídas, las mismas se enfriaron, las fases fueron separadas, y la fase orgánica analizada por técnicas de GC y GC-MS.

Resultados y Discusión

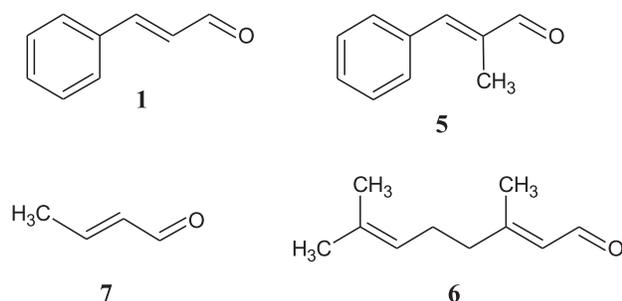
Determinación de las condiciones óptimas de reacción. El estudio de la actividad catalítica del complejo binuclear $[\text{Rh}(\text{Pz})(\text{CO})\text{TFFMS}]_2$ en la hidrogenación selectiva de aldehídos α - β insaturados se inició con la determinación de los parámetros óptimos de reacción, tomándose como sustrato modelo al *trans*-cinamaldehído. Tal como se muestra en la **Ecuación I**, la hidrogenación

del cinamaldehído (1) puede resultar en tres posibles productos, 3-fenil-propanal (2), alcohol cinámico (3) y 3-fenil-propanol (4). Se estudiaron las siguientes variaciones: concentración del agente de transferencia de fases (CTAC) de 0,00125 M a 0,0075 M, la presión de hidrógeno de 100 PSI a 500 PSI, la temperatura de 60 °C a 100 °C, la relación sustrato/catalizador de 250:1 a 1500:1 y la concentración de catalizador de 0,44 mM a 2,64 mM con el fin de determinar cual combinación favorecía la obtención selectiva y eficaz del aldehído saturado 2.



Hidrogenación de diferentes aldehídos α,β -insaturados. Una vez determinadas las condiciones operacionales óptimas de presión (300 PSI H_2), temperatura (70 °C), concentración de CTAC (0,005 M), concentración del sustrato (0,44 M) y concentración de catalizador (0,88 mM, S/C = 500:1) se estudió la hidrogenación bifásica de los siguientes aldehídos $\alpha-\beta$ insaturados mostrados en la **Figura 2**: cinamaldehído (1), α -metil-cinamaldehído (5), citral (6) y crotonaldehído (7). Se utilizaron dos catalizadores binucleares de rodio con diferentes fosfinas hidrosolubles: $[Rh(Pz)(CO)TFFMS]_2$ y $[Rh(Pz)(CO)TFFTS]_2$

Figura 2. Aldehídos $\alpha-\beta$ insaturados estudiados.



Inicialmente se utilizó el complejo binuclear $[Rh(Pz)(CO)TFFMS]_2$, empleando las condiciones operacionales descritas anteriormente, las curvas de conversión se presentan en la **Figura 3**. Se puede ver que el crotonaldehído (7) es el sustrato que se hidrogena más rápidamente, alcanzando altísimas conversiones (95%) en 12 h. Esto se debe a que es el sustrato más pequeño, cuya solubilidad en agua es mayor que la de los otros sustratos, acelerándose la reacción. Al ser una olefina interna pero sin mayores impedimentos estéricos, la selectividad es de un 100% hacia el aldehído saturado (butanal) tal como se muestra en la **Tabla 1**.

De los tres sustratos restantes, el cinamaldehído es el que posee el doble enlace menos impedido estéricamente, por lo que su conversión es la mayor de los tres. El α -metil-cinamaldehído (5) posee una olefina trisustituida por lo cual se entiende que sea un sustrato menos reactivo, al igual que el citral (6), alcanzándose conversiones de moderadas a bajas, 45% y 28% respectivamente, después de 24 h de reacción. En la **Tabla 1** se puede observar que aunque las conversiones variaron significativamente de acuerdo al sustrato (28-100%), la selectividad hacia el aldehído saturado se mantuvo siempre alta (80-100%) lo cual es consistente con lo reportado por Grosselin y Mercier para sistemas catalíticos con Rh/TFFTS formados *in situ*. [3]

Figura 3. Conversión de aldehídos $\alpha-\beta$ insaturados con $[Rh(Pz)(CO)TFFMS]_2$

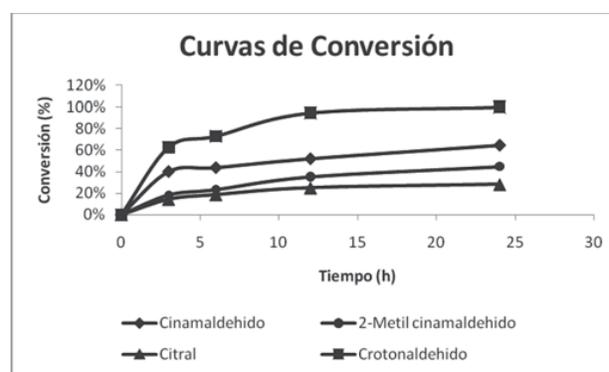


Tabla 1. Hidrogenación bifásica de aldehídos $\alpha-\beta$ insaturados con el complejo $[Rh(Pz)(CO)TFFMS]_2$

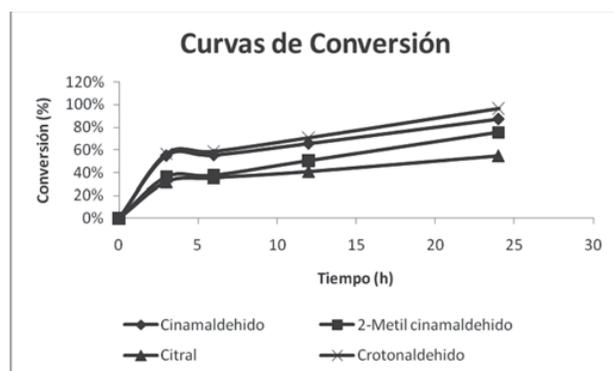
Sustrato	Conversión	Selectividad		
		Alcohol Insaturado	Aldehído Saturado	Alcohol Insaturado
Cinamaldehído	65%	13%	80%	7%
α -Metil-cinamaldehído	45%	11%	84%	5%
Citral	28%	14%	83%	3%
Crotonaldehído	100%	0%	100%	0%

Condiciones: $P H_2 = 300$ PSI, $T=70$ °C, $[CTAC]=0,005$ M, $t = 6$ h, S/C = 500:1

Al sustituir el sistema catalítico a la fosfina trisulfonada manteniendo constante todas las demás condiciones de reacción puede apreciarse que se obtienen mejores resultados en términos de conversión tal como se muestra en la **Figura 4**. El orden de reactividades se mantiene constante: crotonaldehído > cinamaldehído > α -metil-cinamaldehído > citral, sin embargo las conversiones aumentan al igual que selectividad hacia el aldehído saturado como se evidencia en la **Tabla 2**.



Figura 4. Conversión de aldehídos α - β insaturados con $[\text{Rh}(\text{Pz})(\text{CO})\text{TFFTS}]_2$



Este incremento en la actividad y selectividad se le atribuye a la mayor solubilidad que posee la TFFTS en agua en comparación con la TFFMS, lo cual permite que el sistema sea más parecido al homogéneo.

Tabla 2. Hidrogenación bifásica de aldehídos α - β insaturados con el complejo $[\text{Rh}(\text{Pz})(\text{CO})\text{TFFTS}]_2$

Sustrato	Conversión	Selectividad		
		Alcohol Insaturado	Aldehído Saturado	Alcohol Insaturado
Cinamaldehído	87%	8%	84%	7%
α -Metil-cinamaldehído	75%	7%	90%	3%
Citral	55%	12%	87%	0%
Crotonaldehído	97%	0%	100%	0%

Condiciones: $\text{P H}_2 = 300 \text{ PSI}$, $\text{T} = 70^\circ \text{C}$, $[\text{CTAC}] = 0,005 \text{ M}$, $t = 6 \text{ h}$, $\text{S/C} = 500:1$

Reutilización de los complejos catalíticos.

Probablemente la mejor ventaja del catalizador bifásico es la posibilidad de recuperarlo y reutilizarlo después de la reacción. [Mercier, C. y Chabardes, P., 1994] La capacidad de reciclaje de nuestro catalizador fue confirmada después de cinco experimentos de hidrogenación consecutivos en los cuales se mantuvo la misma fase acuosa y la fase orgánica conteniendo el cinamaldehído fue cambiada después de seis horas en la ausencia de aire. Los largos tiempos de reacción fueron necesarios para probar la estabilidad térmica de nuestro precursor catalítico ya que la hidrogenación del citral y otros aldehídos α - β insaturados los requieren ya que son muy poco activos. Los resultados están resumidos las Figuras 5 y 6, demostrando que bajo las mejores condiciones operacionales, la actividad del complejo se mantiene estable y la selectividad hacia el aldehído saturado no presenta ninguna indicación de disminución después de cinco ciclos de trabajo continuo inclusive después de la exposición al aire.

Figura 5. Conversión total en los reusos del precursor $[\text{Rh}(\text{Pz})(\text{CO})\text{TFFMS}]_2$

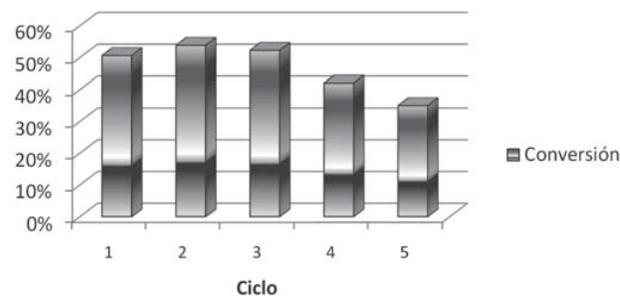
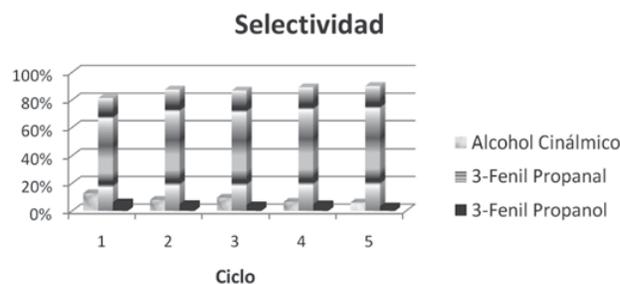


Figura 6. Selectividad en los reusos del precursor $[\text{Rh}(\text{Pz})(\text{CO})\text{TFFMS}]_2$



Conclusiones

Los complejos binucleares hidrosolubles $[\text{Rh}(\text{Pz})(\text{CO})\text{TFFMS}]_2$ y $[\text{Rh}(\text{Pz})(\text{CO})\text{TFFTS}]_2$ demostraron ser altamente activos en la hidrogenación de aldehídos α,β -insaturados en medio bifásico.

En la hidrogenación del cinamaldehído, α -metil cinamaldehído, citral y crotonaldehído se obtienen los correspondientes aldehídos saturados de manera mayoritaria tanto para el complejo $[\text{Rh}(\text{Pz})(\text{CO})\text{TFFMS}]_2$ (~85%) como para el complejo $[\text{Rh}(\text{Pz})(\text{CO})\text{TFFTS}]_2$ (~90%) con conversiones de moderadas a altas (45 al 100%) dependiendo del impedimento estérico del sustrato.

Con estos sistemas catalíticos obtuvieron mejores resultados que los reportados en la literatura debido a sus altas conversiones y selectividades, además pueden ser reciclados hasta cinco veces sin una disminución significativa en la actividad ni en la selectividad del proceso lo cual los hace particularmente interesantes para aplicaciones industriales.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad de Carabobo por la subvención de este trabajo (Ayuda Menor) según oficio N° CDCH-UAC-397-08.

**Referencias**

- Barros, H. J. V.; Hanson, B. E.; Gusevskaya, E. V.; dos Santos, E. N. *Appl. Catal. A: General* **2004**, *278*, 57.
- Baricelli, P.J.; Santos, R.; Lujano, E.; Pardey, A.J. *J. Mol. Catal. A: Chem.* **2004**, *207*, 83.
- Benyei, A.; Joó, F. *J. Mol. Catal.* **1990**, *58*, 151.
- Darensbourg, D. J.; Stafford, N. W.; Joó, F.; Reibenspies, J. H. *J. Organomet. Chem.* **1995**, *488*, 99.
- Didillon, B.; Candy, J. P.; El Mansour, A.; Houtmann, C.; Basset, J. M. *J. Mol. Catal.* **1992**, *74*, 43.
- Grosselin, J. M.; Mercier, C.; Allmang, G. *Organometallics*, **1991**, *10*, 2126.
- Hernandez, M.; Kalck, P. *J. Mol. Catal. A: Chem.* **1997**, *116*, 131.
- Joó, F.; Kovács, J.; Benyei, A. C.; Katho, A. *Angew. Chem.* **1998**, *110*, 1024.
- Joubert, J.; Delbecq, F. *Organometallics*, **2006**, *25*, 854.
- Koo-amorboattana, W.; Winterbottom, J. M. *Cat. Today*, **2001**, *66*, 277.
- Fujita, S.; Sano, Y.; Bhanage, B. M.; Arai, M. *J. Catal.* **2004**, *225*, 95.
- Kovacs, G.; Ujaque, G.; Lledos, A.; Joó, F. *Organometallics*, **2006**, *25*, 862.
- Mercier, C.; Chabardes, P. *Pure & Appl. Chem.* **1994**, *66*, 1509.
- Pardey, A. J.; Fernández, M.; Moreno, M. A.; Alvarez, J.; Rivas, A. B.; Ortega, M. C.; Méndez, B.; Baricelli, P. J.; Longo, C. *React. Kinet. Catal. Lett.* **2000**, *70*, 293.
- Sánchez-Delgado, R. A.; Medina, M.; López-Linares, F.; Fuentes, A. *J. Mol. Catal. A: Chem.* **1997**, *116*, 167.
- Shriver, D. F. *The Manipulation of Air Sensitive Compounds*. McGraw-Hill, USA, **1969**.



Hidroformilación bifásica de alilbencenos e hidrogenación de aldehídos α - β insaturados con complejos de rodio y rutenio en líquidos iónicos

Pablo J. Baricelli¹, Luis G. Meleán,¹ Mariandry Rodríguez¹,
Mariana dos Santos¹, Angel González² y Merlin Rosales²

¹Centro de Investigaciones Químicas, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.

²La Universidad del Zulia (L.U.Z.), Facultad Experimental de Ciencias. Departamento de Química, Laboratorio de Química Inorgánica, Maracaibo, Venezuela.
pbaricel@uc.edu.ve

Resumen

Se estudiaron los complejos $[\text{Rh}(\text{Pz})(\text{CO})(\text{TFFMS})_2]$ y $[\text{HRu}(\text{CO})(\text{MeCN})(\text{TFFMS})_3][\text{BF}_4]$ en la hidroformilación de alilbencenos (eugenol y estragol) y en la hidrogenación de aldehídos α - β insaturados (cinamaldehído, crotonaldehído y citral) en medio bifásico tolueno/líquido iónico. Mientras que el complejo de rutenio es inactivo bajo las condiciones de reacción estudiadas ($P=600$ PSI, CO/H_2 1:1, 95 °C, $S/C = 313:1$), el sistema con rodio mostró ser altamente activo y selectivo hacia la obtención de aldehídos saturados.

Palabras clave: Líquidos iónicos, Hidrogenación, Hidroformilación.

Biphasic hydrogenation of α,β -unsaturated aldehydes using water-soluble binuclear rhodium complexes

Abstract

The complexes $[\text{Rh}(\text{Pz})(\text{CO})(\text{TPPMS})_2]$ and $[\text{HRu}(\text{CO})(\text{MeCN})(\text{TPPMS})_3][\text{BF}_4]$, were evaluated as catalytic precursors in the hydroformylation of alilbenzenes (eugenol and estragole) and in the hydrogenation of aldehydes α - β unsaturated (cinamaldehyde, crotonaldehyde and citral) in biphasic medium toluene/ionic liquid. While the ruthenium complex was inactive under the studied reaction conditions ($P=600$ PSI CO/H_2 1:1, 95 °C, $S/C = 313:1$), the rhodium system showed a high activity and selectivity towards the saturated aldehydes.

Key words: Ionic liquids, hydrogenation, hydroformylation.

Introducción

Hasta el siglo XIX, el único medio líquido en el que se efectuaban las reacciones químicas era el agua. La solubilidad de los distintos productos en este medio establecía cuales eran las transformaciones que podían lograrse. Los conocimientos químicos procedían del estudio de las reacciones con sólidos y de las reacciones en fase gas o fase acuosa. Con la aparición de los disolventes orgánicos, como por ejemplo hidrocarburos, nitrilos, hidrocarburos clorados, entre otros; se inicia el estudio y la utilización de reacciones que hasta este momento estaban vetadas por la insolubilidad de los reactivos en agua. Por ello el conocimiento de la reactividad química en disolución procede únicamente de los estudios realizados en disolventes moleculares y lo mismo ocurre con los productos de estas reacciones destinados al mercado.

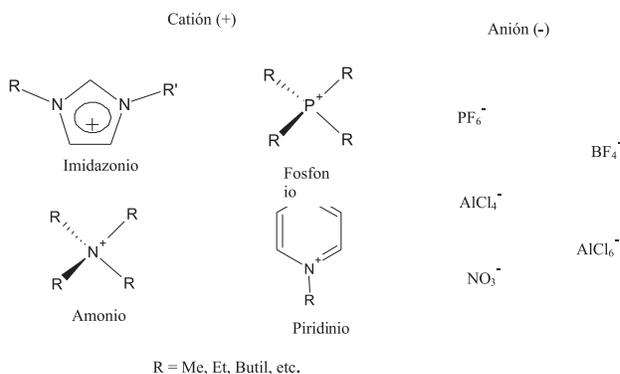
Desde hace poco tiempo, con el descubrimiento de los líquidos iónicos, se dispone de una nueva familia de disolventes cuyas propiedades ofrecen muchas ventajas potenciales frente a los disolventes convencionales, suscitando un gran interés tanto en el mundo de la investigación científica como entre los más diversos sectores tecnológicos e industriales [Salvador, A., 2000].

Los líquidos iónicos, son sales formadas por iones muy asimétricos y de gran tamaño, debido a lo

cual presentan fuerzas atractivas catión-anión más débil que las que se dan en sales iónicas convencionales, lo que provoca que sean líquidos en un amplio intervalo de temperaturas, incluyendo la temperatura ambiente en la mayoría de los casos [Marcilla, R. y Mecerreyes, D., 2005].

Los diferentes líquidos iónicos están formados por un catión y un anión. La mayor parte de los cationes tienen naturaleza aromática con átomos de nitrógeno en el anillo, heterociclos nitrogenados, mientras que los aniones suelen estar constituidos por diferentes elemento químicos [O'Donnell. T. A., 1993]. En la Figura 1, se muestran algunos de los aniones y cationes más comunes que forman estos líquidos iónicos.

Figura 1. Algunos cationes y aniones comunes componentes de líquidos iónicos.





De la posibilidad de combinar el catión, generalmente orgánico, voluminoso y asimétrico, con diversos aniones, generalmente inorgánicos, aunque también puedan ser orgánicos, ha surgido el término “disolventes de diseño”, puesto que la elección de los iones determina las propiedades fisicoquímicas del líquido iónico (punto de fusión, viscosidad, solubilidad, entre otras); donde el catión, es el principal responsable del comportamiento químico, y el anión, el cual aporta la mayor parte de las propiedades físicas [Strauss, S. H., 1993].

Una interesante alternativa en sistemas bifásicos es la combinación de una fase orgánica y la otra de líquidos iónicos. Su naturaleza iónica los hace ideales para disolver compuestos organometálicos iónicos del tipo $[L_{n-1} M]^+ X^-$ y han sido empleados eficazmente en reacciones de hidrogenación con el complejo $[Rh(nbd)(PPh_3)_2]^+ X^-$ (nbd = norbondieno, $X^- = PF_6^-, CuCl_2^-, SbF_6^-$) [Schrock, R. R. y Osborn, J. A., 1976], hidroformilación de olefinas largas (C_6-C_{12}) con $[Rh(acac)(CO)_2]^+ +$ fosfinas [Lin, Q., et. al., 2007], dimerización de olefinas [Wilke, g., et. al., 1966], reacciones de Diles-Alder [H. Olivier y A. Hirschauer, 1996], acylaciones de Friedel-Crafts [Surette, J. K. D., et.al., 1996], polimerizaciones [Thurier, C., et. al., 2007], entre otras.

En el presente trabajo, se estudian las reacciones de hidroformilación de alilbencenos, y la hidrogenación de aldehídos α - β insaturados en sistemas bifásicos utilizando líquidos iónicos para determinar su influencia en la actividad y selectividad de los sistemas comparándolos con otros sistemas bifásicos acuosos.

Experimental

Procedimientos Generales

Todas las manipulaciones fueron realizadas bajo una atmósfera de nitrógeno utilizando técnicas de Schlenck estándar. Todos los solventes orgánicos fueron secados y purificados por destilación y almacenados bajo una atmósfera inerte. Los sustratos se obtuvieron en grado de reactivo (Aldrich). El agua fue destilada y tratada con nitrógeno previo al uso. Los gases fueron adquiridos en AGA-Gases Venezuela. Los complejos $[Rh(\mu-Pz)(CO)(TFFMS)_2]$ y $[HRu(CO)(MeCN)(TFFMS)_3][BF_4]$ se prepararon de acuerdo a previos reportes [Baricelli, P.J., Santos, R. y cols, 2004 ; Baricelli, P. J., Izaguirre, L. y cols, 2004]. Los análisis de GC fueron conducidos en un cromatógrafo Hewlett Packard 5890 Series II con un detector de llama ionizada acoplado a un integrador HP 3392-A y una columna HP-1 de metil-silicona, 30 m x 0.53-mm.

Reacciones bifásicas catalíticas

En un experimento típico se adiciona 1 mL del líquido iónico junto con el precursor catalítico (0,0018 mmol) a un micro reactor de 5 mL (Parr) equipado

con una barra de agitación magnética. Seguidamente se adiciona una solución del sustrato (0,72 mmol) en 1 mL de tolueno y la mezcla de reacción se purga tres veces con H_2 . A continuación se presuriza el reactor a la presión deseada con la proporción de gases necesaria y se sumerge en un baño de glicerina a la temperatura de reacción sobre una plancha de calentamiento y agitación. Luego de 24 h, el microreactor se deja enfriar, se ventila lentamente, las fases se separan y la fase orgánica se evalúa con técnicas de GC y GC-MS. Usualmente la fase catalítica se reutiliza en la siguiente reacción de 2 a 5 veces.

Resultados y Discusión

Hidroformilación bifásica de alilbencenos en líquidos iónicos

Para la determinación de las condiciones óptimas de operación, se tomó como sustrato modelo al eugenol y se empleó el líquido iónico tetrafluoroborato de *N*-butil-*N'*-metil-imidazonio, BMIm-BF₄. La hidroformilación de eugenol (1) se llevó a cabo según la Ecuación I bajo diferentes condiciones de operación para así obtener las condiciones que favorecieran un alto rendimiento y alta selectividad hacia la formación de aldehídos (2-4) de alto interés en la industria farmacéutica, cosmética y química fina. Se varió la presión de 400 a 900 PSI de gas de síntesis, la temperatura se evaluó en el intervalo de 90 a 100 °C, y la relación S/C de 100:1 a 500:1. Los resultados se resumen en la Tabla 1.

Para el complejo $[Rh(CO)(Pz)TFFMS]_2$ se determinaron las siguientes condiciones de reacción: P = 600 PSI (CO/H₂ = 1:1), T = 95 °C, S/C = 300:1, t = 8 h. Interesantemente, cuando se añadió al medio de reacción el agente de transferencia de fase, CTAB, (corrida 10, Tabla 1) la reacción se inhibió por completo. Esto se explica por el método de acción del tensoactivo, el cual se acumula en la interface y, en medio bifásico acuoso, la carga positiva de la amina atrae al catalizador facilitando la interacción sustrato-metal. Sin embargo, cuando el solvente es el BMIm-BF₄, toda la fase catalítica está compuesta de iones por lo que el catalizador no se siente particularmente atraído a la interface cargada; al contrario, la acumulación del CTAB en la interface crea una barrera que impide el paso del sustrato a la fase catalítica.

Para el complejo $[HRu(CO)(MeCN)(TFFMS)_3][BF_4]$ aún bajo condiciones severas, P = 900 PSI (CO/H₂ = 1:1), T = 100 °C, S/C = 300:1, t = 48 h, las conversiones fueron bajas (< 2%) por lo que ese catalizador no se continuó estudiando. Esta falta de actividad del complejo iónico de rutenio se puede explicar por la naturaleza iónica del solvente, el cual estabiliza considerablemente al precursor catalítico impidiéndole formar la especie catalíticamente activa en cantidades significativas bajo las condiciones estudiadas.



Tabla 1: Determinación de las condiciones óptimas para la hidroformilación bifásica de eugenol con $[\text{Rh}(\text{CO})(\text{Pz})\text{TFFMS}]_2$ y $[\text{HRu}(\text{CO})(\text{MeCN})(\text{TFFMS})_3][\text{BF}_4]$ en líquido iónico/tolueno.

Nº	Metal	P CO/H ₂ PSI	T °C	S/C	[CTAB] (mM)	Conversión	Selectividad		
							Iso.	Ald. Lineal	Ald. Ram.
1	Rh	400	90	100	0	23%	36%	41%	23%
2	Rh	600	90	100	0	90%	20%	47%	33%
3	Rh	800	90	100	0	10%	25%	45%	30%
4	Rh	600	90	100	0	90%	20%	47%	33%
5	Rh	600	95	100	0	99%	19%	48%	33%
6	Rh	600	100	100	0	90%	24%	41%	35%
7	Rh	600	95	100	0	99%	19%	48%	33%
8	Rh	600	95	300	0	99%	16%	49%	35%
9	Rh	600	95	500	0	41%	46%	20%	34%
10	Rh	600	95	300	1,25	0%	-	-	-
11	Ru	600	90	300	0	0,3%	-	-	-
12	Ru	800	90	300	0	1,1%	-	-	-
13	Ru	900	90	300	0	1,5%	-	-	-
14	Ru	900	95	300	0	1,6%	-	-	-
15	Ru	900	100	300	0	1,8%	-	-	-

Empleando las condiciones óptimas de reacción se estudió la hidroformilación del estragol y el eugenol con el complejo $[\text{Rh}(\text{CO})(\text{Pz})\text{TFFMS}]_2$ utilizando el sistema BMIBF_4 /tolueno. En la Figura 2 se puede apreciar que el eugenol reacciona más rápidamente que el estragol, sin embargo, ambos alcanzan conversiones cuantitativas en poco tiempo, lo cual demuestra que el sistema es más activo que el bifásico acuoso. Las selectividades hacia los aldehídos altas (84% para el eugenol y 70% para el estragol) y similares a las obtenidas en el sistema bifásico acuoso como puede apreciarse en la Tabla 2.

Tabla 2: Hidroformilación bifásica de alilbencenos con el complejo $[\text{Rh}(\text{CO})(\text{Pz})\text{TFFMS}]_2$ en BMIBF_4 /tolueno.

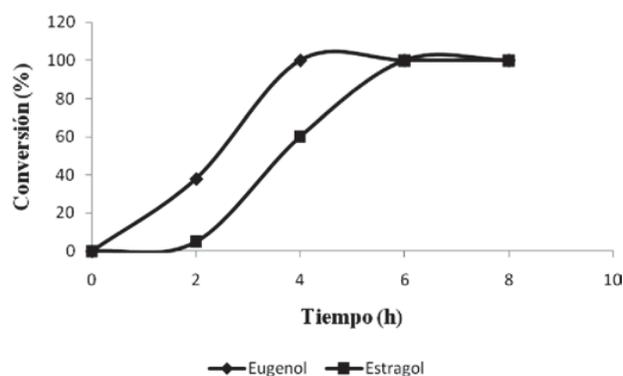
Alilbenceno	Conversión	t (h)	Isómeros	Aldehído lineal	Aldehído ramificado
Eugenol	100%	4	16%	49%	35%
Estragol	100%	6	30%	42%	28%

Condiciones: P = 600 PSI CO/H₂ 1:1, 95 °C, S/C = 300:1, BMIm-BF_4 = tol = 1 mL.

Seguidamente se estudió la reutilización del precursor catalítico $[\text{Rh}(\text{CO})(\text{Pz})\text{TFFMS}]_2$ en la hidroformilación bifásica de eugenol en líquido iónico. Se recicló la fase catalítica cuatro veces sin una caída significativa en la actividad ni en la selectividad de la

reacción, tal como puede apreciarse en la Figura 3 y Tabla 3.

Figura 2: Hidroformilación bifásica de alilbencenos con el complejo $[\text{Rh}(\text{CO})(\text{Pz})\text{TFFMS}]_2$ en líquido iónico.



Cabe resaltar que el sistema bifásico con líquidos iónicos fue el único en el que las reutilizaciones en la hidroformilación de eugenol arrojó resultados satisfactorios, tanto en la conversión como en la selectividad. Cuando se intentó reutilizar los sistemas bifásicos acuosos con catalizadores de rodio y de rutenio, la actividad del catalizador disminuyó drásticamente, mientras que el líquido iónico soportó la separación de fases y lavados con fase orgánica necesarios para extraer

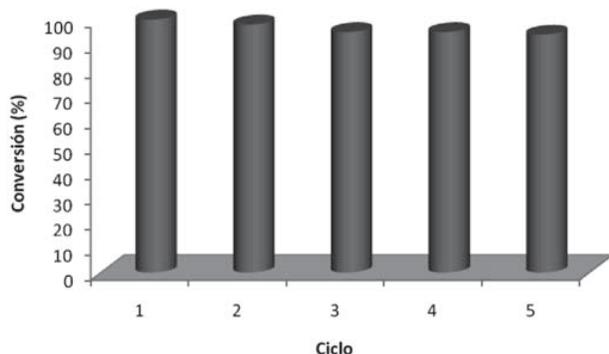
todos los productos de la fase iónica sin perturbar la actividad catalítica.

Tabla 3: Reutilización de la fase catalítica en la hidroformilación bifásica de eugenol con el complejo $[Rh(CO)(Pz)TFFMS]_2$ en $BMIIm-BF_4$ /tolueno.

Ciclo	Conversión	Isómeros	Aldehído	
			lineal	ramificado
1	100%	16%	49%	35%
2	98%	20%	45%	35%
3	95%	28%	43%	29%
4	95%	26%	47%	27%
5	94%	26%	47%	27%

Condiciones: P = 600 PSI CO/H_2 1:1, 95 °C, S/C = 300:1, $BMIIm-BF_4$ = tol = 1 mL.

Figura 3: Reutilización del complejo $[Rh(CO)(Pz)TFFMS]_2$ en la hidroformilación bifásica de eugenol en líquido iónico.



Hidrogenación bifásica de aldehídos α - β insaturados en líquidos iónicos

Continuando nuestros estudios de la actividad catalítica de los sistemas binucleares de rodio en la hidrogenación bifásica de aldehídos α - β insaturados, se realizaron reacciones para determinar las mejores condiciones de reacción para este sistema con líquidos

iónicos empleando el complejo $[Rh(CO)(Pz)TFFMS]_2$ y el trans-cinamaldehído como molécula modelo. Debido al alto costo de estos solventes, las reacciones 1-3 y 4-6 resumidas en la Tabla 4 se realizaron con la misma fase catalítica; de ese modo se utilizó el líquido iónico y el catalizador de rodio tres veces en reacciones consecutivas, demostrando una vez más que el sistema es reciclable. Puede observarse que a 80 °C las reacciones son lentas, aún después de duplicar la presión de H_2 se obtienen conversiones bajas, sin embargo puede apreciarse que la selectividad hacia la formación del aldehído saturado es exclusiva, siendo mucho mejores que las obtenidas con el sistema bifásico acuoso con el mismo precursor catalítico. Incrementos en la temperatura resultan en una mejoría considerable en la conversión, alcanzándose un máximo para el cinamaldehído de 80% a 100 °C.

Bajo las mejores condiciones se estudió la hidrogenación del citral y crotonaldehído reutilizando la fase catalítica. Como era de esperarse, basándose en los resultados obtenidos en los sistemas bifásicos acuosos, se obtuvo una conversión casi cuantitativa del crotonaldehído y moderada para el citral, en todos los casos la selectividad hacia el aldehído saturado es muy alta, lo cual coincide con lo reportado en la literatura para hidrogenaciones de aldehídos α - β insaturados con complejos de rodio. Estos resultados se comparan favorablemente a los reportados en la literatura, al alcanzar altas conversiones y excelentes selectividades reciclando la fase catalítica tres veces.

Conclusiones

El complejo iónico de rutenio, $[HRu(CO)(MeCN)(TFFMS)_3][BF_4]$ es inactivo en la hidroformilación de alilbencenos en medio bifásico $BMIIm-BF_4$.

El complejo $[Rh(CO)(Pz)TFFMS]_2$ es activo en la hidroformilación de eugenol y estragol en el sistema bifásico $BMIIm-BF_4$, alcanzándose una conversión cuantitativa en 4 y 6 horas respectivamente. Así mismo, la fase catalítica pudo usarse cinco veces seguidas sin que

Tabla 4: Hidrogenación bifásica de aldehídos α - β insaturados con el complejo $[Rh(CO)(Pz)TFFMS]_2$ con líquidos iónicos.

Corrida	Sustrato	P H_2 (PSI)	T (°C)	Conversión	Selectividad		
					Alcohol Insaturado	Aldehído Saturado	Alcohol Saturado
1	Cinamaldehído	300	80	13%	-	100%	-
2	Cinamaldehído	600	80	14%	-	100%	-
3	Cinamaldehído	600	90	37%	-	100%	-
4	Cinamaldehído	600	100	80%	4%	90%	6%
5	Crotonaldehído	600	100	98%	2%	96%	2%
6	Citral	600	100	29%	-	99%	1%

Condiciones: Rh = 0,004 mmol, t = 24 h, $BMIIm-BF_4$ = Tolueno = 1 mL, S/C = 500:1.



se apreciara una disminución significativa en la actividad ni en la selectividad de la reacción.

La hidrogenación de aldehídos α - β insaturados en líquidos iónicos con el sistema Rh/TFFMS genera los aldehídos saturados con la selectividad más elevada obtenida en el presente estudio. Asimismo, se obtienen conversiones altas para el cinamaldehído y el crotonaldehído mientras que el citral, al ser más impedido estéricamente, reacciona más lentamente.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad de Carabobo.

Referencias

- Baricelli, P.J.; Santos, R.; Lujano, E.; Pardey, A.J. J. Mol. Catal. A: Chem. 2004, 207, 83.
- Baricelli, P. J.; Izaguirre, L.; López, J.; Lujano, E.; López-Linares, F. J. Mol. Catal. A: Chem. 2004, 208, 67.
- Instituto Frances de Petróleo (H. Olivier, A. Hirschauer) Patente Francesa N° 96.1692, 1996.

- Lin, Q.; Jiang, W.; Fu, H.; Chen, H.; Li, X. Appl. Catal. A: General 2007, 328, 83
- Marcilla, R.; Mecerreyes, D. Líquidos iónicos: Fascinantes compuestos para la química del siglo XXI. Anales de la Real Sociedad Española de Química. Madrid, España. 2005.
- O'Donnell, T. A. Superacids and Acidic Melts as Inorganic Chemical Reaction Media. VCH, New York, 1993.
- Salvador, A. R. Rev. R. Acad. Cienc. Exact. Fis. Nat. 2008, 102, 79-90.
- Schrock, R. R.; Osborn, J. A. J. Am. Chem. Soc. 1976, 98, 2134.
- Strauss, S. H. Chem. Rev. 1993, 93, 927.
- Surette, J. K. D.; Green, L.; Singer, R. D. J. Chem. Soc., Chem. Commun. 1996, 2753.
- Thurier, C.; Fischmeister, C.; Bruneau, C.; Oliver-Bourbigou, H.; Dixneuf, P.H. Molec. Catal. A: Chemical, 2007, 268, 123.
- Wilke, g.; Bogdanovic, B.; Hart, P.; Heimbach, O.; Kroner, W.; Oberkirch, W.; Tanaka, K.; Steinrucke, EW.; Walter, D.; Aimmerman, H. Angew. Chem. Int. Ed. Engl. 1966, 5, 151.



Proyecto Telesalud de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de Carabobo

Ing. Egilda Pérez¹, Dra. Hyxia Villegas², Dra. Maristela de Boada³

^{1,2}Centro de Procesamiento de Imágenes, CPI. Facultad de Ingeniería. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela. egiperez@uc.edu.ve¹ hyxia@uc.edu.ve²

³Coordinación de tecnología, información y comunicación, CTIC. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela. mcboada@cantv.net³

Resumen

El proyecto Telesalud, de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de Carabobo, tiene como objetivo la aplicación de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC's), para apoyar las actividades docentes y asistenciales en materia de salud y educación a distancia. Se desarrolla a través de una alianza estratégica entre la Coordinación TIC de la Facultad de Ciencias de la Salud (CETICEA) y el Centro de Procesamiento de Imágenes (CPI) de la Facultad de Ingeniería, ambas de la Universidad de Carabobo. Se seleccionó como sede del proyecto al Centro Docente Asistencial "Nuestra Señora de la Luz" (CDANSL) ubicado dentro del campus universitario, en el cual las Escuelas de Medicina, Enfermería, Bioanálisis y Odontología realizan actividades de investigación, docencia y extensión a nivel de pregrado y postgrado, ofreciendo servicio médico gratuito a un promedio de 7000 pacientes al año. La red de Telesalud se establece entre el CDANSL, cinco Ambulatorios de Atención Primaria, un Ancianato y un colegio público. Como primeros resultados de esta experiencia, se tienen: el desarrollo de un protocolo de trabajo para las Teleconsultas en las especialidades de Pediatría, Medicina Interna, Dermatología y Odontología; se identificaron los indicadores de gestión para la evaluación de la eficiencia y eficacia del proyecto a mediano y largo plazo y se está diseñando la Historia Clínica Familiar Electrónica basada en el formato del Ministerio del Poder Popular Para la Salud (MPPS).

Palabras clave: Telesalud, Teleconsulta, Historia Clínica Familiar Electrónica.

Telehealth's project of the faculty of health sciences of University of Carabobo

Abstract

The telehealth's project of UC FCS is an application of Information and Communication Technologies to support teaching activities and health care at a distance. It's developed through a strategic alliance between the ICT Coordination of the Faculty of Health Sciences and the Center for Image Processing, Faculty of Engineering, both from the University of Carabobo. The pilot is based in the Teaching Care Centre "Our Lady of Light" (CDANSL), on the university campus, in which educational activities take place for nursing, medicine, bioanalysis and odontology, performing research activities, teaching and extension at graduate and postgraduate levels, offering free medical aid to a 7000 annual patient average. The telehealth network establishes among the CDANSL, five ambulatory primary attention centers, an elderly hospital and a public school. The prime results from this experience are: the development of a working protocol and schedule for teleconsultation, on the specialties of pediatrics, internal medicine, dermatology and odontology; identifying the health management indicators that will evaluate the efficiency and effectiveness of the proposed medium and long term. It also: 1- provides remote assistance specialist physicians and other health professionals located in rural or urban areas, rural students in internships and community leaders, 2- establishes and supports prevention, health promotion and rehabilitation of the individual and 3- develops continuing education programs through distance education system of the FHS for health staff and community. Additionally, it is designing the Electronic Family Health Record based on formats of the Ministry of Health.

Key words: Telehealth, Teleconsult, Electronic family health record.

Introducción

El proyecto Telesalud de la Facultad de Ciencias de la Salud (FCS) de la Universidad de Carabobo (UC), está dirigido a la aplicación de las TIC para apoyar las actividades docente - asistenciales en materia de salud y educación a distancia. Siendo la FCS, una institución formadora de capital social intelectual, se plantea a través de este proyecto, detectar problemas relacionados con la salud en los cuales las TIC pueden jugar un importante papel en su solución.

El proyecto Telesalud prestará servicio a: Ambientes remotos con personal de salud carentes de apoyo especializado, Profesionales de la Salud sin oportunidades de educación continua, Estudiantes

de Medicina Comunitaria que requieren apoyo a su desempeño y Comunidades rurales o urbanas con limitaciones en su desarrollo humano.

Los objetivos específicos de este proyecto son:

Aportar Asistencia Especializada a distancia a los Médicos y otros profesionales de la salud, ubicados en áreas rurales o urbanas, a estudiantes en pasantías rurales, a líderes comunales, entre otros, que requieran de esta asistencia. **Optimizar la calidad de los diagnósticos** a través del Programa de Segunda Opinión en Salud, empleando el uso de las TICs como apoyo al desempeño de profesionales de la salud o estudiantes en pasantía rural. **Reducir el número de referencias innecesarias** de pacientes hacia los Hospitales, estableciendo un sistema



de referencia y contrareferencia. **Apoyar programas de prevención, promoción para la salud y rehabilitación del individuo**, incorporando los programas docentes asistenciales a una plataforma tecnológica que pueda ser accedida por internet, cuyos contenidos estén orientados a corregir hábitos de estilo de vida inadecuados y cambiar las condiciones epidemiológicas adversas del ámbito geográfico. **Desarrollar programas de educación continua** a través del Sistema de Educación a Distancia (EaD) de la FCS, dirigido al personal de salud en apoyo al desarrollo humano y mejoramiento profesional.

Metodología

La siguiente es una investigación multidisciplinaria, orientada hacia un proyecto de gran impacto y pertinencia social, el cual está enmarcado dentro de las directrices del Plan Nacional de Ciencia y Tecnología. Inicialmente, se conformó un equipo de trabajo compuesto por investigadores del CETICEA y CPI, coordinadores de las áreas de medicina, enfermería, bioanálisis y odontología del CDANSLL y representantes de las comunidades organizadas, ubicadas dentro del área de cobertura del CDANSLL (consejos comunales). En las reuniones de grupo, se identificaron los requerimientos mínimos para efectuar una teleconsulta y se evaluaron los centros participantes para seleccionar los que cumplieran con estos requerimientos; al final, se seleccionaron cinco ambulatorios de atención primaria, un ancianato y dos escuelas públicas para conformar la red tecnológica. Seguidamente, se realizaron jornadas de formación en el uso de las TICs al personal asistencial, administrativo, docente y estudiantes del CDANSLL y las instituciones participante; específicamente, se dictaron cursos sobre el uso adecuado de internet en el área de investigación y el uso de herramientas para la videoconferencia usando la plataforma pública de internet.

Desde el punto de vista técnico, se hicieron análisis de factibilidad para lograr la conectividad entre los centros seleccionados; adicionalmente, se sugirió la inclusión del uso de la línea telefónica inalámbrica pública para ser utilizado como un sistema de respaldo en las teleconsultas.

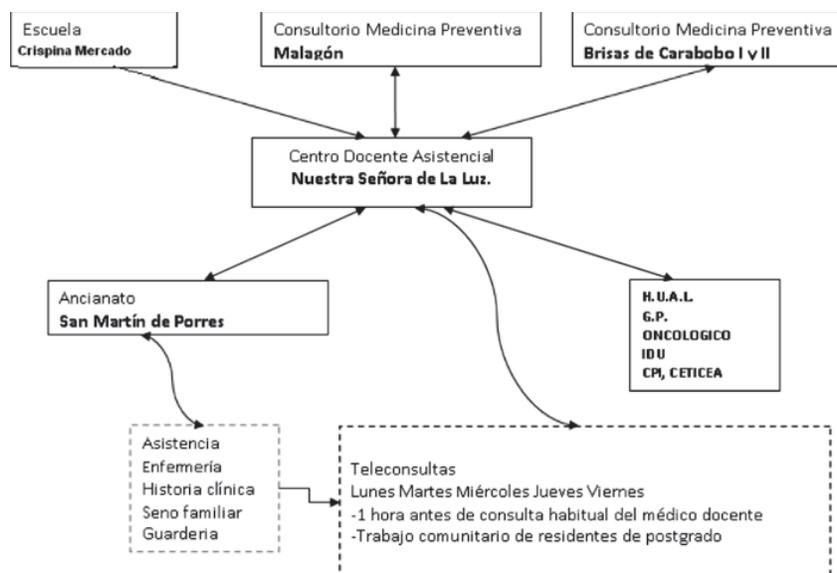
Área de Cobertura del Estudio

La sede del Proyecto de Telesalud es el CDANSLL. En éste se ofrecerán teleconsultas a los Consultorios de Medicina Preventiva ubicados en los Barrios Malagón, Brisas de Carabobo I y II, Nuestra Señora de la Luz, Vivienda Rural de Bárbula y establecerá un sistema de referencia y contra-referencia con los Hospitales Ángel Larralde, el Oncológico y González Plaza. Se está diseñando la Historia Clínica Familiar Electrónica estandarizada, la cual será almacenada en los servidores del CPI y CETICEA. (Ver Figura 1)

Modelo de Telesalud de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de Carabobo

Este modelo está compuesto por tres ejes acción: Investigación, Educación a Distancia (EaD) y Promoción de la salud. Desde el punto de vista de investigación, se tiene previsto evaluar el impacto del Proyecto Telesalud en la comunidad y extender luego, a los otros Departamentos Clínicos de la FCS; para ello, se han identificado los indicadores de gestión a mediano y largo plazo, para evaluar la eficacia y eficiencia del proyecto. Desde el punto de vista educativo, el objetivo del proyecto es fortalecer la red académica del Departamento Clínico Integral del Norte; por medio del uso de las TICs, se desea conformar un plan de EaD dirigido al personal docente y estudiantes de pregrado y postgrado, ubicados en los centros hospitalarios donde la FCS ofrece labores de docencia y extensión; adicionalmente, se desea

Figura 1: Red Piloto del Proyecto Telesalud.





ofrecer información médica por medio de un portal web a la comunidad en general, para motivar a la prevención de enfermedades y la promoción de un estilo de vida saludable; haciendo uso de las ventajas de las redes sociales se espera obtener datos para el diseño de nuevos proyectos de investigación interdisciplinarios.

Desde el punto de vista asistencial, el objetivo es conformar una red de servicio médico a distancia para consultas preventivas (en diferido) y de emergencia (en tiempo real), sin el menoscabo de la calidad de atención y empleando como capital humano a docentes y estudiantes de pregrado y postgrado de las diferentes escuelas de la FCS; esta acción se apoya, legalmente, en la Ley de Servicio Comunitario del Estudiante de Educación Superior (Gaceta Oficial N° 38.272, 2005) y el Artículo 8 de la Ley del Ejercicio de la Medicina (Gaceta Oficial N°3002, 1982).

Organización de la red de Telesalud

La red de Telesalud posee componentes operativos, que abarcan los aspectos de gerencia asistencial, requerimientos tecnológicos y prestación de servicio asistencial (García & Reche, 2005). La red está conformada por: **Coordinación**, ubicada en un Ambulatorio o Centro Docente Asistencial o un Centro de Salud o un Hospital, que brindará apoyo a la red (EHAS, Enlace Hispano–Americano de Salud). **Conectividad a Internet** y equipos de computación y o equipos digitales mínimos indispensables que permitan transmisión de datos. **Prestación de servicio asistencial**, con base en Consultas remotas, Consultas de emergencia (fuera del cronograma y horario establecido) y protocolos clínicos según la tele-especialidad.

Capacitación y Formación

Se organizaron Programas de Capacitación en TIC para “Líderes Comunitarios” para propiciar la participación de la población, a Profesores de la FCS de las Escuelas de Medicina, Bioanálisis, Odontología y Enfermería, a Estudiantes de pregrado y postgrado, al Personal administrativo y al Personal obrero del CDANSLL.

Historia Clínica Familiar Electrónica (HCFE)

Es la historia clínica del grupo familiar, en cuyo seno se encuentran individualizados sus integrantes (Maldonado, 2005); de manera tal que, conociendo su constitución se puede tener un control de programas preventivos y de seguimiento por familia; se utiliza el formato SIS-01/HCBI recomendado por el Ministerio del Poder Popular para la Salud (MPPS, 2009). Para el desarrollo de la HCFE se desglosan los componentes por aplicaciones de ingeniería, en el software se incluye el diseño de la interfaz gráfica de usuario de la HCFE, todas las herramientas computacionales necesarias para esto y los protocolos de trabajo; en el hardware se especifican las características o prestaciones de los equipos computacionales necesarios para la red, tanto para el sistema de base de datos como para el servicio de comunicaciones (Ackerman, Craft, Ferrante, Kratz, Mandil, & Sapci, 2002)

Análisis epidemiológico del CDANSLL

Se inicia con el análisis de los registros epidemiológicos generales del CDANSLL en los años 2007, 2008 y 2009, aportados por la coordinación médica. La Tabla 1 indica la cantidad de consultas anuales atendidas en el CDANSLL, desglosándose en primera consulta y consulta sucesiva; se puede observar como se

Figura 2: Modelo de Telesalud en el Centro Docente Asistencial Nuestra Señora de la Luz.

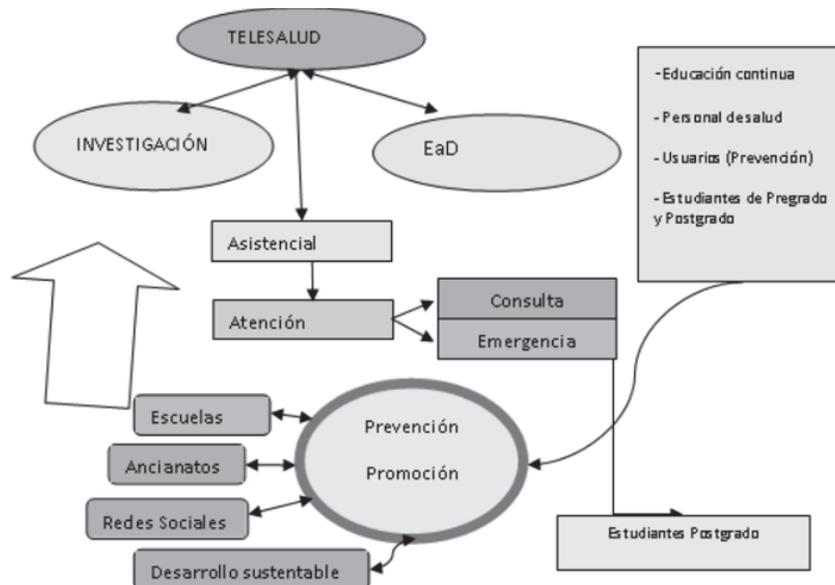
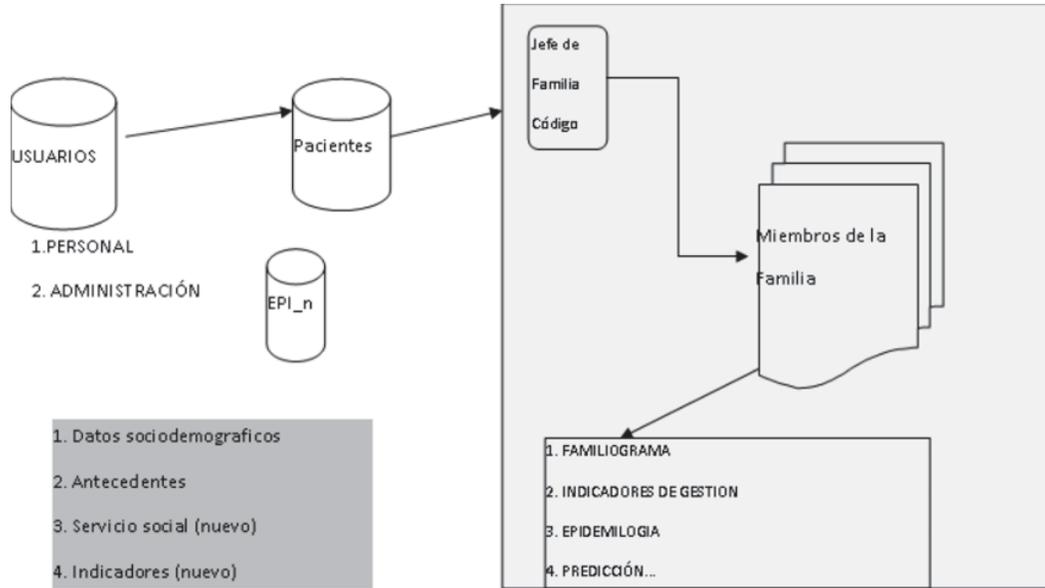




Figura 3: Modelo de la Historia Clínica Integral Familiar Digital.



ha incrementado el número de usuarios en el ambulatorio con el transcurso de los años, por ejemplo, en el 2008 se tuvo un incremento del 12, 68% con respecto al año 2007 y para el año 2009, un incremento del 41% con respecto al año 2008. Esta información se utilizará como base para comparar el flujo de pacientes al CDNSLL antes, durante la aplicación del plan piloto y luego de implementado.

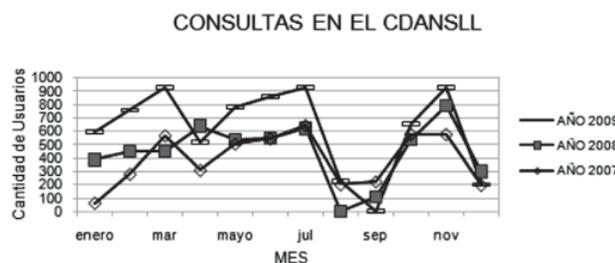
Tabla 1: Cuadro comparativo de la cantidad de usuarios que asisten al CDANSLL.

AÑO	Primera Consulta	Consulta Sucesiva	Total Consultas Anuales
2007	2539	2172	4711
2008	2479	2903	5382
2009	3377	3673	7050

Fuente: CDANSLL.

En la Figura 4, se muestra en un gráfico más detallado, la cantidad de consultas atendidas mensualmente en los años 2007, 2008 y 2009. Se identificaron picos de atención en los meses marzo, julio y noviembre.

Figura 4: Flujo de pacientes mensual en el CDANSLL en los años 2007, 2008 y 2009.



Fuente: CDANSLL.

En la Tabla 2, se muestran los datos basados en el indicador demográfico del sexo (Salud, 2008); es decir,

se describe la cantidad de personas del sexo femenino y masculino que han asistido al CDANSLL. Se observa que la predominancia de consultas es de pacientes del sexo femenino (Toledo, 2003), esta información se presentó al personal asistencial (médicos y enfermeras) y se concluyó establecer como criterio de codificación de la historia clínica familiar los datos de la madre “cabeza de familia”, por ser estas quienes asisten mayoritariamente al centro, tal como se refleja en las estadísticas.

Tabla 2: Cantidad de Usuarios que asistieron al CDANSLL, clasificados por sexo.

AÑO	SEXO F	SEXO M	TOTAL ANUAL	% ANUAL
2007	2950	1761	4711	62,62
2008	3420	1964	5384	63,52
2009*	3564	2037	5601	63,63

*Para el año 2009, se tiene esta información hasta el mes de agosto.

Fuente: CDANSLL.

Posteriormente, se analizó el flujo de pacientes en las consultas de Medicina interna, Pediatría general, Dermatología (Consulta de psoriasis, cirugía dermatológica y consulta general), Ginecología y Odontología y se comparó con la cantidad de pacientes que asisten a las otras consultas de sub-especialidades. Este análisis permitió justificar el inicio del programa de Teleconsultas en las especialidades que presentan mayor porcentaje de consultas (ver tabla 3), tales como: Medicina Interna, Odontología y Dermatología, por presentar un alto porcentaje de consultas al año y las especialidades de Pediatría y Ginecología, porque son referencia importante en los indicadores de calidad de atención primaria.

El personal de enfermería tendrá vital relevancia en el manejo y uso de la HCFE ya que ellos tienen un



contacto constante con los usuarios del CDANSLL. Por políticas de la institución, todos los pacientes pasan por la sala de enfermería, donde se les realiza la medición de signos vitales (Tensión, Presión, Peso, Temperatura); adicionalmente, se les calcula el índice de masa corporal para tener un primer indicador de los factores de riesgos como: Fumar, Hipertensión arterial y Obesidad. Posteriormente, se extenderá el servicio de Telesalud a las consultas de Cirugía general, ORL, Alergología, Psicología infantil y Psicología adulto, motivado al interés de los docentes-investigadores y con base en las indicaciones de La Agenda de la Salud para Las Américas, propuesta por la Organización Panamericana de la Salud (OPS; 2008).

Resultados

En cuanto a la conectividad, se implementó la intranet del Centro Docente Asistencial “Nuestra Señora de la Luz”, conformándose cinco consultorios

equipados con un computador con acceso a internet, a través del Backbone de la Universidad de Carabobo; adicionalmente, se cuenta con el servicio de telefonía fija para que el personal asistencial pueda atender las llamadas de emergencia. El protocolo de comunicación para las teleconsultas será H.323. Se evaluarán las prestaciones técnicas de las aplicaciones para videoconferencia como: SKYPE, Open Meeting; también, para la consulta vía telefónica o empleando el chat, según sea la circunstancia de la consulta. Estas actividades permitirán diferenciar las mejores prácticas en cada una y definir los protocolos de trabajo médicos-tecnológicos requeridos para cada teleconsulta.

Para la conexión del CDANSLL con los centros concertados, se están evaluando las nuevas tendencias tecnológicas de telecomunicaciones, así como también, se han planteado alianzas estratégicas entre las empresas de Telecomunicaciones para obtener el financiamiento del equipamiento comunicacional requerido, ya que el

Tabla 3: Relación anual de las consultas en el CDANSLL.

Especialidad	Total Anual			%Anual		
	2007	2008	2009	2007	2008	2009
Medicina Interna	942,00	742,00	619,00	20,00	13,75	8,38
Pediatra General	224,00	192,00	168,00	4,75	3,56	2,27
Pediatría Neurología	161,00	200,00	99,00	3,42	3,71	1,34
Crecimiento y desarrollo infantil	6,00	51,00	89,00	0,13	0,94	1,20
Ginecología	304,00	398,00	387,00	6,45	7,37	5,24
Embarazo alto riesgo	2,00	14,00	0,00	0,04	0,26	0,00
Dermatología	605,00	479,00	660,00	12,84	8,88	8,94
Odontología	1027,00	1457,00	2493,00	21,80	27,00	33,75
Cirugía general	23,00	15,00	25,00	0,49	0,28	0,34
ORL	138,00	132,00	56,00	2,93	2,45	0,76
Alergología/Inmunología	43,00	30,00	22,00	0,91	0,56	0,30
Psicología infantil	90,00	100,00	107,00	1,91	1,85	1,45
Psicología adulto	35,00	0,00	71,00	0,74	0,00	0,96
Medición de tensión arterial ¹ .	686,00	894,00	914,00	14,56	16,56	12,37
Cura de heridas	131,00	180,00	299,00	2,78	3,34	4,05
Administración de Tratamiento ² .	294,00	276,00	619,00	6,24	5,11	8,38
Cirugía Pediátrica	0,00	15,00	14,00	0,00	0,28	0,19
Fisioterapia	0,00	144,00	0,00	0,00	2,67	0,00
Traumatología	0,00	78,00	225,00	0,00	1,45	3,05
Osteoporosis	0,00	0,00	93,00	0,00	0,00	1,26
Psoriasis	0,00	0,00	72,00	0,00	0,00	0,97
Cirugía dermatológica	0,00	0,00	78,00	0,00	0,00	1,06
Gerontología	0,00	0,00	8,00	0,00	0,00	0,11
Psiquiatría	0,00	0,00	29,00	0,00	0,00	0,39
Ecografía(Ginecología)	0,00	0,00	239,00	0,00	0,00	3,24
Total	4711	5397	7386	100	100	100

NOTA: El % Anual de Pacientes en la tabla 3, se calculó como: Cantidad de pacientes consultados*100/Cantidad de pacientes_Anual.

(1) Relacionado con Control de Tensión Arterial de la Consulta de Medicina Interna.

(2) Relacionado con Tratamientos de HTA y Psoriasis (REMICADE).

Fuente: CDANSLL.



servicio de internet está garantizado dentro del campus universitario. En la figura 3, se muestra el diagrama de conexión de la Red de Telesalud.

Se estandarizaron los requerimientos básicos que debe tener la comunidad para insertarse en el proyecto. Se estableció el registro de cada programa a ser implementado en una Ficha Técnica, para establecer un orden y una planificación, para hacerlo operativo. Esta ficha técnica recoge la siguiente información de la Comunidad: Diagnóstico inicial de la situación problemática, Formulación de Objetivos claros y medibles, Estrategias seleccionadas y las actividades secuenciales, Descripción de los recursos disponibles y de los requerimientos básicos, Plan de Acción, Evaluación periódica y final, aplicando los indicadores de gestión y calidad propuestos.

Para la evaluación de la efectividad, eficiencia, eficacia, pertinencia, impacto y viabilidad de los programas aplicados, se definieron indicadores de gestión en Telesalud, basados en la gestión clínica (Gobierno Chile, 2002) y en experiencias previas de Proyectos de Telemedicina y Telesalud (Martínez & Rodríguez, 2001), (González, García & Herrera, 2007), (González y otros, 2008), (Salud, 2004). La gestión clínica se define como el uso adecuado de los recursos profesionales, humanos, tecnológicos y organizativos para el mejor cuidado de los enfermos; esto significa que el centro de salud debe ofrecer a los usuarios los mejores resultados (efectividad), personal altamente capacitado (eficacia) y reducción de costos del servicio, sin el menoscabo de la calidad (eficiencia). Los indicadores seleccionados inicialmente, son los siguientes:

1. N° de tele-consultas atendidas vs. N° de consultas tradicionales.
2. Tiempo promedio de tele-consulta.
3. Calidad de servicio: Tele-consultas con fallas técnicas, Acceso al sistema, Seguridad de los datos, Confiabilidad.
4. N° de Diagnósticos acertados y N° de Diagnósticos fallidos (Tele-consulta vs. Consulta tradicional).
5. N° de referencias evitadas (Indicador: Cifra anterior/cifra después de aplicado el programa).
6. N° de personas en los que se logró un cambio hacia estilo de vida saludable, (trabajo en conjunto con el visitador social).
7. N° de personas capacitadas a distancia.
8. N° de programas de Educación continua aplicados, EaD.
9. N° de inscritos en programas de EaD.
10. N° de deserciones en programas de EaD.
11. N° de egresados de educación continua y en programas de EaD.
12. N° de programas dirigidos al desarrollo humano (Charla presencial, Portal de salud).

13. Grado de satisfacción de los usuarios de la Tele-consulta: pacientes, médicos, estudiantes, enfermeras.
14. Grado de aceptación de la Tele-consulta.
15. Cambios observados en el estilo de vida y conducta de los pacientes. Se prestará atención especial a los factores de riesgo.

Conclusiones

Existen varias novedades en este proyecto. En primer lugar, la historia clínica electrónica del paciente, se organizará desde el punto de vista familiar y considerando los estándares de organización sugeridos por el MPPS; esto permitirá automatizar el registro epidemiológico del recinto, cooperar con otras investigaciones en donde se requiera información estadística hospitalaria y definir nuevos indicadores de gestión que puedan ser útiles en el desarrollo de nuevos proyectos sociales. La interacción de la Teleconsulta será del tipo segunda opinión médica; es decir, se han estructurado los protocolos de evaluación para los casos de interconsulta entre médico general y médico especialista, enfermera y médico especialista y docente de aula y médico especialista.

Desde el punto de vista de infraestructura, existe una intranet que ofrece conectividad a través del Backbone de la UC a cinco consultorios del CDANSL; se han ensayado Teleconsultas tipo segunda opinión en salud, empleando herramientas de videoconferencia sobre internet, basadas en el protocolo H.3233. Se ha establecido un protocolo de trabajo y horario para las Teleconsultas en las especialidades de Medicina Interna, Pediatría general, Dermatología y Odontología. En el aspecto educativo, se realizaron cursos de capacitación en el uso de las TIC's, dirigidos al personal en salud, docentes, estudiantes y líderes comunitarios. Por último, a fin de evaluar la calidad del servicio de Telesalud y el impacto del proyecto en la comunidad, se tienen indicadores de gestión referidos a la efectividad, eficiencia y eficacia basados en estudios previos y recomendaciones de la OPS.

Agradecimientos

Las autoras del trabajo quieren agradecer la cooperación del personal médico, de enfermería, docentes, estudiantes que prestan servicio en el Centro Docente Asistencial Nuestra Señora de la Luz. En especial, a la Dra. Pilar Matheus, quien nos ha facilitado las instalaciones del centro para desarrollar nuestras ideas y se ha mostrado optimista ante estos resultados.

Referencias

1. Ackerman, M., Craft, R., Ferrante, F., Kratz, M., Mandil, S., & Sapci, H. (2002). Telemedicine Technology. *Telemedicine Journal al e-Health*, 8 (1), 71-77.



2. Area de Investigación en Telemedicina y Sociedad de la Información. (2000). El Marco del Desarrollo de e-Salud en España. Madrid: Instituto Carlos III de Madrid.
3. Departamento de Agenda Digital en Salud. DADES. (2007). Estrategia Digital. Recuperado el 1 de junio de 2008, de <http://www.estrategiadigital.gob.cl/node/78>
4. EHAS, Enlace Hispano–Americano de Salud. (2002). Enlace Hispano–Americano de Salud. Recuperado el 2 de Marzo de 2009, de Tecnologías de la Información aplicadas a salud en zonas rurales de América Latina: <http://www.ehas.org>
5. García, A., & Reche, D. D. (2005). Hacia un uso racional de la eSalud. Ejemplo sobre telemedicina asíncrona. *RecistaeSalud.com*
6. Gómez, A., García, E., & Villagomez, A. (2007). Plan Nacional de Telesalud Para México. *Revistaesalud.com* , 3 (9), Vol 3. N°9.
7. González, G. (2001). Las reformas sanitarias y los modelos de gestión. 9 (6).
8. González, J., Carricondo, F., Mingorance, C., & Gil, P. (2009). Telemedicina aplicada a la atención sanitaria urgente: aspectos metodológicos y prácticos. *Revista URGENCIAS* , 21 (3), Vol.21, N°3, 287-294.
9. Guerrero, O. (2001). Nuevos Modelos de Gestión Pública. *Revista UNAM.* , Vol.2 N°3.
10. Jiménez, J. (2003). De la historia clínica a la historia de salud electrónica. España.
11. Maldonado, J. (2005). Historia Clínica Electrónica Federada Basada en la Norma Europea CEN/TC251 EN13606. Valencia: Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
12. Martínez, A., & Rodríguez, R. J. (2001). Bases metodológicas para evaluar la viabilidad y el impacto de proyectos de telemedicina. Washington DC: OMS.
13. Mendoza-Sassi, R., & Umberto, J. (2001). Utilización de los servicios de salud: una revisión sistemática sobre los factores relacionados. *Cad. Saude Pública*. Rio de Janeiro. Vol. 17, N° 4 , 17 (4), 819-832.
14. Ministerio de Sanidad y Consumo de España INSALUD. (2000). Plan Nacional de Telesalud INSALUD. Recuperado el 15 de mayo de 2006, de itelemedicina: www.itelemedicina.com/documentos/PlandeTelemedicina.pdf
15. Miserque, N. (2008). La Psicopatología de la Telemedicina: una realidad virtual. *Revista E_salud.com* , Vol.4, N° 14, 1-6.
16. OPS, O. P. (s.f.). Organización Panamericana de la Salud. Recuperado el 15 de 9 de 2009, de Organización Panamericana de la Salud: <http://new.paho.org/>
17. Palau, E. (2001). Telemedicina: Un intento de aproximación desde la gestión sanitaria. *Revista Española de Administración Sanitaria* , Vol. 5, N°17, 427-441.
18. Perez, E., Montilla, G., & Villegas, H. (2003). Experiencias de Telemedicina en el Instituto Docente de Urología. *Acta Científica Venezolana* , Vol. 54. 50-57.
19. Salud, F. E. (2004). Enlace Hispano Americano de Salud. Recuperado el 3 de Mayo de 2009, de Enlace Hispano Americano de Salud: <http://www.ehas.org/>
20. Toledo, P. (2003). Propuesta de un modelo de Telemedicina para la atención sanitaria a domicilio. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
21. Universidad Carlos III. Área de Investigación en telemedicina y sociedad de la información. Ministerio de Sanidad y Consumo. (2000). El Marco de Desarrollo de la e_Salud en España. Madrid: Instituto de Salud Carlos III.
22. Valenzuela, J., García, F., & Lorca, J. (2008). Proyecto de Plataforma para la e-Salud en Código Abierto (PESCA). *Revista eSalud* , Vol. 2 Nro. 8.



Herramienta basada en la tecnología Rich Internet Applications (RIA) para la gestión del proceso de enseñanza-aprendizaje del sistema quirófono remoto

Marchetti, M^{*}, Grimón, F¹, Castañeda¹, A., Monguet², J., Escobar, P³.

¹Universidad de Carabobo, ²Universidad Politécnica de Cataluña,

³Instituto Docente de Urología

* miguelmarchetti@gmail.com

Resumen

La telemedicina es un recurso tecnológico que posibilita la optimización de los servicios de atención de salud, ahorrando tiempo, dinero y facilitando el acceso a zonas distantes para tener atención médica de los especialistas. La educación en el área de la salud se fortalece mediante el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC's), permitiendo a los estudiantes de medicina gestionar su proceso de enseñanza-aprendizaje. El objetivo de esta investigación fue la construcción de una herramienta Rich Internet Applications (RIA) que permitiera la gestión del proceso de enseñanza-aprendizaje, con la evaluación de los conocimientos respaldados en recursos tales como historias clínicas, audio, video e imágenes para ser utilizada por los estudiantes de medicina. Este trabajo forma parte del Sistema de Quirófono Remoto (SQR), el cual se encuentra dentro del gran Sistema Hospital Web. La investigación siguió las fases metodológicas de la investigación proyectista, enmarcándose en un proyecto factible. En cuanto al desarrollo de software, estuvo guiado por la metodología *eXtreme Programming (XP)* empleando artefactos de Proceso Unificado Racional (RUP). Los resultados de este trabajo se muestran a través de los productos generados en cada una de las fases: Planificación, Diseño, Codificación y Pruebas. Esta investigación tiene un potencial para el desarrollo de las actividades de la enseñanza de la práctica quirúrgica y de una segunda opinión del especialista en un entorno Web.

Palabras clave: Telemedicina, Rich Internet Applications, Evaluaciones, Historias clínicas.

Technology-based tool rich internet applications (ria) to manage the process of teaching-learning in a remote surgery room system

Abstract

Theatre Telemedicine is a technological resource that enables the optimization of health care services, saving time, money, and providing access to remote areas to get medical attention from specialists. Education in the area of health is strengthened by the use of Information and Communication Technology (ICT), allowing medical students to manage the teaching-learning process. The objective of this research was to construct a tool based on Rich Internet Applications (RIA) that allows the management of teaching-learning process, and the evaluation of knowledge supported in resources such as medical records, audio, video, and images to be used by health science students. This work is part of the Remote Surgery Room System (RSRS), which is part of the whole Web Hospital System. The investigation followed the phases of a feasible project as the research methodology. The software development methodology was guided by *eXtreme Programming (XP)* devices joined to Rational Unified Process (RUP). The results of this work are shown through the products generated in each of the phases: Planning, Design, Coding and Testing. This research is a potential tool to design and develop teaching activities of surgical practice and a second opinion from a specialist in a Web environment.

Key words: Telemedicine, Rich Internet Applications, Evaluations, Medical Records.

Introducción

El formato tradicional para la formación de grado donde el profesor imparte clase a un grupo de estudiantes ha sido criticado por no ser suficientemente orientada a resolver problemas reales. Por lo tanto, muchas escuelas de medicina han introducido un sistema en el que más de un profesor puede asistir a conferencias y tutoriales para cubrir diferentes aspectos de un problema clínico. La aplicación de esta estrategia en el plan de estudios es compleja y requiere que los profesores den prioridad a los estudiantes que asisten a las conferencias (Hjelm et al., 2002).

Las conferencias han sido promovidas como una parte importante de la formación de pregrado y de la educación de postgrado. Para llevar a cabo esta actividad, se pueden utilizar video conferencias, que permitan transmitir desde los quirófonos y salas de conferencias

a otros centros, tanto nacional como internacional, para realizar demostraciones interactivas y poder observar las intervenciones quirúrgicas.

Según Koch et al. (2009) en las últimas dos décadas, el crecimiento de las tecnologías educativas basadas en Web ha sido exponencial, en el ámbito de la educación para la salud y medicina. El uso de la tecnología educativa ha sido reportado en la educación de los profesionales médicos y paramédicos, y los módulos de enseñanza de multimedia han sido desarrollados para apoyar la cirugía y la experiencia clínica de los estudiantes de medicina (Glinkowski y Ciszek, 2007).

Se espera que las TIC's tengan un impacto crucial sobre la atención de la salud. La aplicación de las TIC's en la educación y en la atención de la salud se ha transformado y evolucionado rápidamente. La enseñanza con la tecnología permitirá a los estudiantes utilizar



clínicas Web, evaluaciones y documentación electrónica, igualmente la telemedicina (Bonnell et al., 2005).

Según, Syburra y Genoni (2008) La telemedicina es la práctica de la medicina utilizando las telecomunicaciones y la tecnologías que permiten la prestación de asistencia sanitaria a distancia y el intercambio de información médica relacionada con ellas. Los factores que influyen en el auge de la telemedicina son: la separación geográfica, los problemas de logística para la atención a los pacientes, las condiciones climáticas extremas, la ampliación de la asistencia primaria, secundaria, y terciaria, el mejoramiento de la calidad, aumento de la eficiencia y la disminución de los costos (Hakan et al, 2008).

Esta investigación forma parte del SQR, desarrollado en la Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología de la Universidad de Carabobo, en cooperación con el Instituto Docente de Urología de Valencia y el Laboratorio de Aplicaciones Multimedia (LAM) de la Universidad Politécnica de Cataluña. El objetivo de la investigación fue la construcción una herramienta Rich Internet Applications (RIA) que permitiese la gestión del proceso de enseñanza-aprendizaje, con la evaluación de los conocimientos respaldadas en recursos tales como historias clínicas, audio, video e imágenes para ser utilizada por los estudiantes de medicina.

El SQR es un sistema de información que se ejecuta sobre un entorno Web orientado a un público con conocimientos de nivel bajo y medio en el manejo de aplicaciones Web. Este trabajo incorpora herramientas para la gestión del proceso de enseñanza-aprendizaje y evaluación de los conocimientos.

El SQR emplea tecnologías *Open Source* para crear un conjunto de aplicaciones y herramientas que permitan a las instituciones venezolanas de educación superior y centros de salud aprovechar el enlace de Internet 2 para prestar servicios de telemedicina y tele-educación.

Este sistema utiliza la transmisión de video de alta calidad con señales provenientes de los distintos equipos del quirófano, permitiendo a los especialistas que se encuentran desde una sala de telemática observar el trabajo del médico que opera interactuando verbalmente con él a medida que describe los pasos que va realizando.

En esta investigación se usa el término RIA el cual fue introducido por primera vez en 2002 por Jeremy Allaire¹, para referirse a la combinación de las aplicaciones tradicionales de escritorio y las aplicaciones Web, con la finalidad de obtener lo mejor de cada una de ellas y superar las deficiencias de ambas arquitecturas. Las RIAs reflejan la transición gradual e inevitable de las aplicaciones Web basadas en el modelo de cliente ligero como lo es el navegador Web a un modelo más enriquecido con funciones distribuidas que se comporta

¹ Para entonces Allaire trabajaba en Macromedia, actualmente Adobe. El término se presentó en el whitepaper "Macromedia Flash MX – A Next-Generation Rich Client" en Marzo del 2002.

más como una aplicación cliente-servidor de escritorio (Loosley, 2006), (Preciado, 2008), (Linaje, 2008).

En las siguientes secciones los autores presentan la metodología, los resultados y finalmente una discusión sobre los resultados obtenidos.

Metodología

En esta investigación se cumplieron las fases metodológicas de la investigación proyectiva (Hurtado, 2008) por estar enmarcado dentro de un proyecto factible. También se acataron las fases de la metodología de desarrollo de software XP (Molina, 2005).

En cuanto a la metodología de desarrollo del software, el nivel de requerimientos de la herramienta es amplio, el cliente requiere validar con frecuencia los mismos una vez que han sido implementados.

A continuación, se presenta la propuesta metodológica seguida para el desarrollo de la herramienta organizada por las distintas etapas de la metodología XP y el producto que se obtiene de cada una.

Planificación: En XP es vital definir un plan de trabajo flexible que permita adaptarse a los distintos cambios que puedan presentarse en el ciclo de vida de desarrollo del producto.

- Estudio de factibilidad: consiste en evaluar técnica, económica, y operativamente la posibilidad de realizar los objetivos planteados. El resultado es la justificación y aseveración que se cuenta con los recursos para el desarrollo.
- Historia de usuarios: Escritas por el cliente, describen de manera breve y concisa lo que esperan que haga la aplicación. Se organizan en fichas y posteriormente serán resueltas una a una.
- Modelo de casos de uso: Es la descripción del comportamiento de la herramienta donde se refleja cómo responde a una solicitud externa iniciada por el usuario. También permite identificar roles de usuario a través de actores del sistema. El producto es la descripción del caso de uso y un diagrama de casos de uso en notación UML.
- Planeación del Proceso: Incluye la planeación del plan de entregas donde se estima el tiempo necesario para desarrollar cada historia de usuario y el plan de iteraciones donde se elige, según el plan de entregas, que historias de usuario se implementarán en la iteración. El resultado es la planificación tabulada de las entregas e iteraciones.

Diseño: Es el proceso de la planeación de la solución del producto donde previamente a la implementación el equipo de diseño (en XP suele ser el mismo equipo de desarrollo) modela el producto.

- Arquitectura del software: es la estructura del sistema constituida por los distintos componentes



de software, las propiedades externamente visibles de estos y la relación que existe entre cada uno de ellos. Esta se documenta en este trabajo en dos diagramas, uno de componentes y otro de despliegue, en notación UML (Booch et al., 1999).

- Diagrama Entidad Relación: es un diagrama que refleja de manera abstracta y conceptual la representación de los datos. Permite documentar las entidades o tablas de la base de datos y la relación que guardan entre ellas. El producto es un diagrama E-R de la base de datos.
- Diagrama de clases: es un diagrama que describe a través de un gráfico estático la estructura de un sistema, mostrando las clases que lo integran y las relaciones entre estas. Se cuenta con el diagrama de clases de la herramienta en notación UML.

Codificación: Es el proceso de escribir, probar y depurar el código fuente del software teniendo en cuenta los requisitos del cliente y los aspectos del diseño. El resultado es la implementación del diseño del producto.

Pruebas: Es el proceso de validación y verificación donde se pone a prueba si el producto trabaja de manera esperada y cumple con requerimientos tanto técnicos como lógicos del negocio expresados por el cliente. En XP las pruebas son desarrolladas durante todo el ciclo de vida.

- Pruebas de funcionalidad y usabilidad: validan al final de cada iteración que los requerimientos entendidos e implementados por el programador satisfacen las expectativas del cliente teniendo en cuenta los aspectos de funcionalidad, desempeño y usabilidad.
- Pruebas de aceptación: validan que el software implementado satisface en su totalidad las expectativas del cliente. El producto es la aprobación por parte del cliente de una funcionalidad específica.

Resultados

En la Tabla 1, se muestran los resultados obtenidos al seguir cada una de las fases de la metodología XP.

Tabla 1: Resultados por cada una de las fases al aplicar la metodología XP.

Planificación	Historias de Usuario	Los usuarios son: Administrador, Facilitador, Estudiante, Autorizado. Las historias de usuario desarrolladas son: Crear privilegios y niveles de acceso para los distintos usuarios, crear funcionalidad de solicitud de ingreso al estudiante, soporte de video a pantalla completa, control remoto de códigos a través de la herramienta, crear gestión de facilitadores y cursos, crear funcionalidad de pruebas y evaluaciones en línea, agregar herramientas y funcionalidades colaborativas a la operación, crear foro de discusión, incorporación de historias clínicas quirúrgicas, crear editor de operaciones almacenadas, crear usuario que solo ingrese historias clínicas.
	Estudio de Factibilidad	El resultado positivo de la factibilidad técnica, económica y operativa permite que el proyecto sea factible de desarrollar.
	Casos de Uso	Se contemplaron los siguientes: Caso de uso del Administrador, Caso de Uso del Facilitador, Caso de Uso del Estudiante, Caso de Uso del Autorizado. Se muestra el caso de Uso del Estudiante en la Figura 1.
Diseño	En el diseño se han desarrollado los siguientes diagramas: Diagrama de clases, Diagrama de Entidad – Relación, Diagrama de componentes, Diagrama de Despliegue. El diagrama de despliegue se muestra en la Figura 2.	
Codificación	El resultado tangible de esta fase es la propia implementación del sistema, lo constituyen los programas fuentes, librerías, el uso de compiladores.	
Pruebas	De funcionalidad y Usabilidad	El instrumento de evaluación empleado, sugerido y refinado por Nielsen consiste en el cumplimiento de diez principios heurísticos (Nielsen, 2005), que responden a la forma natural de uso de interfaces de usuario. Los principios son: Visibilidad del estado del Sistema, adecuación del sistema y el mundo real, control de usuarios y libertad, consistencia y estándares, prevención de errores, reconocimiento, flexibilidad y eficiencia de uso, diseño y estética minimalista, ayudas al usuario al reconocer, diagnosticar y solucionar errores, ayuda y documentación. El resultado final es que el producto resultó funcional y usable.
	De aceptación	Ver tabla 2

Tabla 2: Pruebas de Aceptación.

Nº	Acción	Data	Resultado Esperado
1	Configurar una evaluación	Se configuraron distintos tipos de evaluaciones y posteriormente fueron aplicadas.	Éxito: El usuario configuró distintos tipos de evaluaciones y posteriormente realizó la evaluación con éxito.
2	Agregar y Consultar Historias Clínicas.	Se agregó y consultó historias clínicas	Éxito: El usuario agregó historias y posteriormente las consultó
3	Probar la herramienta con distintos privilegios de usuario	Se inició sesión con roles de Administrador, Facilitador, Usuario y Autorizado	Éxito: La herramienta ejecutó correctamente las permisologías de usuario.

Figura 1: Diagrama general de casos de uso para del actor Estudiante.

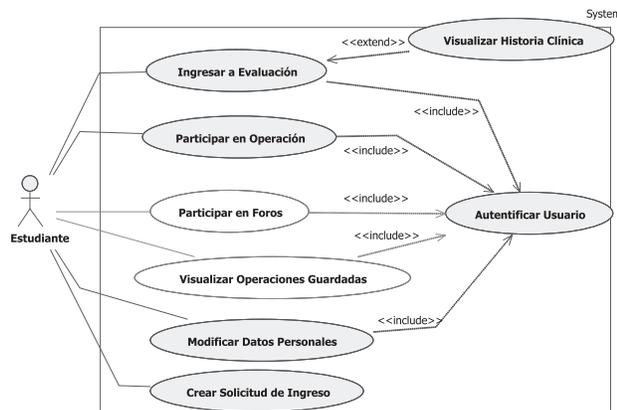
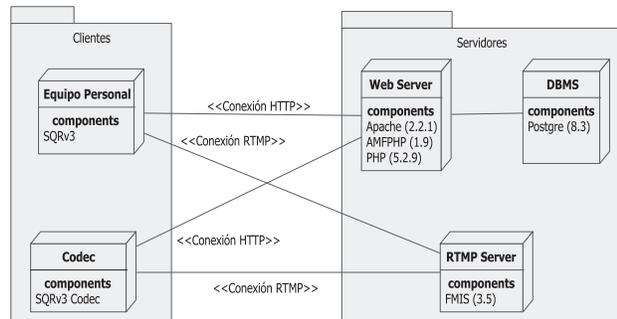


Figura 2: Diagrama de despliegue de nodos y componentes del sistema.



Discusión

El objetivo principal se ha conseguido en la medida que efectivamente se ha diseñado y desarrollado el sistema. El sistema ofrece ventajas para los estudiantes porque estos pueden presentar una evaluación sin hacer acto de presencia en algún recinto específico, además de contar con recursos adicionales: historias clínicas, audio, video e imágenes como soporte de las evaluaciones. Este podrá obtener las notas de sus evaluaciones una vez corregidas por el facilitador utilizando las TIC's.

También ofrece ventajas para el facilitador porque puede elaborar y configurar evaluaciones para ser aplicadas a un grupo de estudiantes en una fecha y hora determinada con diferentes tipos de preguntas (texto simple, completación, selección simple, selección múltiple y dicotómicas) sustentándose en recursos multimedia e historias clínicas. Además tiene un modulo de corrección de evaluación en donde podrá observar las evaluaciones presentadas por los estudiantes y asignar los puntos correspondientes para cada evaluación. El facilitador cuenta con un modulo de historias clínicas en donde podrá llenar una historia clínica de forma parcial o total y además consultar las historias clínicas elaboradas por el mismo o asociadas a el.

Respecto al proceso en sí de desarrollo de software, el uso de la metodología ágil de desarrollo XP permitió realizar todas las actividades y fases del ciclo de vida del proyecto de manera sencilla, organizada pero sobretodo de manera flexible. El cliente en todo momento se vio involucrado lo que permitió dar respuesta rápida y precisa a sus requerimientos. Y, a pesar que XP no lo sugiere literalmente, el uso de la documentación adecuada y la incorporación de artefactos de RUP permitió trabajar en componentes previamente desarrollados sin necesidad de perder tiempo aplicando ingeniería inversa para comprenderlos, además de dejar una evidencia formal de la calidad del desarrollo.

El resultado de este trabajo beneficia a la comunidad de desarrolladores de aplicaciones, a la comunidad del área de la computación, de la FACYT, a la comunidad del área de la medicina de la FCS, a la Universidad de Carabobo y a otras instituciones que deseen aplicar y proseguir esta experiencia.

Referencias

Bellazi, R., Montani, S., Riva, A., Stefanelli, M. (2001). Web-based telemedicine systems for home-care: technical issues and experiences. *Computer Methods and Programs in Biomedicine* 64, 175–187.

Bonnel, W., Wambach, K., Connors, H. (2005). A Nurse Educator Teaching with Technologies Course: More Than Teaching on the Web. *Journal of Professional Nursing*, Vol 21, No 1, 59–65.

Booch, G., Rumbaugh, J. & Jacobson, I. (1999). *El Lenguaje Unificado de Modelado*. Addison Wesley.

Glinkowski, W., Ciszek, B. (2007) *Telemedicine and e-Health* 13(5), 535-544.

Hakan T., Zafer O., Moosa S. (2009). On the staffing policy and technology investment



- in a specialty hospital offering telemedicine. *Decision Support Systems*. 46,468–480.
- Hjelm, N., Lee, J., Cheng, D., Chui, C. (2002). Wiring a medical school and teaching hospital for telemedicine. *International Journal of Medical Informatics* 65, 161–166.
- Hurtado de Barrera, Jacqueline (2008). *El Proyecto de Investigación. Comprensión Holística de la Metodología y la Investigación*. (6ª. Ed.). Caracas, Venezuela: Fundación Sypal.
- Koch, J., Andrew, S., Salamonson, Y., Everett, B., Davidson, P. (2009). Nursing students' perception of a web-based intervention to support learning. *Nurse Educ. Today*.
- Linaje, M., Preciado, J., Morales, R. & Sanchez, F. (2008). On the Implementation of MultiplatformRIAUserInterfaceComponents. *7th International Workshop on Web-Oriented Software Technologies*, 44-49.
- Loosley, C. (2006) *Rich Internet Applications: Design, Measurement and Management Challenges*, Keynote Systems. Consultado el día 7 de Junio de 2008 de la WWW: http://www.keynote.com/docs/whitepapers/RichInternet_5.pdf.
- Molina, Gabriel (2005). *Aplicación para Transmisión Bajo Demanda, Grabación y Edición de Sesiones Multimedia en un Entorno WEB para el Sistema Quirófano Remoto*. Trabajo especial de grado. Bárbula, Venezuela: Universidad de Carabobo, Facultad de Ciencias y Tecnología.
- Preciado, J., Linaje, C., Morales-Chaparro, M., Sanchez-Figueroa, R., Gefei Zhang Kroiss, F., Koch, N. (2008). *Designing Rich Internet Applications Combining UWE and RUX-Method*. *Eighth International Conference on Web Engineering*. 148-154.
- Syburra T., Genoni, M. (2008). *Télémédecine : quis, quid, ubi, quibus auxiliis, cur, quomodo, quando?*. *J Chir*, 145, N°4, 331-334.



Diseño centrado en el usuario de un software educativo para uso de las TICs como apoyo en las prácticas docentes

María Gabriela Lasaballett¹, Hyxia Villegas²

¹Departamento de Ciencias Pedagógicas de la Facultad de Ciencias de la Educación,
Universidad de Carabobo

²Centro de Procesamiento de Imágenes de la Facultad de Ingeniería,
Universidad de Carabobo
gabrielalasalballett@hotmail.com, hyxia@uc.edu.ve

Resumen

Los alumnos del décimo semestre de la mención inglés, de la Licenciatura en Educación en la FACE-UC, no hacen uso de las TICs, durante las clases que ellos imparten en los liceos, en la materia Práctica Profesional III, desaprovechando así todo el potencial que poseen esta herramientas para hacer llegar las ideas y facilitarlas a los estudiantes, la comprensión de los tópicos. Se observó que sólo hacen uso de ellas para investigación y planificación de sus actividades, a pesar que el programa de estudios incluye tres asignaturas en esta área: Informática, Análisis de Datos Educativos y Diseño de Materiales Educativos. El objetivo de este trabajo es el diseño e implementación de un software educativo, dirigido a los docentes noveles, para familiarizarlos en el uso de las TICs, como recurso de apoyo en la docencia. La modalidad es de Proyecto Factible. La metodología aplicada fue el Diseño Centrado en el Usuario. Se realizó una investigación cualitativa etnográfica, para caracterizar a los usuarios. Las técnicas usadas fueron la observación participante y la entrevista. Los instrumentos empleados fueron la lista de cotejo y la encuesta. Los resultados demostraron que el software tuvo una excelente acogida entre los estudiantes y los profesores, los orientó de forma fácil y segura en cómo usar las TIC en su quehacer diario, a través de ejemplos y ejercicios, los practicantes hicieron uso de ellas, de una forma natural, en sus clases presenciales.

Palabras clave: Práctica profesional, Fase de Práctica Pedagógica, TIC, Software educativo, Diseño centrado en el usuario.

Development of an user-centered software for using ict and other web resources as support during the pedagogical phase of the teaching practices

Abstract

During the studies in the Faculty of Educational Sciences, ten semester English students are provided with three courses: *Computer science, Analysis of Educational Data and Educational Material Design*, aimed to train student teachers to use Information and Communication Technologies ICT in their work. However, observations made by professors of Professional Practice III, during the teaching session in the pedagogical phase, have shown that students only use Internet for researching and planning. ITC are completely absent, so that they do not use computer tools or Web resources during the development of the didactic units. In response to this situation, it was designed a software for student teachers which is shaped by five (5) basic units related directly to educational performance: planning, teaching methods, procedures, skills, tools, and Web resources. The research is a feasible project. The applied methodology was based on the User-Centered Design (Norman, Draper; 1986), with an ethnographic qualitative research to characterize the users. The methods for collecting data were participant observation and interviewing. The instrument was a valid and reliable questionnaire. The sample was formed by five (5) students of the major English. The results showed that the developed software allowed the acquisition of ICT use in a natural way, because student teachers could support their educational activities or to improve the communication with their students. In the pilot tests, the software has had an excellent reception among student teachers and professors, because it orientates them in how to employ ICT easily and securely during their professional practice through examples and exercises.

Key words: Professional Practice, Pedagogical phase, Information and Communication Technologies ICT, educational software, User-Centered Design.

Introducción

El impacto de la problemática existente

Los profesores noveles, como lo son los estudiantes del décimo semestre de la mención inglés, de la Licenciatura en Educación en la FACE-UC, no hacen uso de las TICs, durante las clases que ellos imparten en los liceos, en la materia Práctica Profesional III. La enseñanza del idioma Inglés en bachillerato, en ausencia de herramientas TICs, es una situación grave, si se toma en cuenta el esfuerzo que realiza la Universidad de Carabobo, a través de su diseño curricular donde las TICs

están presentes como un eje transversal de formación y el esfuerzo que realizan los gobiernos nacionales, a través de leyes y presupuestos para proveer a la educación a nivel de básica, media y superior de recursos informáticos.

La enseñanza de las TICs, como eje transversal en la formación de los futuros docentes, se hace presente a partir de los avances tecnológicos a nivel mundial y de la realidad existente alrededor de las universidades y pedagógicos del país (Castaño, et, al (2004). Esta formación, vista como un proceso dinámico, tiene como finalidad ayudar al estudiante-docente a prepararse para



incorporar las posibilidades didácticas de las TICs en el contexto educativo y realizar aplicaciones didácticas concretas mediante herramientas informáticas.

Hernández Saldaña, F. (s.f), señala la necesidad del desarrollo de la competencia didáctica con mediación tecnológica en programas de licenciatura en inglés, debido a la imperiosa necesidad de hacer uso de todos los recursos multimedia que la Internet provee y que son tan necesarios para la adquisición de un nuevo lenguaje. El docente debe poseer las competencias para elaborar proyectos didácticos de integración curricular de las TIC, con adecuación a la metodología didáctica del profesor y la evaluación de su eficacia; debe, también, usar herramientas de autor para la elaboración de materiales de apoyo a la docencia y utilizar las posibilidades de Internet para la creación de nuevos entornos de aprendizaje, desarrollados fuera de las limitaciones convencionales de espacio y tiempo, UNESCO (2008).

Igualmente, existe la necesidad de cumplir con los lineamientos establecidos en el Currículo Básico Nacional (2007), que exigen la incorporación de las TIC como eje transversal en los procesos de enseñanza y aprendizaje que debe incorporarse a todos los niveles y subsistemas del Sistema Educativo Bolivariano (SEB). Para atender estas exigencias educativas actuales, en Venezuela, las instituciones de educación superior, tanto oficiales como privadas, que ofertan carreras de formación docente, incluyen dentro de los programas de estudio asignaturas dirigidas a proporcionar a los futuros educadores conocimientos teóricos y prácticos sobre el uso de las TIC, no sólo como herramientas educativas eficaces para su formación profesional, sino como apoyo a su quehacer docente en consonancia con el contexto educativo.

Sin embargo, aún cuando dentro del programa de estudios de la Licenciatura en Educación, en las distintas especialidades de la Facultad de Ciencias de la Educación (FACE) de la Universidad de Carabobo (UC), se incluyen, al menos tres (3) unidades curriculares administradas a lo largo de la carrera universitaria, cuyos contenidos están relacionados con la familiarización y uso de las Tecnologías en el quehacer docente, las evaluaciones realizadas a los practicantes docentes del décimo semestre, de la mención inglés en la Práctica Profesional III (PPIII), muestran que no se emplean las TIC u otros recursos WEB durante el desarrollo de las unidades didácticas de la Práctica Profesional, a pesar de haberlas utilizado en distintas asignaturas y etapas de la mención.

Las TIC se encuentran completamente ausentes en el proceso de enseñanza y aprendizaje, aún cuando tienen a su disposición salas de informática u otros recursos tecnológicos de apoyo docente, tanto en los espacios de la Escuela de Educación así como en los centros de aplicación. No hay uso de herramientas informáticas

u otras actividades basadas en aplicaciones Web como apoyo a la actividad presencial.

Esta ausencia del uso de las TICs, en la práctica de la docencia diaria, en la enseñanza del Inglés, donde la facilidad del uso de imágenes y videos es tan determinante, motivó la necesidad del desarrollo de un software educativo, dentro del cual se incluyen herramientas y recursos Web de apoyo a la fase pedagógica de la PPIII, dirigido a los practicantes docentes de la mención inglés, formado por cinco (5) unidades básicas relacionadas directamente con el desempeño docente: planificación, métodos, técnicas, procedimientos y recursos de enseñanza, las cuales le permitan “aprender y enseñar en compañía y con apoyo de TIC”, Galvis, A. (2001).

Metodología

Modalidad de la Investigación

El presente estudio se enmarca en la modalidad de Proyecto Factible. De acuerdo con Hernández (2006), dentro de la Investigación Educativa los Proyectos Factibles se definen como la investigación, elaboración, y desarrollo de un modelo operativo viable, cuyo propósito es la búsqueda de solución de problemas y satisfacción de necesidades. En este caso, se seleccionó esta modalidad porque se pretendía desarrollar un software educativo, para resolver el problema de los practicantes docentes quienes no emplean las TIC, las herramientas informáticas o recursos Web durante el desarrollo de las unidades didácticas en la fase pedagógica de la PPIII, a pesar de ser las TICs, un eje transversal de los procesos de enseñanza y aprendizaje que debe incorporarse a todos los niveles y subsistemas del Sistema Educativo Bolivariano (SEB), de acuerdo con los lineamientos establecidos en el Currículo Básico Nacional (2007).

Modelo de Software Educativo desarrollado

De acuerdo con González Reyes (2006), existen dos tipos de software educativos: el tipo heurístico (aprendizaje por descubrimiento, ej., simuladores, micromundos) y el de tipo algorítmico (aprendizaje vía transmisión de conocimiento, ej., los sistemas tutoriales y los sistemas de ejercitación y de práctica). El software educativo que se desarrollo es del tipo algorítmico.

Población y muestra

La población en estudio fueron los practicantes docentes del décimo semestre, de la mención inglés, de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Carabobo. La muestra fue los seis (6) estudiantes pertenecientes a la sección 06 de la cohorte I-2009.

Técnicas de recolección de información

La técnica usada para recabar información, fue la observación participativa a fin de tomar notas de campo y registrar información sobre el usuario, el contexto y

las tareas, ejecutando un estudio etnográfico. Por medio de esta experiencia, se determinaron las necesidades específicas del grupo, sus gustos, intereses y elementos que le permitieron lograr una mayor identificación con el producto propuesto.

Instrumentos de recolección de información

Los instrumentos de observación fueron la lista de cotejo y el cuestionario, convalidados a través del juicio de expertos. De esta manera, se recolectaron datos sobre el perfil del usuario, la motivación e interés por el aprendizaje, el grado de participación durante las asignaciones de aula y las estrategias que emplea para resolver tareas. En cuanto a las tareas, se registraron las actividades que realizan y cómo las realizan, así como la frecuencia, importancia y justificación de las mismas durante una clase. En relación al contexto, se exploró el clima imperante en el aula, la posición hacia la figura del docente, el nivel de participación y asistencia de los estudiantes, el uso de las destrezas comunicativas en inglés, la disponibilidad y tipo de recursos didácticos, así como el uso de tecnología en el aula. Esto permitió el modelado y la definición de las clases o perfiles de usuarios, con base en atributos comunes. Mediante esta técnica, los diseñadores lograron organizar y estructurar el producto orientado al usuario, ejecutando la tercera y cuarta tarea de la fase inicial: realización del *Story Board* y jerarquía de tareas del software.

Fases del Proyecto

Para el desarrollo del software se aplicó el marco metodológico conocido como User-Centered Design (Norman, Draper; 1986 citado por Hassan, Martín y Iazza, 2004), adaptándolo a las necesidades del desarrollo de software educativo, el cual constituye un marco metodológico y una filosofía de diseño claramente multidisciplinaria, aplicada, idealmente, por equipos de desarrollo interdisciplinarios.

Este Diseño Centrado en el Usuario, se dividió en varias fases o etapas con carácter iterativo. En la etapa inicial se ejecutaron de manera lógica y progresiva, cuatro tareas fundamentales, ver Figura 1.

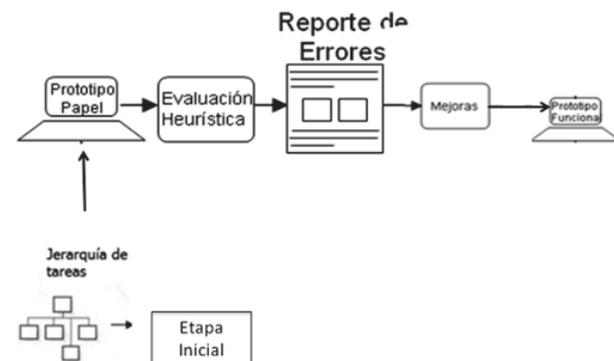
Primero, se identificaron las necesidades, requerimientos y objetivos de la audiencia potencial y se establecieron las especificaciones pedagógicas, según la teoría Psicológica de Robert Gagné, (1976). Segundo, se determinaron las características, rasgos predominantes y estereotipos de la audiencia, a partir de un estudio etnográfico, con el cual se recolectaron, tabularon y analizaron datos sobre las actividades de los usuarios generando un reporte de especificaciones. La técnica usada para recabar información, fue la observación participativa. Para ello, se asistió al aula de clases de la asignatura de Práctica Profesional III, en tres ocasiones, a fin de tomar notas de campo y registrar información sobre

el usuario, el contexto y las tareas. Por medio de esta experiencia, se determinaron las estructuras lingüísticas particulares del grupo, sus actitudes, conductas, signos y estereotipos.

Figura 1: Etapa Inicial Proceso del Diseño Centrado en el Usuario. Especificaciones Pedagógicas, Especificaciones del estudio etnográfico, Story Board, Jerarquía de tareas.



Figura 2: Segunda Etapa Proceso del Diseño Centrado en el Usuario. Desarrollo del Prototipo de Papel, Evaluación Heurística, Prototipo Funcional.

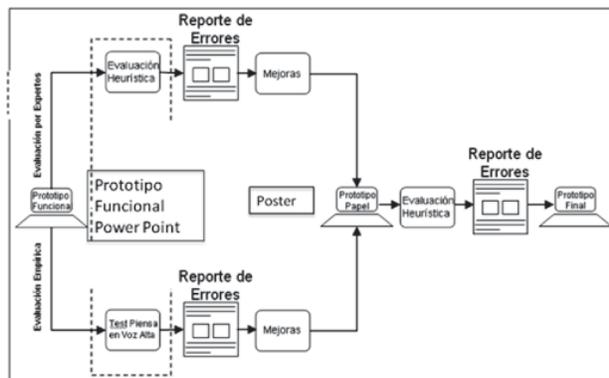


En la segunda etapa, denominada prototipado, ver Figura 2, se desarrolló un *prototipo de papel*, que mostró la interfaz del software a desarrollar; es decir, se definió el esquema de organización, funcionamiento y navegación del sitio. Como método de inspección de la usabilidad, este prototipo fue evaluado y analizado por un grupo de cuatro (4) expertos, quienes, con base en su propia experiencia, fundamentándose en los diez (10) principios de usabilidad de la Heurística de Nielsen (1994) y apoyándose en guías elaboradas para tal fin, evaluaron, de forma independiente, el producto. A partir del reporte de errores de los expertos, en el cual se identificaron tanto los problemas de diseño como los de navegabilidad, se establecieron las especificaciones de mejoras al producto y se procedió a la elaboración del



Prototipo Funcional utilizando el programa Microsoft PowerPoint.

Figura 3: Segunda Etapa Proceso del Diseño Centrado en el Usuario. Evaluación por expertos y Evaluación empírica del prototipo funcional, Desarrollo del Poster, Evaluación Heurística del Poster, Prototipo Final.



Durante la etapa final de la metodología del Diseño Centrado en el Usuario, ver Figura 3, se realizaron 2 evaluaciones al Prototipo Funcional: una evaluación por inspección, siguiendo la Heurística de Nielsen, realizada por cuatro (4) expertos, los cuales generaron sendos reportes de errores y sugerencias para corregirlos y una evaluación empírica, test *Piense en voz alta*; para ello, fue necesario que usuarios potenciales utilizaran el software, realizando un recorrido completo a lo largo de la interfaz mientras sus comentarios, percepciones y posturas frente al producto eran grabados en video, mediante el programa **Wink**. Para realizar el reporte de errores y las especificaciones de mejoras se transcribió la información proveniente de la grabación. Una vez recolectada estos datos, se elaboró el segundo prototipo de papel. El mismo consistió en un afiche de 70 x 90 cm impreso a “full color”, a gran formato, que presentaba tres columnas. En la primera columna se mostraban las pantallas del prototipo de papel, evaluado según los Principios de la Heurística de Nielsen por los expertos, además de las pantallas del prototipo funcional, con los errores reportados por los usuarios durante el Test *piense en voz alta*. En la segunda, se exponía una descripción del problema, el principio violado y la sugerencia y finalmente, en la tercera columna se publicaba la pantalla resultante tras la aplicación de las sugerencias hechas, tanto por los usuarios como por los expertos. Dicho afiche o póster, fue expuesto frente a un grupo de siete (7) evaluadores expertos para ser sometido a un nuevo proceso de evaluación. Allí se evidenciaron los cambios ejecutados desde el primer prototipo de papel y se realizaron importantes sugerencias a fin de fortalecer el prototipo final que formó parte del software educativo, para el uso de las TICs como material de apoyo de la práctica docente III.

En las pruebas pilotos, se observó la adquisición de competencias en el uso de herramientas TICs en la docencia, toda vez que este software orienta, de una forma fácil y segura, a los usuarios, a través de la interacción que ofrece con ejemplos y ejercicios propios de la materia Inglés.

Resultados y Discusión

Se desarrolló, como propuesta en el presente proyecto factible, el software “*On Top of the Practice*”, de tipo algorítmico, específicamente, de Ejercitación y Práctica. El mismo está estructurado en cuatro fases: introductoria, de orientación inicial, de aplicación y de retroalimentación, a partir de secuencias de actividades de aprendizaje relacionadas con cuatro unidades básicas que atañen directamente al desempeño docente: planificación, métodos, estrategias y actividades de enseñanza, además de ofrecer herramientas Web aplicables al quehacer diario como son: e-mail, wiki, foro, Chat, a fin de realizar clases innovadoras, dinámicas e interactivas haciendo uso de las TICs.

De acuerdo con los resultados obtenidos, desde el punto de vista operativo, el software propuesto responde a las inquietudes de los estudiantes, promueve la participación activa del usuario y le brinda retroalimentación y reconocimiento al ejecutar las tareas.

Desde una perspectiva didáctica, el material ofrece prácticas para ejercitar el contenido estudiado, muestra estrategias novedosas para resolver las tareas, desarrolla y ejercita todas las destrezas comunicativas por igual; está dirigido a la enseñanza de inglés como Lengua Extranjera, ofrece actividades para: diagnóstico y activación de conocimientos previos; contextualización del tema de estudio, dinámica de motivación inicial y explicación gramatical de estructuras y vocabulario, ofrece opciones para desarrollar algunos materiales didácticos, como flashcards y modelos de guías del estudiante.

Desde el punto de vista tecnológico, el recurso fomenta el uso de herramientas Web como Wiki, Foro, Chat e Internet, como apoyo a las clases de inglés. En las pruebas pilotos, este software ha tenido una excelente acogida entre los estudiantes y los profesores, toda vez que los orienta de una forma fácil y segura, a través de ejemplos y ejercicios en, cómo usar las TIC en la práctica profesional, permitiendo, así, una mayor asimilación de los conocimientos impartidos del idioma Inglés al hacer uso de éstas herramientas.

Conclusiones

La utilización de la metodología del Diseño Centrado en el Usuario, como proceso cíclico e iterativo, constantemente evaluado, corregido y reparado, desde los primeros momentos del desarrollo, con el apoyo de



los usuarios, permite obtener un producto final altamente intuitivo, fácil de usar, de aprender y de recordar.

El uso de las TICs, durante la fase práctica pedagógica de la PPIII, permite apoyar el proceso de enseñanza y aprendizaje del inglés y demás actividades presenciales, al ser consideradas como elementos de motivación de los estudiantes, quienes asumen, con entusiasmo, el uso de las mismas; además, permiten mejorar la interacción con los estudiantes, al favorecer la comunicación sincrónica y asincrónica dentro y fuera del aula de clases.

Porelloserecomiendadiseñar materiales educativos computarizados de apoyo docente que sean fáciles de manejar, con una interfaz amigable y que cumpla con los principios heurísticos de usabilidad, que promuevan el uso de las TIC como recursos de apoyo en las actividades presenciales y que permitan la visualización de cómo incorporar las TICs al quehacer docente, mediante la presentación de ejemplos y ejercicios.

Agradecimientos

A la Ing^o Laybet Colmenares y a la Dra. Hyxia Villegas, ambas especialistas en Tecnología de la Computación, quienes dictaminaron las directrices a seguir durante las distintas fases del proyecto y los participantes del programa de la Especialización en Tecnología de la Computación en Educación, cohorte I-2009, por conformar el equipo multidisciplinario encargado de realizar la evaluación heurística a los prototipos.

Referencias

- Castaño, C., Maiz, I., Beloki, N., Bilbao, J., Quecedo, R., y Mentxaka, I. (2004). La utilización de las TICs en la enseñanza primaria y secundaria obligatoria: necesidades de formación del profesorado. Edutec 2004, Barcelona: Educar con tecnología de lo excepcional a lo cotidiano. Universidad del País Vasco.
- Gagné, R. (1976). Número especial de la Revista de Tecnología Educativa, dedicado exclusivamente a artículos de Gagné, Vol. 5, No 1
- Galvis, A. (2001). Aprender y enseñar en compañía y con apoyo de TIC. Tecnologías de Información y de Comunicaciones. Concord, MA: documento digital, en <http://www.metacursos.concord.org/elearning/LeccionesELyMC.htm>
- González Reyes, F. (2006). Diseño de software Educativo. [Curso Online]. Obtenido el 08 de agosto de 2009 de <http://www.mailxmail.com/curso-diseno-software-educativo/mapa-navegacion>

- Hassan, Y., Martín, F. y Iazza, G. (2004). Diseño Web Centrado en el Usuario: Usabilidad y Arquitectura de la Información. [Online]. "Hipertext.net", núm. 2, 2004. Obtenido el 17 de mayo de 2009 de <http://www.hipertext.net>
- Hernández Saldaña, F. (s.f). Desarrollo de la competencia didáctica con mediación tecnológica en programas de licenciatura en inglés en Colombia. [Online]. Obtenido el 01 de agosto de 2009 de http://espacio.uned.es/fez/eserv.php?pid=bibliuned:19981&dsID=D ESARROLLO_DE_LA_COMPETENCIA_DID_CTICA.pdf
- Hernández, A. (2006). El Proyecto Factible como Modalidad en la Investigación Educativa. Obtenido el 01 de agosto de 2009 de http://www.google.es/search?sourceid=navclient&ie=UTF8&rlz=1T4WZPA_enVE265VE269&q=el+proyecto+factible+como+modalidad+n+la+investigaci%c3%b3n+educativa
- Ministerio del Poder Popular para la Educación. (2007). Currículo Básico Nacional. Caracas: MPPE.
- Nielsen, J. (1994). Ten usability heuristics. Obtenido el 15 de julio de 2009 de http://www.useit.com/papers/heuristic/heuristic_list.html
- Norman, D. A., y Draper, S. W. (1986). User centered system design: New perspectives on human-computer interaction. Obtenido el 15 de julio de 2009 de <http://www.questia.com/PM.qst?a=o&d=88188348>
- UNESCO (Enero 8, 2008). Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Estándares de competencias en TIC para docentes. Londres: UNESCO. Obtenido el 15 de julio de 2009 de <http://www.eduteka.org/pdfdir/UNESCOEstandaresDocentes.pdf>



Estructura de los supercúmulos de galaxias mediante el Efecto Sunyaev-Zel'dovich

Nelson Falcón

Universidad de Carabobo. FACYT. Dpto. de Física.

nelsonfalconv@gmail.com

Resumen

La interacción Compton inversa (Efecto Sunyaev-Zel'dovich) de los electrones en el halo de los supercúmulos de galaxias con fotones de la Radiación Cósmica de fondo (CMB) constituye una evidencia de la materia oscura bariónica. Esta materia oscura, compuesta de gas ionizado puede distribuirse geoméricamente como filamentos o como capas concéntricas. Empleando técnicas de interferometría se puede caracterizar la distribución espacial y densidad electrónica en las asociaciones de cúmulos de Galaxias. Se presenta un modelo de los agregados de materia para los Supercúmulos de Hércules y Corona Boreal que permite estimar las fluctuaciones CMB debidas al efecto Sunyaev-Zel'dovich, y su generalización a otros cúmulos de Galaxias con emisión difusa en rayos X para dilucidar la distribución espacial de la materia oscura bariónica.

Palabras clave: supercúmulos de galaxias, materia oscura, Efecto Sunyaev-Zel'dovich.

Structure of the Super Clusters of Galaxies through Sunyaev-Zel'dovich Effect

Abstract

The inverse Compton interaction (Sunyaev-Zel'dovich) of the electrons in the halo of superclusters of galaxies with photons of the cosmic background radiation (CMB) is an evidence of baryonic dark matter. This dark matter consisting of ionized gas can be distributed geometrically as filaments or as concentric layers. Using radio interferometry techniques can characterize the spatial distribution and electron density in the clusters of galaxies. A model of aggregates of matter to the superclusters of Hercules and Corona Borealis to estimate the CMB fluctuations due to the Sunyaev-Zel'dovich effect and its generalization to other clusters of galaxies with X-ray diffuse emission to elucidate the distribution Space baryonic dark matter.

Key words: superclusters of galaxies, dark matter, Sunyaev-Zel'dovich effect.

Introducción

La determinación de la densidad de materia en el Universo es fundamental para establecer el modelo cosmológico apropiado del origen y la evolución del cosmos, sin embargo los resultados recientes (Peebles, 1993; Ross, 1997) parecen indicar que la mayor parte de la materia en el Universo es opaca (materia oscura bariónica) e incluso transparente a toda la radiación electromagnética (materia oscura no bariónica). Por otra parte la materia observable en forma de estrellas y galaxias constituye sólo un 10 % de la materia bariónica existente en el Universo (Peacock, 1999) una posibilidad es que gran parte de la materia oscura bariónica se encuentre en forma de gas diluido en/y alrededor de los cúmulos y supercúmulos de galaxias, en densidades extremadamente bajas (del orden de 10^{-3} partículas por centímetro cúbico). A tales densidades la materia resulta esencialmente traslúcida a la radiación e inobservable aún con telescopios colosales que podrían ponerse en el espacio en la próxima centuria. Sin embargo los volúmenes de estas superestructuras en el universo, son tales, que su contribución a la densidad crítica podría ser importante, aún más que la materia luminosa en forma de estrellas y galaxias.

La cuantía de materia diluida en forma de plasma en cada supercúmulo de galaxias dependera de la geometría asumida para la distribución del gas intracumular e intrasupercumular. Los modelos de formación de estructura a gran escala suponen una

estructura filamentosa, del gas que equivale a suponer una simetría cilíndrica para la distribución del gas (Peebles y Rastra 2003) mientras que los modelos de fragmentación de nubes protogalácticas invocan una simetría esférica (Padmanbhan 1995). La interpretación de las densidades de materia, inferidas de las medidas interferométricas y de rayos X, dependerá de la simetría supuesta para la distribución del gas supercumular. En este trabajo se muestra como depende las anisotropías de la radiación cósmica de fondo (debidas al efecto Sunyaev-Zel'dovich) con la geometría asumida para la distribución del gas, y se realizan las estimaciones teóricas para los supercúmulos de galaxias Corona Boreal y Hércules, a fin de interpretar las futuras observaciones de éstos por el interferómetro VSA.

El gas contenido en los cúmulos de galaxias y en los supercúmulos interactuaría (“débilmente”) con los fotones del fondo cósmico de microondas (CMB) a través del efecto Sunyaev-Zel'dovich y dejaría su impronta como un decremento en la temperatura del CMB a la frecuencia de 33 GHz con la cual opera el Interferómetro de 14 antenas del Observatorio del Teide, único en su tipo. Este instrumento conocido como Very Small Array (VSA) posee un amplio campo que le permite escrutar la radiación cósmica de fondo en campos tan extensos del cielo de 2° de radio (Falcon y Genova-Santos, 2002). En la sección 2 presentamos la discusión del Efecto Sunyaev-Zel'dovich y elaboraremos modelos cuantitativos para estimar dicho efecto en superestructuras (sección 3)



cuyos resultados y discusión presentamos en la última sección (sección 4).

Efecto Sunyaev-Zel'dovich Térmico

El decremento en temperatura debido al efecto Compton inverso del plasma electrónico con los fotones del fondo cósmico de microondas, está dado por la relación (Sunyaev-Zel'dovich, 1970):

$$\frac{\Delta T(x)}{T_{CMB}} = y_c [x \coth(x/2) - 4] \equiv y_c g(x) \quad (1)$$

donde x es la frecuencia adimensional en términos de la temperatura (T_{CMB}) del fondo cósmico de microondas ($h/k_B T_{CMB}$) y (y_c) es el parámetro de Comptonización, que depende solamente de la temperatura del plasma (T_e) y densidad electrónica. Ambas contribuciones son integradas a lo largo de la línea de visión (dlcdt).

$$y_c \equiv \frac{k_B}{m_e c^2} \int T_e \sigma_T n_e(ct) d(ct) \equiv \tau \frac{k_B T_e}{m_e c^2} \quad (2)$$

Las observaciones en rayos X aseguran que T_e es constante (Irwin & Bregman 2000), por lo que y_c puede ser expresada en función de la profundidad óptica (τ) del medio:

$$\tau = \sigma_T n_0 \int \left[1 + \left(\frac{r}{R_c} \right)^2 \right]^{-3\beta/2} dl \quad (3)$$

La densidad del gas es aproximada por una distribución tipo “-model” (Mohr et al 1999):

$$n_e(r) = n_0 \left[1 + \left(\frac{r}{R_c} \right)^2 \right]^{-3\beta/2} \quad (4)$$

donde n_0 es la densidad central del número de electrones y R_c es el radio del núcleo del supercúmulo de galaxias. Asumiendo, como es usual en cúmulos de galaxias, índice de decremento central 0, que el parámetro de Comptonización es:

$$y_c \approx \frac{\sigma_T}{m_e c^2} [k_B T_e] [n_0 R_c] \frac{\pi}{2} \quad (5)$$

En el régimen de Rayleigh-Jeans $x \ll 1$ ($=33\text{GHz}$) y el factor de frecuencia $g(x) = -1.94 - 2$, con lo cual el decremento SZ de la temperatura central es:

$$\Delta T_{SZ}^{(RJ)} \approx -34,48 \langle \mu K \rangle \left[\frac{k_B T_e}{keV} \right] \left[\frac{R_c}{Mpc} \right] \left[\frac{n_0}{10^{-3} cm^{-3}} \right] \quad (6)$$

Modelo De Estructuras A Gran Escala

En supercúmulos de galaxias, donde las dimensiones características de los objetos supera los 50 Megapasec (Roos, M. 1997) el gas diluido disperso entre los cúmulos de galaxias, y formando filamentos entre las galaxias componentes de cada cúmulo, debería causar también anisotropías secundarias en la radiación cósmica de fondo por Efecto Sunyaev-Zel'dovich. La cuantía de la distorsión dependerá del parámetro de comptonización y por ende de la geometría asumida para la distribución del gas caliente en la superestructura.

Bajo la hipótesis de que el gas caliente difuso en los supercúmulos de galaxias es el responsable de la emisión difusa en rayos X observada (Mason & Meyers; 2000), podemos caracterizar la densidad y la temperatura del gas por los valores reportados por las medidas en rayos X de tales estructuras. Así, si se supone en primera aproximación que el gas diluido es isotérmico (Irwin & Bregman 2000) el flujo en rayos x en función de la frecuencia es:

$$J = 4\pi \int j_\nu d\nu = 4\pi \int_0^\infty \left(\frac{2^7 \pi}{27} \right)^{1/2} \frac{z^2 e^6 n_e n_i}{m^{3/2} c^2 \sqrt{k_B T}} \text{Exp}\left(\frac{\hbar \omega^2}{k_B T} \right) d\nu \quad (7)$$

donde Z es el número atómico (se asume gas de Hidrogeno), m y e son respectivamente la masa y la carga del del electrón.

Empleando la condición de equilibrio que iguala la cardinalidad entre iones y electrones, justificado por el hecho de que el medio interestelar es eléctricamente neutro ($n_i \sim n_e$), podemos integrar el flujo para todo el espacio a fin de expresar la luminosidad en rayos X (L_x) en terminos de los observables como (Peebles, 1993):

$$L_x = \int_V J d^3x \approx 1.4 \cdot 10^{35} \langle W \rangle \left[\frac{T_x}{keV} \right]^{1/2} \left[\frac{R}{kpc} \right]^3 \left[\frac{n_e}{cm^{-3}} \right]^2 \quad (8)$$

Combinando las ecuaciones (6) y (8) obtenemos:

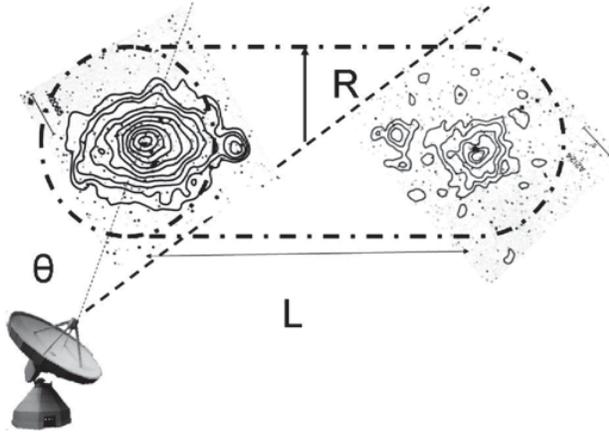
$$\Delta T \approx -2.914 \langle \mu K \rangle \left[\frac{k_B T_e}{keV} \right]^{3/4} \left[\frac{R_c}{10 Mpc} \right]^{-1/2} \left[\frac{L_x}{10^{37} W} \right]^{1/2} \quad (9)$$

Esta relación es esencialmente la relación de Birkinshaw (1999) para superestructuras, salvo un factor de dos veces menor causada por la estimación aproximada del espesor óptico realizada por Birkinshaw. De cualquier modo es deseable especificar una geometría más realista para la distribución de materia en los supercúmulos para determinar el decremento SZ de las anisotropías de la radiación cósmica de fondo.



Modelo del Filamento Cilíndrico. Una posible geometría para la distribución de gas intercumulos de galaxias es mostrada en la figura 1, donde la distancia entre dos cúmulos de galaxias es L y R_c es la extensión radial del gas, entendida como aquella donde la densidad puntual decae a la mitad de la densidad media, es la extensión angular del cúmulo.

Figura 1: Estructura filiforme (Cilíndrica) si la materia oscura entre cúmulos forma filamentos, el decremento SZ debe coincidir con la relación (14) para R igual al radio del cúmulo.



Cabe esperar que la densidad electrónica se incremente linealmente en los centros de los cúmulos a lo largo de la línea que los une y que decrezca como r^{-1} en las otras dimensiones, de allí que:

$$n'_e(r) = n'_0 \left[1 + \left(\frac{r}{R_c} \right)^2 \right]^{-1} \left[\frac{2Z}{L} - 1 \right]^2 \quad (10)$$

También la densidad del número de electrones se relaciona con la fracción de la masa del gas intercumular (f_{ICM}), el peso molecular promedio μm_p y la masa total M , como:

$$\int_V n' dV \equiv N = \frac{M f_{ICM}}{\mu m_p} \quad (11)$$

Usando esta distribución del gas obtenemos para la profundidad óptica :

$$\tau = \frac{\sigma_T n'_0 R_c}{\cos \theta} \left[\frac{\pi}{2} - \frac{2R_c}{L} \text{tg} \theta \ln 4 + \left(\frac{2R_c}{L} \text{tg} \theta \right)^2 \left(\frac{\pi}{2} - \theta \right) \right] \quad (12)$$

Donde

$$n'_0 \approx \frac{M f_{ICM}}{R_c^2 \mu m_p} \frac{1.38}{L} \quad (13)$$

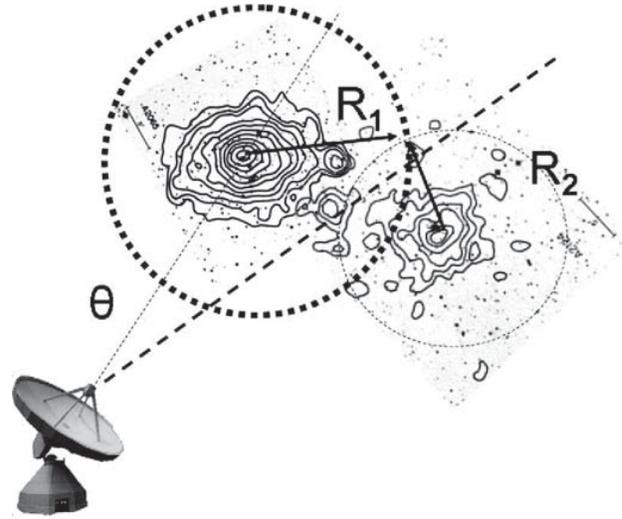
El decremento SZ esperado en intensidad, en terminos observables resulta así:

$$\Delta S_{SZ}^{(RJ)} \approx -52,86 \langle mJy / beam \rangle \left[\frac{k_B T_e}{keV} \right] \left[\frac{R_c}{L} \right] \left[\frac{R_c}{Mpc} \right] \left[\frac{n_0}{10^{-3} cm^{-3}} \right] \quad (14)$$

Modelo de Capas esféricas

La acumulación del plasma (gas caliente) intercumular puede asociarse a los cúmulos de galaxias en capas esféricas concéntricas, en cuyo caso el parametro de Comptonización a lo largo de la línea de visión cambia respecto a las estimaciones basadas en el modelo de filamentos cilíndricos, vease figura 2.

Figura 2: Estructura de Cebolla (Esférica) si la materia oscura entre cúmulos forma capas, el decremento SZ debe coincidir con la relación (17) si R_1 y R_2 son los radios de los cúmulos respectivos.



Si R es el radio del cúmulo i -esimo y θ_i es la extensión angular respecto al centro del campo, la profundidad optica estará dada por:

$$\tau = \sum_i \tau_i = \sum_{i \text{ Donde } i} 2\sigma_T n_{0i} R_i \left[1 + a_i^2 \right]^{1/2} \text{arctg} \sqrt{\frac{1 - a_i^2}{1 + a_i^2}} \quad (15)$$

$$a_i \equiv (D_i / R_i) \text{sen} \theta_i \quad (16)$$

En el caso especial de cúmulos equidistantes y de radios comparables, el decremento SZ en temperatura adquiere la forma:

$$\Delta T_{SZ}^{(RJ)} \approx -34,48 \langle \mu K \rangle \left[1 + a^2 \right]^{1/2} \text{arctg} \sqrt{\frac{1 - a^2}{1 + a^2}} \left[\frac{k_B T_e}{keV} \right] \left\{ \left[\frac{R_1}{Mpc} \right] \left[\frac{n_{01}}{10^{-3} cm^{-3}} \right] + \left[\frac{R_2}{Mpc} \right] \left[\frac{n_{02}}{10^{-3} cm^{-3}} \right] \right\} \quad (17)$$

Resultados y Discusion

Las relaciones (6), (9), (14) y (17) se emplean para calcular el efecto SZ en cúmulos y supercúmulos de galaxias observables con el VSA. Obsérvese que las relaciones precedentes permiten estimar la densidad electrónica, y con ello la densidad bariónica de la superestructura. Para ello se debe combinar la data experimental proveniente de la radioastronomía (decremento de temperatura a través del -efecto Seldov-Zel'dovich) y la temperatura electrónica proveniente de los datos de emisión difusa de rayos X.

La Tabla 1 Resume las estimaciones de los decrementos SZ en temperatura e intensidad (penúltima y última columna respectivamente) para los cúmulos de galaxias observados con el VSA del Observatorio del Teide (Lankaster et al 2005).

La tabla 2 resumen las estimaciones de los decrementos SZ para campos seleccionados. La primera columna contiene el número de supercúmulo (Einasto, M. et al 1994), su nombre y las coordenadas de ascensión recta y declinación (época 2000). La segunda y tercera columna, los decrementos máximos a la distancia media intercúmulo en milikelvin y en intensidad radiométrica (miliJansky) respectivamente. La columna 4 indica la extensión angular, el resto de las columnas los valores típicos reportados para los cúmulos indicados en el catálogo de Abell y la última columna el máximo decremento SZ esperado para el centro del cúmulo.

Las estimaciones precedentes, para la medición del efecto Sunyaev- Zel'dovich en superestructuras, indican por un lado la factibilidad de su detección con técnicas interferométricas por encima del nivel de ruido que podría

tener la instrumentación existente en el Observatorio del Teide y en otros radiotelescopios similares. Además de la validez de la aproximación de Rayleigh-Jean para la estimación de los decrementos centrales.

Por otro lado los cálculos resumidos en la tablas 1 y 2, permitirán establecer la distribución (geometría) del gas caliente a gran escala, y con ello dilucidar los mecanismos de formación de las galaxias y los cúmulos de galaxias, como las estructuras encontradas ya en el supercúmulo de Corona Boreal (Genova-Santos et al, 2008). La importancia del trabajo teórico reside pues en la estimación, por vez primera, de la cuantía del efecto SZ y su vinculación con los modelos geométricos de distribución del gas caliente en el Universo a Gran Escala, permitiendo dilucidar la estructura a gran escala del gas de electrones contenido en los supercúmulos de galaxias a través de la medición del efecto Sunyaev-Zeldovich. Si bien es cierto que la afección y la no isothermalidad pudieran no cumplirse en muchos cúmulos de galaxias, y en consecuencia las temperaturas del plasma, inferidas de las medidas de rayos x, estarían sobrestimadas en un modelo tipo “-model” para algunos cúmulos de galaxias en particular, estas correcciones afectarían por igual a ambas distribuciones del gas (ecuaciones 9 y 17) toda vez que el decremento de temperatura debido al Efecto Sunyaev-Zel'dovich es lineal en la temperatura en ambos casos.

Es importante destacar que estas mediciones resultan así independientes de cuan distante se encuentre el supercúmulo y por lo tanto, de cuan antiguas, sea la estructura. Esta es una ventaja de la técnica que la hace muy superior a la observación telescópica ordinaria (en

Tabla 1: Decrementos SZ de cúmulos observable con VSA.

Objeto AR δ (2000)	T_e keV	n_{e0} 10^{-3} cm^{-3}	R_{core} Mpc	$\Delta T_{\text{SZ}}^{(\text{RJ})}$ μK	ΔS_{SZ} μJy
A399 0257.9+1300	5.8 5.8	3.24	.45 .5	291 324	238.6 265.7
A401 0258.9+1334	8 7.8	8.01	.246 .26	543.5 560.1	445.7 459.3
A478 0413.3+1028	8.4 7.8	28.9	.098 .135	781.2 1049.3	640.6 860.4
A1795 1349.0+2635	5.8 7.8	11.29	.078 .21	176.1 637.6	144.4 522.8
A2142 1558.3+2713	9.7 9.4	15.03	.154 .216	815.3 1085.8	668.6 890.4
A2244 17024+34025	7.1 7.1	17.73	.126	547 205	448.5



Tabla 2: Estimación del Efecto Sunyaev-Zel'dovich para los Supercúmulos.

Supercúmulo y campo α, δ Centro del Campo	ΔT_{sz} [μ K]	ΔT_{sz} [mJy]	θ [grados]	Cúmulo	Te keV	L_x 10^{37} W	Rc [Mpc]	ΔT_{sz} [mK]
160 Hercules 1 16 12 00 +16 18 00	-57.6	23.74	.556	A2147 A2152	4.4 2.1	4.2 .38	.701 .367	-112.9 -98.6
160 Hercules 2 16 06 00 +17 05 52	-165.5	68.2	1.300	A2151 A2152	3.5 2.1	1.46 .38	.227 .367	-30 -29.1
160 Hercules 3 15 00 00 +16 12 00	-56.5	23.29	.415	A2040 A2052	2.5 3.4	.64 3.65	.618 .892	-44.3 -98.6
160 Hercules 4 15 12 13.9 +06 36 05	-122.4	50.44	.0819	A2052 A2055	3.4 5.8	3.65 2.19	.892 .507	-98.6 -103.5
160 Hercules 5 16 28 23.5 +40 12 56	-143.1	58.97	1.383	A2197 A2199	1.6 4.7	.16 6.3	.545 .713	-9.26 -32.5
158 Corona Borealis 1 15 17 00 + 28 18 00	-141.0	58.1	.551	A2065 A2056	8.4 --	2.76 --	.0722 --	-32.6 --
158 Corona Borealis 2 15 30 24.7 +28 28 14	-195.6	80.6	.818	A2079 A2089	3.2 --	.82 --	.737 --	-6.7 --

cualquier región del espectro electromagnético) que está fuertemente limitada por la distancia, haciendo impracticable la observación de gas difuso mas allá del Grupo Local aún con los Telescopios Espaciales. Aún es pronto para realizar medidas determinantes sobre estos aspectos, pues cada campo (área de observación) requiere entre 70 y 90 noches útiles de observación con el Interferómetro; habida cuenta que se espera medir fluctuaciones en el orden de los microkelvin.

Agradecimiento

Al Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) por su hospitalidad y cofinanciamiento del presente trabajo.

Referencias

Birkinshaw, M. (1999) Phys. Rep. 310, 97.
 David, L.P et al. (1993) ApJ 412;478-488.
 Einasto, M. et al (1994) MNRAS 269, 301.
 Falcon, N. ; Genova-Santos, R (2002, noviembre) Searching for Baryonic Dark Matter in Superclusters of Galaxies. Presentado en XIV Winter School of Astrophysics: Dark Matter and Dark Energy in the Universe. Puerto de la Cruz , Tenerife, España.
 Genova-Santos, R. et al (2008) MNRAS 391, 1127-1.136

Irwin, J. ; Bregman, J. (2000, Julio) Radial Temperature Profiles of 11 Clusters of Galaxies Observed with BeppoSAX. Presentado en IAP 2000 meeting, Paris, France.
 Lankaster, K; Genova-Santos, R.; Falcon, N. Grainge, K. (2005) MNRAS 359, 16-30.
 Mason, B.M.; Meyers, S.T. (2000) ApJ540, 614-633
 Mohr, J.; Mathiesen, B.; Evrard, A.(1999) ApJ. 517, 627.
 Padmanabhan (1995) Structure formation in the Universe. Cambridge U. Press.
 Peacock, J.(1999) Cosmological Physics, Cambridge U. Press.
 Peebles, P.J. ; Rastra, B. (2003) RvMP 75, 559.
 Peebles, P.J. (1993) Principles of Physical Cosmology . Princenton Univ. Press
 Reiprich, T. ; Böhringer, H. (2002) ApJ 567,716-740
 Roos, M. (1997) Introduction to Cosmology, Wiley & Sons, England.
 Sunyaev, E.V.; Zel'dovich, Y.B. (1970) Ap.& SS, 7, 3.
 White, D.A. et al (1997) MNRAS 292, 219
 Zhang, T.J. ; Wu, H.P. (2000) ApJ 545,141-144



Dinámica de gases contaminantes bajo equilibrio hidrostático en atmósferas planetarias

Nelson Falcón¹ y Erith Muñoz²

Universidad de Carabobo Facultad.

Experimental de Ciencias y Tecnología¹. Facultad de Ingeniería².

Dpto. de Física.

nelsonfalconv@gmail.com, eamunoz@uc.edu.ve

Resumen

La preocupación creciente por la estabilidad atmosférica y el efecto de los gases contaminantes en la atmósfera terrestre invitan a la elaboración de modelos para estudiar la dinámica de los gases atmosféricos en la tropósfera. Se presenta la dinámica de gases contaminantes en atmósferas planetarias, en la aproximación hidrostática, para estudiar la altura máxima alcanzada por una burbuja de gas en un medio atmosférico con estratificación de temperatura y densidad. Aplicaciones al estudio de las atmósferas de Venus, Marte y la Tierra son discutidas para gases como metano, Dióxido de Carbono y Acido sulfúrico.

Palabras clave: atmósferas planetarias, Polución atmosférica, equilibrio hidrostático.

Dynamics of pollutant gases under hydrostatic equilibrium in planetary atmospheres

Abstract

The growing concern about atmospheric stability and the effect of pollutant gases in the atmosphere, invite modeling to study the dynamics of atmospheric gases in the troposphere. We present the dynamics of pollutant gases in planetary atmospheres, under hydrostatic approximation, to study the maximum height reached by a gas bubble in atmospheric environment with stratified temperature and density. Applications to study the atmospheres of Venus, Mars and Earth are discussed for gases such as methane, carbon dioxide and sulfuric acid.

Key words: planetary atmospheres, atmospheric pollution: CH₄, H₂SO₄, CO₂, hydrostatic equilibrium.

Introducción

La descripción de cómo evoluciona el movimiento ascensional (dinámica) de una burbuja de gas dentro de un medio fluido con estratificación de densidad y temperatura, como en el caso de las atmósferas planetarias, es importante para predecir la evolución de gases contaminantes y las particularidades observadas en las atmósferas de los planetas rocosos. El estudio de la atmósfera terrestre requiere así de la planetología comparada de las atmósferas de Venus y Marte, con el fin de teorizar y elaborar modelos físico-matemáticos bajo condiciones extremas, puesto que no es posible modificar artificialmente las condiciones de nuestra propia atmósfera con fines de investigación científica. En particular es interesante evaluar cual es la altura máxima que alcanzan algunos gases de efecto invernadero y/o contaminantes en las diversas atmósferas planetarias (Muñoz & Falcón, 2008). Entre los gases más contribuyentes al efecto de invernadero se encuentran el dióxido de carbono, ácido sulfúrico y metano (Kuba y Fujiyoshi, 2006), estos gases son considerados en este trabajo para estimar niveles de concentración de gases contaminantes para una atmósfera planetaria. Ahora bien, desde el punto de vista físico, aun cuando la atmósfera es una mezcla de gases, también hay que considerarla como una mezcla de gases y agua en sus distintos estados; para estudiar de modo más realista la dinámica en la tropósfera; es decir debe introducirse en las consideraciones del equilibrio hidrostático el gradiente adiabático húmedo de la tropósfera, en lugar de su valor medio para la atmósfera. Entre las características

importantes de esta mezcla de gases atmosféricos y agua en sus tres estados, resaltan la presión, temperatura y densidad, estos parámetros varían con la altitud, latitud, longitud y temporada y se relacionan entre si mediante la ecuación de estado.

Los parámetros mencionados anteriormente son característicos para una atmósfera dada y en conjunto definen perfiles verticales de importancia para la comprensión de la microfísica atmosférica. El valor estándar para la presión a nivel del mar es 1013 mb (760mm Hg) (Jacobson 1998). La Figura 1 muestra el perfil de presión y temperatura de la atmósfera terrestre estándar.

Los perfiles de temperatura y presión son característicos de los estratos constitutivos del medio fluido (atmósfera), por esta razón son considerados en estudios de estabilidad atmosférica local (Pielke, 1984).

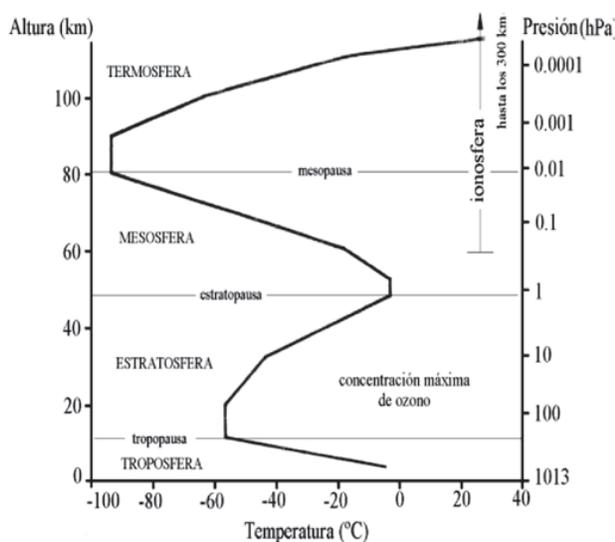
Considerando las características termodinámicas de las capas atmosféricas horizontales (estratos) mediante la ecuación de estado y evaluando las condiciones de estabilidad, mecánica y térmica, sobre una burbuja de gas ascendente se estima la altura alcanzada en la atmósfera. Es decir, como a partir de condiciones iniciales conocidas, una burbuja de gas (contaminante) interactúa dinámicamente con la atmósfera antes de alcanzar la capa de inversión térmica.

La capa de inversión térmica está ubicada en la interfaz existente entre la tropósfera y la estratósfera. Con frecuencia esa región es conocida como tropopausa (ver Fig. 1). Esta última es definida por la WMO



(Organización Mundial de meteorología, por sus siglas en inglés), como el límite superior de la tropósfera. Esta interfaz es la altitud más “baja” en la cual la tasa promedio para el gradiente de temperatura disminuye hasta $2 \text{ K} \cdot \text{km}^{-1}$ o menos y además, entre esta altitud y cualquier otra por los siguientes 2 km , no existe una tasa superior a los $2 \text{ K} \cdot \text{km}^{-1}$ (Conference Internacional of Radiation Atmospheres, 1972). Por encima de la base de la tropopausa la temperatura promedio es constante antes de incidir en la estratósfera baja. A continuación se plantean las condiciones y mecanismos de ascensión de burbujas de gas en la atmósfera, justo en la región donde el gradiente de temperatura es monótono (tropósfera).

Figura 1: Perfil de temperatura de la atmósfera terrestre adaptación del gráfico de Peixoto y Oort (1992).



Estabilidad de Capas Atmosféricas

Con la finalidad de analizar el movimiento vertical de una capa de gas en la atmósfera se introduce un modelo que ha sido usado por J. Bjerknes (1938) para descripciones estáticas de atmósferas y es conocido por su nombre en inglés como, The slice Method. En nuestro afán por describir perfiles convectivos en la atmósfera; este método resulta una eficiente herramienta, dado que nos permite considerar una capa de gas horizontal saturada. Se conoce que para una capa horizontal de aire el modelo de Benard, explica que existen algunas regiones donde el aire asciende y se enfría adiabáticamente; y por otro lado, en regiones vecinas (no aisladas) dentro de la misma capa, hay corrientes de aire seco descendiendo y calentándose. Este modelo puede ser usado para un gas cualquiera considerando los cambios respectivos a la constitución física.

El equilibrio térmico de una parcela o burbuja de gas en la atmósfera, bajo equilibrio hidrostático, para un proceso adiabático (donde la variación de la cantidad de

calor δq es nula) queda definido a partir de la primera ley de la termodinámica, de la forma:

$$\delta q = c_p dT + g dz = 0 \quad (1)$$

Donde C_p representa el calor específico del aire a presión constante, del orden de $1005 \text{ J Kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{K}^{-1}$ (Houghton 2002); g es la aceleración de gravedad media, T y z son la temperatura y la altitud de la burbuja de gas. A partir de esta expresión se obtiene el gradiente adiabático de saturación, el cual representa la variación instantánea de la temperatura con la altura y se escribe:

$$\Gamma_{sat} = - \left(\frac{dT}{dz} \right)_{\text{aire sat}} \quad (2)$$

La tasa promedio de este gradiente adiabático húmedo es $6,5 \text{ } ^\circ\text{K} \cdot \text{km}^{-1}$ (Houghton 2002; Rogers 1976). La temperatura disminuye con la altura debido a que la presión disminuye con la altura en la atmósfera, lo cual, implica una expansión del aire a medida que un gas asciende en un medio atmosférico.

De este modo, conocer el gradiente adiabático de saturación es importante debido a que el movimiento vertical ascendente o descendente de la burbuja tiene origen, termodinámicamente, en el cambio de temperatura que experimenta la burbuja entre los diferentes estratos horizontales de la atmósfera (Rogers, 1976). Además resulta conveniente considerar el punto de saturación de la burbuja por que se modela una partícula en la aproximación de equilibrio térmico. Para definir criterios de estabilidad se compara el nivel de gradiente de saturación con el gradiente seco de la atmósfera.

Los criterios de estabilidad pueden entenderse como las condiciones bajo las cuales la burbuja de gas asciende, desciende o permanece en equilibrio convectivo. Si la temperatura interna de la burbuja de gas es mayor que la de la capa de tropósfera en la que se encuentra, entonces el resultado sería movimiento ascendente de la burbuja, este movimiento por parte de la burbuja se mantiene hasta que en algún punto se igualen las temperaturas de la atmósfera y de la burbuja, en ese caso se dice que la burbuja está en equilibrio térmico y mecánico. Caso contrario, la burbuja desciende hasta alcanzar el equilibrio térmico con el medio.

Empuje hidrostático y estabilidad de una burbuja de gas en la atmósfera

Sea V el volumen de una burbuja de gas que está a una temperatura T y tiene densidad ρ , esta burbuja desplaza a un volumen igual de aire del medio, a la temperatura T' y de densidad ρ' . La fuerza neta vertical por unidad de masa será (Rogers, 1976):



$$\frac{F_h}{m} = g \left(\frac{\rho' - \rho}{\rho} \right) = g \left(\frac{T - T'}{T'} \right) \quad (3)$$

Donde F_h se conoce como empuje hidrostático. Mediante la ecuación 3 es posible expresar criterios para el empuje hidrostático en términos de la temperatura de la burbuja convectiva y del medio. F_h sobre la burbuja es positivo si $T > T'$, es negativo si $T < T'$ y existirá equilibrio inestable si $T = T'$. Ahora bien, modelando las características de una atmósfera en meso-escala, es decir, considerando los perfiles de temperatura y presión mostrados en la Fig. 1, Conjuntamente con la ecuación 1 y la ecuación 3 obtenemos, la condición de estabilidad crítica que debe verificar una burbuja o parcela de fluido (de temperatura T y presión p) para mantener su equilibrio hidrostático y termodinámico a la altura (cota) Z ; toda vez que se mueve en un medio de presión p' y temperatura T' : de su perfil de temperatura y presión, se tiene

$$p_0' e^{-\zeta Z} = p + \frac{g\mu}{R\gamma} p \left[1 - \frac{T_0' - \gamma Z}{T'} \right] \quad (4)$$

Se ha usado $\zeta = 0.116.km^{-1}$. Donde μ es el peso molecular de la burbuja de aire y R es la constante de Rydberg para los gases ideales. La ecuación 4 es una función trascendental que modela la ascensión de una burbuja de gas de densidad p y temperatura T en un medio atmosférico de meso-escala (Tropósfera), por lo tanto, es de interés conocer las propiedades termodinámicas necesarias de la burbuja para que alcance el equilibrio termodinámico a la altura Z . Obsérvese, que por ser una función trascendente, debemos linealizar para obtener Z como una función de las variables termodinámicas; para ello basta con notar que la ecuación 4 es aplicable sólo en el intervalo: $0 \leq \zeta Z \leq 2.32$, puesto que el modelo lineal de la tropósfera es sólo válido hasta una cota inferior a los 20 km de altura respecto a la superficie terrestre

Luego de linealizar la ecuación precedente obtenemos la relación 5 que expresa la cota de altura que alcanza la burbuja manteniéndose en equilibrio hidrostático.

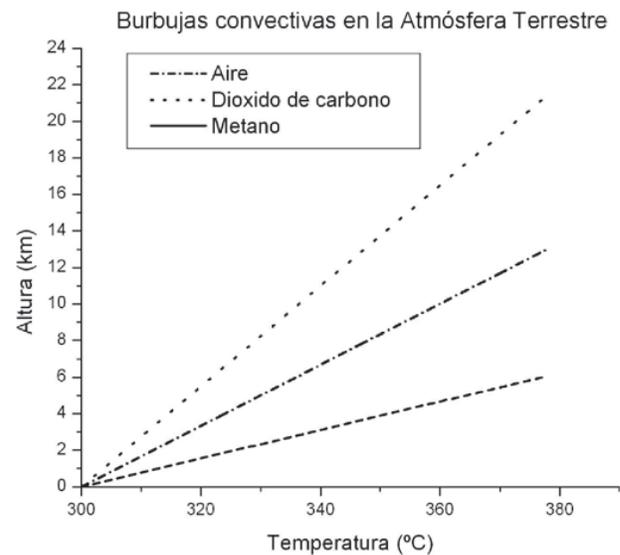
$$Z = \frac{\left(\frac{\rho R}{\mu} + \frac{g\rho}{\gamma} \right) T - \frac{g\rho}{\gamma} T_0' - p_0' \zeta}{p_0' \zeta - g\rho} \quad (5)$$

Aplicaciones

A continuación se muestran algunas gráficas de ascensión de burbujas en medios atmosféricos, obtenidas mediante la ecuación 5, específicamente se aplicó a la atmósfera de la Tierra, Marte y Venus. Para el caso de la Tierra es importante conocer la evolución de burbujas constitutivas de aire y vapor de agua bajo condiciones del medio porque es posible de este modo, entender los procesos que tienen origen en la formación de nubes y litometeoros. Por otro lado el efecto de invernadero en la Tierra se produce por polución de gases contaminantes como el dióxido de carbono y metano, así conociendo la altura alcanzada por burbujas constituidas por estos gases, es posible estimar alturas de concentración para condiciones iniciales dadas en las burbujas.

En la Figura 2 se presenta la altura alcanzada por burbujas de aire, metano, dióxido de carbono y vapor de agua en la atmósfera de la Tierra, para temperaturas superiores a la temperatura media atmosférica ($T > 300K$)

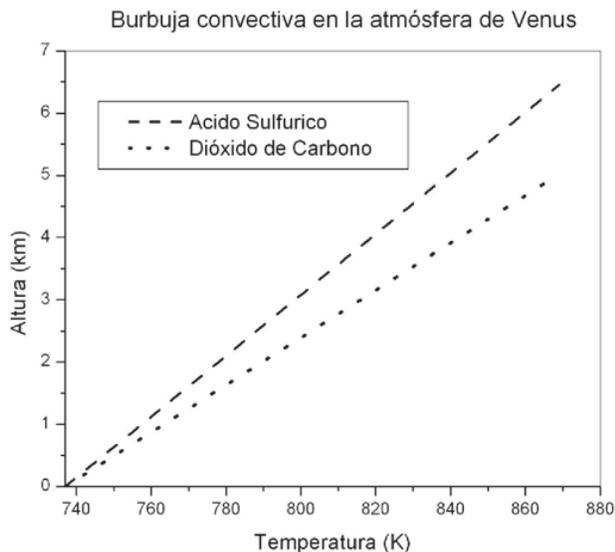
Figura 2: Características de una burbuja de aire, CH₄ y CO₂ para un intervalo de 300-370 K, en la cual es notable la diferencia entre las respuestas dinámicas de las burbujas para un mismo medio.



Ahora bien, la atmósfera de Venus es un caso interesante por las altas temperaturas en el medio, las nubes de Venus se conforman principalmente de sulfato de hidrogeno y dióxido de azufre (Barsukov, V. et al, 1992), a diferencia de la Tierra la atmósfera de Venus tiene una temperatura media de 737 K, lo cual implica; mediante los criterios de estabilidad que las temperaturas internas para la burbuja tienen que ser superiores a esta cota, para poder ascender, en la figura 3 se presentan las graficas de ascensión para una burbuja de ácido sulfúrico en la atmósfera de Venus para temperaturas internas superiores a la temperatura media, y además para dióxido de carbono como principal constituyente nebuloso.

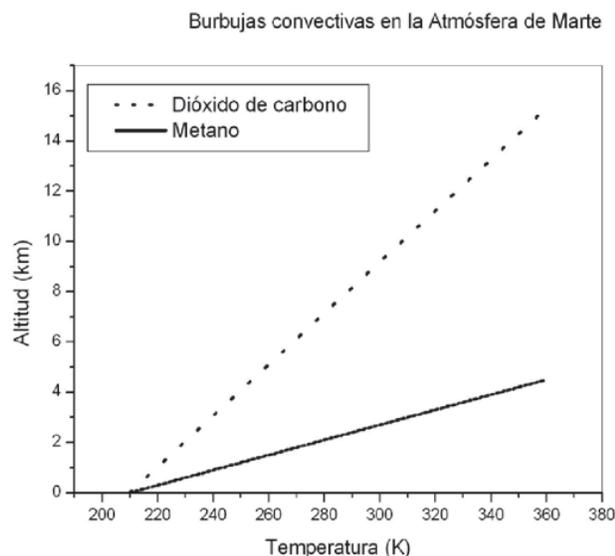


Figura 3: Burbujas en la atmósfera de Venus para sus principales componentes atmosféricos, compárese con la fig. 2 la ascensión máxima del dióxido de carbono en relación a la Tierra.



La atmósfera de Marte es bastante diferente a la atmósfera de la Tierra. La atmósfera de Marte está formada por dióxido de carbono (95,32%), nitrógeno (2,7%), argón (1,6%), oxígeno (0,13%), y trazas de vapor de agua (0,03%), monóxido de carbono y gases nobles. La presión media de la superficie es de 0,6% la de la Tierra, equivalente a la presión de la atmósfera terrestre a una altura de 35 km. La temperatura media registrada es 213 K con una temperatura máxima de 290 K y un mínimo de 133 K. la Figura 4 muestra la ascensión de una burbuja en dicha atmósfera.

Figura 4: Burbujas en la atmósfera de Marte para de dióxido de carbono y metano. El vapor de agua no aparece en la gráfica dado que su punto de ebullición excede los valores examinados.



Conclusiones

En la simplificación del presente trabajo se asume un modelo convectivo, para evitar complicaciones con corrientes advectivas y la aparición de fuerzas aparentes, que si bien es cierto son determinantes en modelos de circulación general, son despreciables en modelos hidrostáticos convectivos en la aproximación mesoescalar. Puntualizar el problema de burbujas en un medio fluido (atmósfera), posibilita conocer alturas de concentración partiendo de un estado inicial y en equilibrio con el medio, además en término de los criterios de estabilidad atmosférica se pudo definir atmósferas establemente e inestablemente convectivas.

La ecuación 5 que modela las gráficas de estabilidad atmosféricas, es el resultado de asumir el equilibrio hidrostático, la ecuación de estado, y la escala de presiones y temperaturas como función de la altura, para modelar la estabilidad convectiva para una parcela de gas en un medio fluido (atmósfera).

La aplicabilidad de esta ecuación esta restringida a meso-escala debido a que en ella es implícito el perfil de temperatura con aproximación en un gradiente adiabático de temperatura medio, y a niveles de atmósferas esto sucede en la troposfera en cuya capa la atmósfera se considera homogénea, por otro lado; el desplazamiento Z de la burbuja es proporcional a la diferencia de temperaturas entre la burbuja de gas y el medio; ambos para estados iniciales de una observación, y esto es posible porque en la parte constante de la ecuación se incluye mediante el equilibrio los parámetros mas influyentes del medio; como lo es la temperatura media, presión a nivel superficial terrestre, gradiente adiabático y la variación lineal isobárica.

En el caso terrestre; para la burbuja de aire se obtuvo con temperatura inicial de 370 K un alcance de 12 km, lo cual explica la presencia de aire en grandes concentraciones en la tropósfera alta y en el inicio de la tropopausa, cabe destacar que basado en la ecuación de nucleación este ascenso se ve afectado a causa del rápido enfriamiento.

Para la burbuja de dióxido de carbono se obtuvo niveles superiores a los de la tropósfera con temperaturas similares a los de la burbuja de aire, con cual es más comprensible su presencia en forma de polución en la tropósfera alta y su aporte al efecto de invernadero. De modo análogo para la burbuja de metano se determinó concentración hasta alturas sobre los 5 km.

Para la atmósfera de Venus por su parte se consideraron burbujas de Ácido sulfúrico y dióxido de carbono, que conforman los principales componentes de las nubes atmosféricas, en estos casos las temperaturas incluidas van desde 737 K (temperatura media atmosféricas) hasta una cota de 880 K, obteniéndose mayor ascensión para el ácido sulfúrico (mayor contribuyente nebuloso), donde aun esperando mayor



ascensión por parte de las burbujas los resultados tienen credibilidad considerando la alta temperatura en Venus y el gran impacto ocasionado por el efecto invernadero en el cual el sulfato de hidrógeno es un gran contaminante.

La atmósfera de Marte posee dióxido de carbono en grandes cantidades; la burbuja de dióxido de carbono en Marte alcanza alturas similares a las que alcanza la burbuja de aire en la Tierra de igual modo sucede con el metano, a pesar de las bajas temperaturas en Marte, se tiene que no se dan mayores niveles de ascensión, dado que la baja temperatura ayuda al sobreenfriamiento resultando condensación sobre núcleos higroscópicos.

Ahora bien todas estas burbujas tienen un límite natural en su nivel de ascensión y esto es principalmente debido a la existencia de la capa de inversión térmica, en esta capa la tasa de cambio del perfil de temperatura se hace positivo. Es decir, a partir de esta capa la temperatura en la atmósfera empieza a aumentar. Esto es un problema debido a que contribuye al equilibrio de temperaturas de la burbuja ascendente y el medio, lo cual conduce a la burbuja al equilibrio convectivo, impidiendo de este modo la salida de dichas burbujas del medio atmosférico.

El trabajo presentado no está limitado a cambios temporales del medio, bien sea de concentración atmosférica o a variaciones en los perfiles de temperatura y presión, lo cual fue muy conveniente por su flexibilidad en aplicaciones a atmósferas planetarias como las presentadas en el trabajo (Marte, Venus y La Tierra); con resultados bien aproximados a los esperados para los sistemas nebulosos, en los mismos se consideró el medio homogéneo.

Los resultados obtenidos para la ascensión de burbujas en atmósferas planetarias son alentadores, ya que dadas las densidades de sistemas nubosos planetarios, se tienen aplicaciones que permiten inferir sobre evoluciones atmosféricas en el microclima planetario particular y para evaluar la polución de gases de efecto invernadero ante el cambio climático global.

Referencias

- Barsukov, V. et al (1992). Venus Geology, Geochemistry, and Geophysics - Research Results from the USSR. University of Arizona Press, Tucson, USA.
- Bjerknes J. (1938). Roy. Meteor. Soc. 65, 73-79
- Conference Internacional of Radiation Atmospheres, (1972): COSPAR Internacional Referente Atmosphere, Akademie-Verlag Berlin.
- Jacobson M (1998). Fundamentals of Atmospheric Modeling. Cambridge University Press. UK.
- Kuba N. y Fujiyoshi Y., (2006). Atmos. Chem. Phys., 6, 2793-2810.

- Houghton, J. (2002) The Physics of Atmospheres. Third Edition, Cambridge University Press, UK.
- Muñoz, E. (2008). Modelo Hidrostático de Atmósfera Mesoescalar. Trabajo especial de Grado FACYT Dpto. de Física, Universidad de Carabobo. Valencia. Venezuela
- Peixoto, J. y Oort, A. (1992). Physics of climate. American Institute of Physics New York . USA
- Pielke, R. A. (1984), Mesoscale Meteorological Modeling. Acad. Press, London. UK.
- Rogers, R.R. (1976) Física de las Nubes. Editorial Reverté, S.A. Barcelona. España
- World Meteorological Organization (WMO), Atmospheric ozone (1985), WMO 16, Geneva, Switzerland.



Conducción de Calor en la atmósfera de los cúmulos de galaxias

Nelson Falcón
Universidad de Carabobo. FACYT Dpto. Física.
nelsonfalconv@gmail.com

Resumen

Los Cúmulos de Galaxias contienen una enorme cantidad de gas difuso completamente ionizado, de densidad mil veces pequeña que el medio interestelar, que actúa como un fluido emisor rayos X. Los modelos usuales para explicar esta emisión de rayos X toman en cuenta la propagación térmica en la aproximación de difusión y con la conductividad térmica dominado por electrones (Sarazin, 1997). Examinamos el papel de la conducción del calor durante los eventos transitorios en la atmósfera interior de los cúmulos de galaxias asumiendo la propagación del calor causal en equilibrio hidrostático, siguiendo los métodos de Falcón (2004) y Zakamska y Narayan (2003), y la medición de datos de rayos X con el satélite Suzaku II. Las simulaciones permiten considerar que la emisión de rayos X blandos en la atmósfera de los cúmulos, especialmente en el cúmulo de galaxias Abell 2052, 2204, 1795. También se calculó la masa de estas agrupaciones en el radio virial y el decremento Sunyaev-Zeldovich en el Fondo Cósmico de Microondas. Se concluye que la estimación de la masa del gas difuso, de emisor de rayos X, es significativamente mayor de la si se tiene en cuenta la contribución de la propagación causal de calor y la escala de enfriamiento del flujo térmico.

Palabras clave: Cúmulos de galaxias. Efecto Sunyaev-Zeldovich, tiempo de enfriamiento.

Heat Conduction in atmosphere of the Clusters of Galaxies

Abstract

The Cluster of Galaxies contain an enormous amount of diffuse gas completely ionized, the densities smaller of thousand times to the interstellar mean, that act like an emitting x-rays fluid. The usual models to explain this x-rays emission consider the thermal propagation in the approach of diffusion and the conductivity dominated by electrons. We have been examining the role of heat conduction during the streams and other transitory event, in inner atmosphere of the clusters of galaxies assuming heat the causal propagation in hydrostatic balance, following the methods of Falcon (2004) and Zakamska & Narayan (2003) and using the X-ray data measurement with the Suzaku II satellite. The simulations allow considering the soft x-rays emission. in the atmosphere of the clusters, particularly in the Abell cluster of galaxies 2052, 2204, 1795. Also we calculated the mass of these clusters in the virial radius and the Sunyaev-Zeldovich decrement in the Cosmic Microwaves Background. We conclude that the estimation of the contribution of the mass of diffuse gas, X-ray emitter, it had significantly greater when taking into account the causal propagation heat and the cooling flow.

Key words: Clusters of Galaxies, Sunyaev-Zeldovich effect cooling timescale.

Introducción

En el medio intra-cúmulo (ICM por sus siglas en inglés) la conductividad térmica es insignificante debido a la baja densidad; sin embargo, podemos considerar escenarios donde la conducción térmica y la difusión de frentes son importantes: cuando la apariencia del gradiente de temperatura violenta resulta como una consecuencia del proceso de corta duración (comparado con el tiempo de caída libre del gas), los raudales, el calentamiento supernova, el viento súper-estelar y los Núcleos Galácticos Activos (AGN por sus siglas en inglés) son generalmente mencionados para explicar la características metálicas del medio intra-cúmulo. Se ha sugerido también el enfriamiento radioactivo como una alternativa de extra calentamiento para explicar la carencia de auto-similitud del medio intra-cúmulo. Explosiones supernova y Núcleos Galácticos Activos, proporcionados con eficiencias razonables de asociación con el medio intra-cúmulo caliente, pueden ser capaces de proveer una cantidad adecuada de extra energía para generar el sobreenfriamiento en los cúmulos atmosféricos. Creemos

que esos escenarios podrían recrear las condiciones para el sobreenfriamiento por medio de olas de calor.

Por otro lado, varios autores (Zakamska y Narayan 2003, Dos Santos 2001, Henriksen y White 1996) han presentado avances en la descripción del gas caliente en cúmulos y grupos galácticos, bajo equilibrio hidrostático y conducción térmica. Pero en estos modelos, la propagación de calor por olas es obviada a pesar de la asunción de la ley Maxwell-Fourier para la propagación del calor: $F(r, t + \tau) \cong F(r, t) = -k \nabla T(r, t)$, enfoque razonable en los plasmas delgados y calientes donde los gradientes de temperatura son suaves.

Si los impulsos aparecen dentro del plasma (SN, AGN, Raudales), debido a los gradientes de temperatura local altos, el flujo de calor (F) en un punto dado es el resultado del gradiente de temperatura instantáneo y, también, es el resultado de los gradientes de temperatura previos. Así pues, F es la consecuencia de la historia térmica del medio (Jou et al, 1999 y las referencias allí expuestas):



$$\vec{F}(r,t) = - \int_{-\infty}^t \frac{k}{\tau} \nabla T(r,t') e^{-(t-t')/\tau} dt' \quad (1)$$

o, en forma diferencial:

$$\tau \frac{dF(r,t)}{dt} + F(r,t) = -k \nabla T(r,t) \quad (2)$$

Donde k es la conductividad térmica. Cuando $\tau \approx 0$ recuperamos la ley convencional de Maxwell-Fourier.

Siguiendo a Zakamska y Narayan (2003), consideramos un modelo de gas muy simple en equilibrio hidrostático y balance térmico con enfriamiento, compensado con exactitud mediante conducción de calor pero utilizando la ley de Cattaneo en lugar de la ley de Maxwell-Fourier y sin materia oscura.

El Modelo

Consideramos un cúmulo de atmósferas interiores simétricas en equilibrio hidrostático; la presión de gas domina y el efecto dinámico del campo magnético es insignificante.

$$\frac{1}{\rho} \nabla P = -\nabla \Phi \quad (3)$$

La distribución de los rayos X que emiten plasma es gobernada por el potencial de cúmulo por encima de escalas de tiempo más cortas que el tiempo dinámico característico, esta es la ley de Poisson la cual es verificada:

$$\nabla^2 \Phi = 4\pi G \rho \quad (4)$$

Adoptamos una estratificación de temperatura politrópica $T(r,t) \propto [n(r)]^{\gamma-1}$. El exponente politrópico es $\gamma \in [1, 5/3]$, de manera tal que el valor más pequeño ($\gamma=1$) pertenece a la asunción isotérmica. Entonces:

$$n(r) = n_c \left(1 + \frac{\gamma-1}{\gamma} \frac{\Phi_c - \Phi}{kT_c/m} \right)^{\frac{1}{\gamma-1}} = n_c \left[1 + \left(\frac{r}{r_c} \right)^2 \right]^{-3\beta/2} \quad (5)$$

Es obvio que estas distribuciones de la densidad de la partícula de la ecuación (5) se resolvieron mediante la estructura de la unión de (3) y (4). El subíndice c se refiere a los valores de los centros.

La tiempo-dependencia de la temperatura es suministrada por el balance de energía entre el

enfriamiento radioactivo y el calentamiento mediante conducción térmica en la aproximación de la difusión. Esto es:

$$\nabla \cdot F(r,t) = - \int_{\nu} \varepsilon(T,\nu) d\nu \quad (6)$$

donde $\varepsilon(T,\nu)$ es la emisividad en un plasma neutral a una temperatura T y una frecuencia ν , según (Sarazin 1988, Rybicki and Lightman 1979).

$$\varepsilon(T,\nu) = \frac{2^4 e^6 k_B}{(3m_e k_B / 2\pi)^{3/2} c^3} g_f n^2(r) T^{-1/2}(r,t) e^{-h\nu/k_B T} \quad (7)$$

donde g_f es un factor de Gaunt integrado. Sin embargo, los flujos radioactivo y difuso son causados por distribución de temperatura equitativa y distribución material. Bajo esta condición se tiene que:

$$\frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} [r^2 F(r,t)] = \frac{2^4 e^6 k_B}{(3m_e k_B / 2\pi)^{3/2} c^3} g_f n^2(r) T^{-1/2}(r,t) \equiv \lambda_0 n^2(r) T^{1/2}(r,T) \quad (8)$$

Ahora, utilizando la conductividad térmica de Spitzer clásica en gases ionizados en (2) conjuntamente con (8), obtenemos la ecuación de Bernoulli con la asunción de que $T(r,t) = T_r(r) T_t(t)$:

$$\frac{\tau}{2} \frac{dT_t}{dt} + T_t = -Q(x) T_t^4 \quad (9)$$

En la cual

$$Q(x) \cong \frac{40\sqrt{2} k_B^{7/2} \lambda_0^{-1}}{37 m_e^{1/2} e^4 \pi^{3/2}} T_r^{5/2}(r) \frac{dT_r(r)}{dr} \left[\frac{1}{r^2} \int r^2 n^2(r) T_r^{1/2}(r) dr \right]^{-1} \quad (10)$$

Donde utilizamos el enfoque convencional para el logaritmo Coulomb: $\ln \Lambda \approx 37$. Resolvemos la ecuación (9) con la condición inicial $T_t(0) = T_c$

$$T_t = T_c e^{-2t/\tau} \left[1 + Q(x) T_c^3 \left(1 - e^{-6t/\tau} \right) \right]^{-1/3} \quad (11)$$

Conjuntamente con la relación previa $T(r,t) = T_r(r) T_t(t) = T_t(t) [n(r)]^{\gamma-1}$, obtenemos:

$$T(r,t) = T_c e^{-2t/\tau} \left[1 + Q(x) T_c^3 \left(1 - e^{-6t/\tau} \right) \right]^{-1/3} \left[1 + r^2/r_c^2 \right]^{-3\beta/2(\gamma-1)} \quad (12)$$

Olas de calor y tiempo de enfriado

Podemos fácilmente observar que si tomamos la divergencia en la Ley de Cattaneo (2) y reemplazamos el flujo a través de la conservación de la energía, obtenemos



una ecuación hiperbólica que, efectivamente, representa la propagación del calor a través de olas (Jou et al, 1999 y las referencias allí expuestas):

$$\frac{\partial T}{\partial t^2} + \frac{1}{\tau} \frac{\partial T}{\partial t} = v^2 \nabla^2 T \quad (13)$$

donde v , la velocidad de las olas de calor, es dada por:

$$v^2 = \frac{k}{c_v \tau} \quad (14)$$

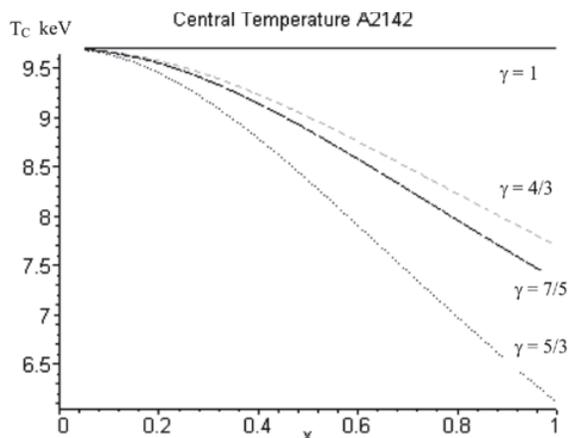
Donde k es la conductividad térmica y c_v es el calor específico en una unidad de volumen. Ahora bien, el tiempo de relajación puede ser evaluado en términos de la Temperatura, de la densidad numérica central y del índice de refracción a través de olas de calor x , como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\tau \approx 1.9 \cdot 10^5 \xi^2 \gamma^{-1} \left[\frac{T}{10^8 K} \right]^{5/2} \left[\frac{n}{10^{-3} cm^{-3}} \right]^{-1} yr \quad (15)$$

Obviamente, no se conoce con exactitud $1 < \xi$, pero la velocidad del segundo sonido en el superfluido es menor a $\sqrt{3}$. El enfriamiento mediante olas de calor muestra que la conducción de calor puede ser relativamente efectiva en un núcleo de cúmulos también para escalas externas al radio de los núcleos. La habitual escala de tiempo de conducción térmica es mucho más larga que las estimaciones previas (ver Sarazin, 1988).

Como un ejemplo específico, consideremos los cúmulos de galaxias Abell 2142: la escala de tiempo de conducción térmica es $1.76 \cdot 10^8$ años utilizando la ley MF y sólo $\sim 10^5$ años en el régimen de Cattaneo. También el promedio de la temperatura central en A2142 sería cambiado si el efecto del enfriamiento dinámico es considerado (ver Figura 1).

Figura 1: Temperatura Central A2142, $X \equiv r / r_c$, en términos del índice politrópico γ .



El Efecto Sunyaev-Zel'dovich y los Modelos de Gas Rayos X

El Efecto Sunyaev-Zel'dovich es la dispersión de la radiación de fondo de microonda cósmica (CMBR por sus siglas en inglés), fotones fuera de electrones en el gas que llena la cavidad potencial gravitacional en cúmulos de galaxias. Este efecto es una distorsión espectral secundaria de la radiación del fondo de microonda cósmica, resultante de la dispersión Compton inversa del fotón microonda a medida que ellos pasan a través de los rayos X calientes que emiten gas en las atmósferas extensas de cúmulos de galaxias. La temperatura de la radiación de fondo de microonda cósmica cambia (ΔT_{SZ}) debido al Efecto Sunyaev-Zel'dovich (SZE por sus siglas en inglés) (Falcón, 2008 y las referencias allí expuestas) en términos del parámetro del efecto Compton yc :

$$\frac{\Delta T_{SZ}}{T_{CMB}} = y_c [x \coth(x/2) - 4] \quad (16)$$

$$x \equiv \frac{h\nu}{k_B T_{CMB}}, \text{ y } T_{CMB} = 2,728 \pm 0.004 \text{ K.}$$

A frecuencias menores de 218 GHz, la intensidad de la radiación de fondo de microonda cósmica aminora si se compara con el fondo no disperso de microonda cósmica y el efecto Sunyaev-Zel'dovich se manifiesta como disminución de temperatura del resplandor en dirección del núcleo del cúmulo. A la frecuencia del sistema de radiotelescopios (VSA por sus siglas en inglés): 34.1 GHz, el efecto Sunyaev-Zel'dovich se manifiesta como una disminución de temperatura y la aproximación Rayleigh-Jeans ($x \ll 1$) es válida. De esa manera, $\Delta T_{SZ} / T_{CMB} = -1.94 y_c$. El parámetro del efecto Compton yc es dado en términos de la densidad del electrón (n), la temperatura del plasma (T_e) y el corte transversal Thomson σ_T por el integral encima de una línea de foco:

$$y_c \equiv \frac{k_B}{m_e c^2} \int T_e \sigma_T n dl \quad (17)$$

La distribución de los rayos X que emiten gas en cúmulos de galaxias es dada por el modelo isotérmico King, también conocido como Modelo- β (ver ecuación (5)). La densidad es escrita en términos de la densidad del número de electrones centrales (n_0), del índice β y del radio central de los parámetros empíricos R_c , ahora, el parámetro del Efecto Compton yc es:

$$y_c = \frac{2k_B \sigma_T}{m_e c^2} T_e n_0 R_c \int_0^1 [1 + \rho^2]^{3\beta x/2} d\rho \quad (18)$$

La combinación del efecto Sunyaev-Zel'dovich y de las observaciones de rayos X de cúmulos de galaxias ricos proveen las condiciones físicas (masa, temperatura, densidades numéricas de los electrones) existentes en el medio intra-cúmulo (ver Koyama, K et al, 2007 y las referencias allí expuestas). Los A1795, A2052 and A2204 son cúmulos masivos cercanos de galaxias con perfiles y datos de rayos X bien medidos: temperatura electrónica alta (cerca de 10 keV), radios centrales (aproximadamente 0.1 Mpc h⁻¹) y densidad central (n_{e0}) por encima de 10-2 h^{1/2} partículas/cm³ (ver Tabla 1).

Cúmulos con temperatura electrónica alta y densidad numérica electrónica muestran un halo extendido de gas caliente y emisión de rayos X difusa, por consiguiente, exhiben efectos Sunyaev-Zel'dovich medible. Los efectos Sunyaev-Zel'dovich fueron previamente observados en estos cúmulos por varios investigadores (ver, por ejemplo, Reiprich et al, 2007; Lankaster et al, 2005).

Para estos tres cúmulos de galaxias, las imágenes fueron procesadas mediante la emisión de rayos X para encontrar un buen ajuste de la densidad del electrón en la aproximación del modelo beta, tal y como se muestra en la figura 2.

El supuesto previo acerca del equilibrio hidrostático para el gas en el medio inter cúmulo sustentado únicamente por la presión térmica, conjuntamente con la simetría esférica resulta en una medida de la masa vinculante M(r), en términos de la densidad del gas ρ(r) y de los perfiles de temperatura T(r):

$$M(r) = -\frac{k_B T(r) r}{G \mu_p} \left[\frac{d \log \rho(r)}{d \log r} + \frac{d \log T(r)}{d \log r} \right] \quad (20)$$

donde μ_p es el peso molecular medio del gas. Para gas isotérmico (Sarazin, 1988) con abundancia solar (μ ≈ 0.592) y usando el modelo β para la medida del perfil de la densidad del gas con datos de rayos X, la ecuación (6) puede ser expresada en términos de la masa solar (M_⊙) como:

$$M(r) = 10^{15} M_{\odot} \left[\frac{Te}{10keV} \right] \left[\frac{r}{Mpc} \right] \frac{\left(\frac{r}{R_{cx}} \right)^2}{1 + \left(\frac{r}{R_{cx}} \right)^2} \beta_x \quad (21)$$

Tabla 1: Parámetros de los Cúmulos de Galaxias.

Cluster	Z	D (arcmin)	T (keV)	L _X (10 ⁴⁴ erg. S ⁻¹)	n ₀ (10 ⁻³ cm ⁻³)	r _c (kpc)
A2052	0.035	32	3.12±0.13	2.37 ±0.04	34.51±0.26	21.88±0.20
A1795	0.062	50	6.17±0.14	10 ±0.07	30.95±0.24	28.41±0.26
A 2204	0.152	27	6.38 ±0.13	25.89 ± 0.69	32.73±0.24	24.40±0.21

Si siguiendo a Evrard et al (1996), consideremos como medida de la masa M₅₀₀, la masa existente en el radio r₅₀₀, definida a través del contraste de densidad:

$$\rho_c(r) \equiv \frac{3M(r)}{4\pi r^3} \frac{8\pi G}{3H_0^2} \quad (22)$$

como el radio donde la densidad es 500 veces la densidad crítica. De esa forma, el radio y la masa del cúmulo de galaxias pueden ser calculados a través de la temperatura de los rayos X:

$$r_{500}(T_X) \cong (1.28 \pm 0.09) h^{-1} Mpc \left(\frac{T_X}{10keV} \right)^{1/2} \quad (23)$$

$$M_{500}(T_X) \cong (1.11 \pm 0.16) 10^{15} h^{-1} M_{\odot} \left(\frac{T_X}{10keV} \right)^{3/2} \quad (24)$$

En la tabla 2, resumimos la masa de los cúmulos a r₅₀₀ e incluimos, para comparar, la masa Abell evaluada en la ecuación (24) para el radio canónico (r_{Abell}=1.5 Mpc).

Tabla 2: Resultados físicos de las simulaciones para los Cúmulos de Galaxias.

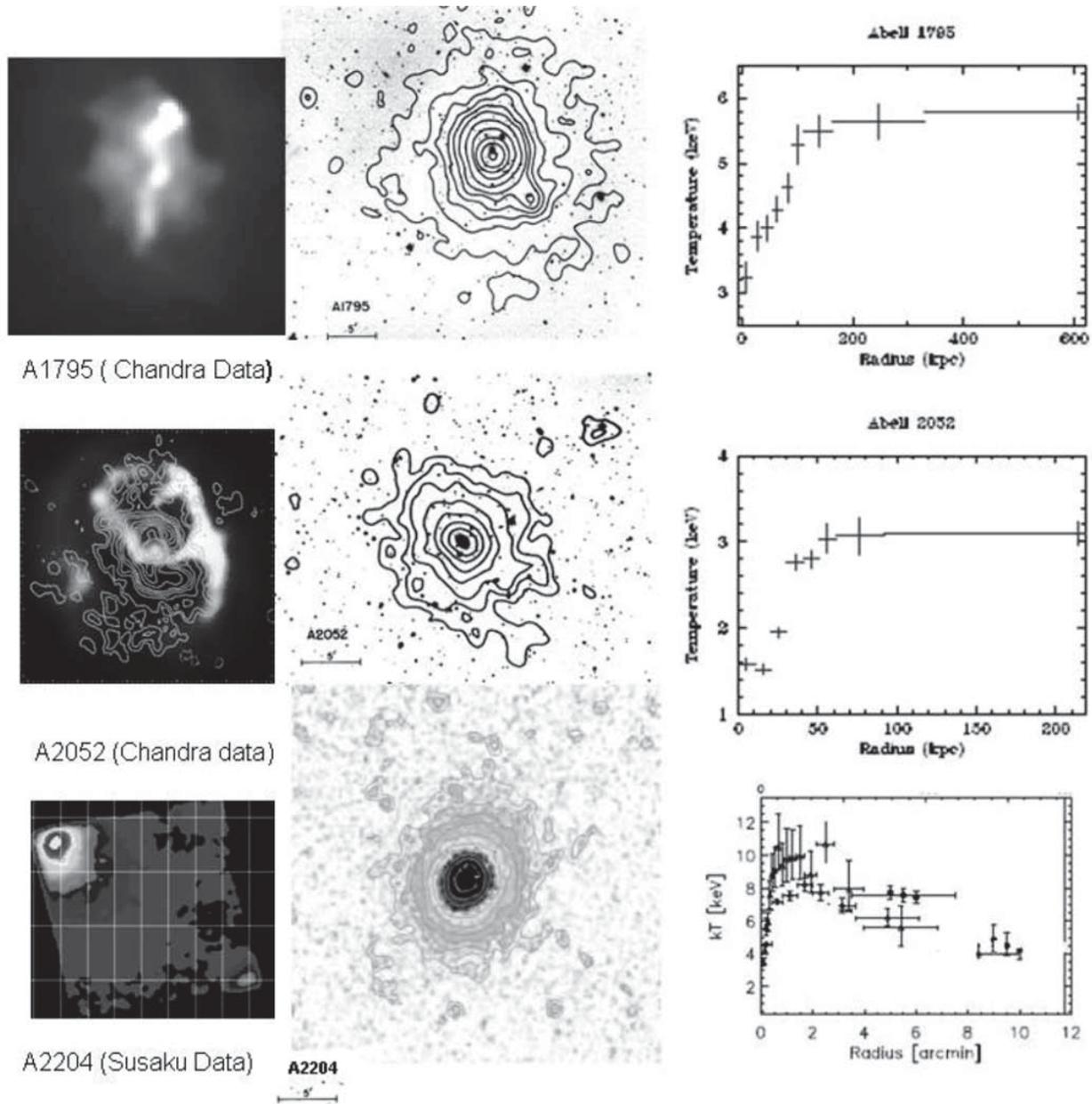
Cluster	M ₅₀₀ (10 ¹⁴ M _{sun})	? T _{SZ} (μK)	r _c (kpc)	β
A2052	1.9±0.26	- 51.4±0.2	21.88±0.20	0.44
A1795	5.37±0.24	-117.4±0.2	28.41±0.26	0.5
A 2204	5.66±0.24	-110.3±0.2	24.40±0.21	0.59

Discusión

Si las olas de calor existen en el núcleo interior de cúmulos y en el grupo de galaxias, la conducción térmica es más efectiva, entonces las temperaturas determinadas desde el espectro de rayos X podrían incrementar la emisividad debido a la conducción. También podemos ver que si tomamos la divergencia en (1) y la reemplazamos en (6), a pesar de la regla de Leibning:



Figura 2: Data de la emisión de los rayos X y simulación del modelo Beta para los cúmulos de galaxias A1795, A2052 y A2204. Izquierda: foto original de la Base de Datos Extragaláctica (NASA), centro: isofotos, derecha: simulación de la densidad del modelo Beta.



$$\varepsilon(T) = \lambda_0 n^2(r) T^{1/2}(r, T) = - \int_{-\infty}^t \frac{k}{\tau} \nabla^2 T(r, t') e^{-(t-t')/\tau} dt' \quad (25)$$

De este nodo, la emisividad es el resultado de la suma global de la distribución de la temperatura en lugar del perfil de la temperatura central. Los espectros de los rayos X son utilizados para el cálculo de la masa, la corrección puede reducir la masa total en los cúmulos y además incrementa la densidad bariónica.

Por otro lado, $L \propto n^2 T^{1/2}$, pero $T \propto n^{(\gamma-1)}$ como lo vimos en (12), entonces la temperatura central “verdadera” es $T \propto L^2 n^{(3-\gamma)}$. También los cúmulos con fusiones entre las galaxias, formaciones de estrellas,

raudales y otros fenómenos transitorios donde aparecen altos gradientes de temperatura (por ejemplo, efluvios de corrientes calientes en observaciones APM08279+5255, CHANDRA-XMM)- La no consideración de la dependencia del tiempo en la función de la temperatura conllevaría una sobreestimación de la temperatura central y de la densidad. Ha de hacerse notar que la función de la temperatura del gas es estática sólo si el tiempo característico es más largo que el tiempo de relajación (cuando $t/\tau \gg 1$ entonces $T(t,r) \sim T_c n(r)^{\gamma-1}$). Es posible que la corriente de enfriamiento se extienda al gran radio, más allá de r_{500} , donde la temperatura del electrón no es suficiente para la emisión de rayos X debido a que el calor es rápidamente propagado por olas.



La medida Sunyaev-Zel'dovich podría ser pobremente afectada debido a que el efecto del efecto Compton es el producto lineal entre n y T y se aprecia fácilmente que la disminución de la temperatura Sunyaev-Zel'dovich es solamente modificada por un factor igual al exponente politrópico.

Si la propagación causal del calor es tomada en cuenta en el núcleo central de los cúmulos de galaxias, la conducción térmica es más efectiva; por consiguiente, las temperaturas determinadas desde el espectro de los rayos X podrían incrementar la emisividad debido a la conducción.

También la masa virial incrementa y el flujo de enfriamiento se extiende al gran radio, más allá de r_{500} , donde la temperatura del electrón no es suficiente para la emisión de rayos X debido a que el calor es rápidamente propagado por olas.

Agradecimientos

El autor del presente trabajo le agradece a Katsuji Koyama (Kyoto University) la facilitación de la data Suzaku.

Referencias

- Dos Santos, S, (2001), MNRAS 323, 930-938.
Evrard, A.; Metzler, C.; Navarro, J. (1996) ApJ. 469, 494-516
Falcón, N. (2004) ASPC 327,56-62
Falcón, N. (2008) Ciencia 16, 3, 323-327
Henriksen, M, White III, RE, (1996), ApJ 465, 515-522.
Jou, D.; Casas-Vázquez, J.; Lebon, G. (1999), RPPh...62.1035
Koyama, K. et al (2007) Publ. Astron. Soc. Jpn. 59, S23
Lankaster, K;Genova, R.; Falcón, N.; Grainge, K. (2005) MNRAS 359, 16-30.
Rybicki, GB and Lightman,, AP (1979), Radiative Processes in Astrophysics, NY Wesley
Reiprich, T. et al (2007) Suzaku Observation of Abell 2204, in Hayashida, K. Tsuru, G. & Koyama, K. (Eds) The Extrema Universe in the Suzaku Era. Kyoto, Japan.
Sarazin, C. (1988) X-ray emission from clusters of galaxies, Cambridge Press. UK.
Zakamska, N.L.; Narayan, R. (2003) ApJ 582, 162-169.



Obtención de butil acetato en un sistema de destilación reactiva utilizando el aceite de fusel como un desecho agroindustrial

Vanessa Altomare^{1,2*}, Henry Labrador³, Paola Rodríguez², Vanessa Morales²,
Mario Rosi², Celeste Fernández¹

¹Universidad de Carabobo Centro de Investigaciones Químicas (CIQ)
*vanessaaltomare@gmail.com, valtomar@uc.edu.ve.

²Universidad de Carabobo, Laboratorio de Química Orgánica, Departamento de Química Tecnológica,
Facultad de Ingeniería

³Universidad de Carabobo, Laboratorio de Hidrocarburo y Derivado (PHD), FACyT
hjlalbrad@uc.edu.ve

Resumen

La presente investigación se fundamentó en la síntesis de acetato de butilo en un sistema de destilación reactiva a escala de banco, utilizando como catalizador una resina de intercambio iónico (Purolyte C-100) y como materia prima, un desecho agroindustrial (aceite de Fusel). El alcohol butílico se obtuvo mediante un sistema de destilación. Los experimentos en el sistema reactivo se realizaron a presión constante ($P_{atm} = 712$ mmHg) y a diferentes condiciones de alimentación. Los datos obtenidos de composición del líquido en el tope y en el fondo de la columna de destilación reactiva, fueron analizados por cromatografía de gases. La composición final del éster alcanzada por el sistema bajo distintas condiciones de operación demostró las bondades de este proceso respecto al convencional en la obtención de compuestos orgánicos con un mayor grado de pureza. Simultáneamente, se realizó la simulación de la columna en Aspen Plus partiendo de la información experimental suministrada, con el fin de corroborar la reproducibilidad de los datos. Entre las conclusiones más relevantes se destaca la recuperación de un 46% del alcohol en el aceite y que la mejor condición de operación en la columna consistió en un exceso de ácido acético (relación molar 2:1), alcanzando una composición molar final de acetato de butilo del 99% con un mínimo consumo energético.

Palabras clave: Acetato de Butilo, Aceite de Fusel, Destilación Reactiva, Simulación.

Obtaining of butyl acetate in a system of reactive distillation using the fusel oil as agro-industrial waste

Abstract

This investigation was based on the synthesis of butyl acetate in a reactive distillation system at pilot scale, using an ion exchange resin (Purolyte C-100) as the catalyst and an agro-industrial waste (Fusel oil) as raw material. The butyl alcohol was obtained by distillation. The experiments were performed at constant pressure ($P_{atm} = 712$ mmHg) and different conditions of input. Data composition of the liquid obtained from the top and bottom of the reactive distillation column was analyzed through gas chromatography. The final composition of the ester reached by the system operating at different conditions of input demonstrated the many advantages of this process over the conventional technique for the synthesis of organic compounds with higher purity. The simulation is made in Aspen Plus based on the experimental information provided, with the purpose of reproducing the data. The most important findings a 46% alcohol and that the best condition of operation in reactive distillation column found consisted of an excess of acetic acid (2:1 molar ratio) reaching a final composition of butyl acetate equal to 99 % with a minimal energetic spend.

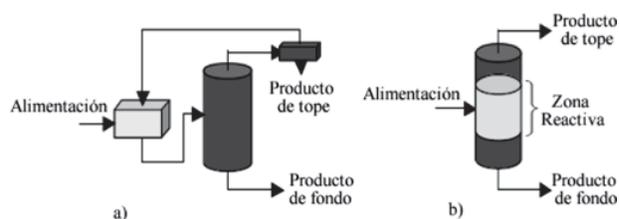
Key words: Butyl Acetate, Fusel oil, Reactive Distillation, Simulation.

Introducción

Las operaciones de transferencia de materia controladas por el equilibrio de fases en una planta química convencional tienen como finalidad fenómenos de separación de mezclas. La destilación reactiva (DR) ha presentado un gran auge asociado al avance frente a los procesos tradicionales de reacción-separación (Cardona et al. 2006). Consiste en un proceso combinado en donde la reacción química y la destilación se llevan a cabo en una sola unidad [Figura 1.b], a diferencia del proceso convencional donde se utiliza un reactor químico y una etapa adicional de destilación para la separación del producto final. El sistema DR cuenta con una columna de destilación, equipada con una zona central donde ocurre la reacción química y una zona superior e inferior

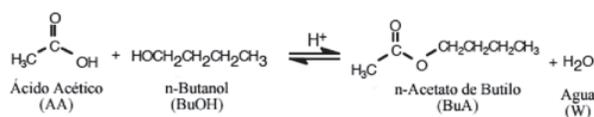
donde se propicia la separación debido a la diferencia de volatilidades de reactantes y productos (Cardona et al. 2006; Orjuela et al. 2005).

Figura 1: a) Esquema de un proceso convencional de reacción y posterior separación de componentes por destilación b) Esquema de una columna de destilación reactiva.



Este transcurso de evolución simultánea de reacción química y separación, ha constituido una tecnología de gran potencial para algunos procesos, en los que se verifican reacciones en fase líquida con restricciones termodinámicas, ya sea por tratarse de reacciones en las que el equilibrio químico limita el avance de la reacción, como es el caso de la esterificación de Fischer [Figura 2]. El acetato de butilo se destaca por ser uno de los solventes más utilizados en la industria química, y se espera que su consumo aumente en los próximos años, debido a su bajo impacto ambiental en comparación con otros solventes orgánicos y en fragancias artificiales, fibras textiles y plastificantes (Orjuela et al. 2006).

Figura 2: Reacción de esterificación de Fischer del ácido acético y n-butanol.



Entre los catalizadores heterogéneos más utilizados (como reemplazo de los ácidos minerales), se encuentran las resinas de intercambio catiónico, materiales sintéticos, sólidos e insolubles en agua, que se presentan en forma de esferas o perlas de 0,3 a 1,2 mm de tamaño efectivo. Están compuestas de una alta concentración de grupos polares ácidos incorporados a una matriz de un polímero sintético.

Además de su actividad catalítica, exhiben una adsorción (hinchamiento) selectiva, permitiendo una relación de reactivos a sitios activos muy diferente de la obtenida con catalizadores homogéneos convencionales. Cuando la matriz polimérica es particularmente selectiva, y como en el caso de la esterificación, tiende a remover uno de los productos de reacción de la matriz sólida (el agua), la velocidad de la reacción inversa (hidrólisis) disminuye y se evitan reacciones secundarias, teniendo como consecuencia un incremento en conversión y selectividad (Orjuela et al., 2006).

En la última década, la DR se ha convertido en una importante alternativa para el proceso convencional de reacción-separación, donde la catálisis heterogénea cumple un papel vital. Si lo que se desea es obtener acetato de butilo con un alto porcentaje de pureza y reduciendo así costos asociados a su producción, es indispensable la unificación de las etapas del proceso, que permita la innovación del mismo en multifuncional y ecoeficiente, con el fin de aprovechar la remoción selectiva de los productos y el subsiguiente ahorro energético y disminución de costos (Gangadwala et al., 2004; Cardona et al., 2006).

No obstante, debido a la ocurrencia simultánea de destilación y reacción, la alta no idealidad termodinámica de la mezcla cuaternaria y la formación de azeótropos,

esta nueva tecnología demanda un estudio exhaustivo y un seguimiento minucioso a lo largo de su implementación.

Por lo anteriormente expuesto en el presente trabajo, se realizó un estudio íntegro en la obtención de tan importante compuesto a partir del butanol obtenido de un desecho proveniente de las destilerías (aceite de Fusel) por destilación fraccionada mediante la técnica DR, realizando ensayos isobáricos a diferentes relaciones de alimentación empleando catálisis heterogénea, donde se determinaron las composiciones experimentales del éster tanto en el tope como en el fondo de la columna. Simultáneamente, se efectuó la simulación del sistema, haciendo uso del simulador Aspen Plus®, para la validación de la data experimental.

Materiales y Métodos

Las muestras del aceite de Fusel (alcoholes superiores) proveniente del proceso de la destilación del etanol, fueron suministradas por la destilería y analizadas por cromatografía de gases. Éstas fueron sometidas a una destilación a presión reducida a efectos de obtener el alcohol de butílico.

Caracterización del catalizador ácido en el lecho fijo

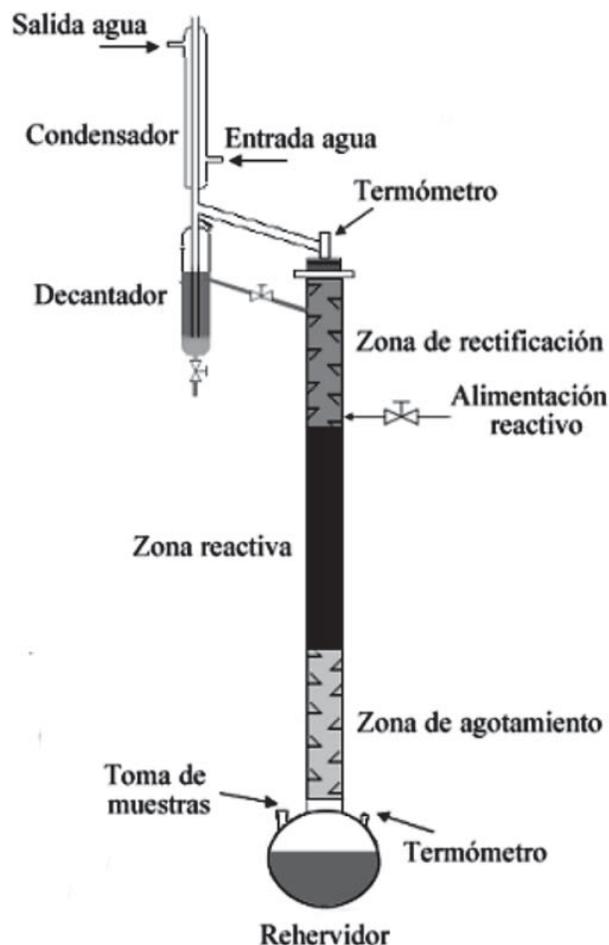
La resina de intercambio iónico evaluada como catalizador Purolite C-100, la cual posee una matriz polimérica di-VinilBenceno y son fuertemente ácidas con SO_3H^+ como grupos funcionales (sitios activos). La capacidad de intercambio (CI) constituyó el parámetro fundamental evaluación del catalizador, ya que se requieren capacidades altas para procesos de reacción-separación de este tipo. Las resinas fueron caracterizadas siguiendo lo expuesto en las normas ASTM D 2187 (Annual Book of ASTM Standards, 1994).

Montaje experimental y condiciones de operación

La columna de destilación reactiva empleada está constituida por tres columnas de vidrio tipo Vigraux; dos de ellas correspondientes a la zona de rectificación de 43cm de longitud y 2,7 cm de diámetro con 14 platos teóricos cada una, y la última correspondiente a la zona de agotamiento de 32 cm de longitud y 2,5 cm de diámetro con 6 platos teóricos; una columna de vidrio con correspondiente a la zona reactiva donde se lleva a cabo la reacción química de 40 cm de longitud y 3 cm de diámetro; un embudo de separación calibrado para la alimentación del ácido acético a la columna; un condensador para operación a reflujo total de 53 cm de longitud y 2,4 cm de diámetro; un balón de vidrio de 1 L usado como rehervidor y un decantador calibrado de 1L [Figura 3]. Para el suministro térmico se empleó una manta con regulador, y para el registro de la temperatura, dos termómetros.



Figura 3: Configuración del sistema de destilación reactiva.



Se utilizaron como condiciones de trabajo en los ensayos DR en la obtención del éster a partir del butanol obtenido por destilación del aceite de fusel, relaciones molares 1:1 y 2:1 de ácido acético - n-butanol respectivamente. Se utilizó 5,7 % en masa del catalizador sulfónico.

En la zona reactiva se ubicó el catalizador tipo lecho empacado, el n-butanol fue cargado directamente al balón de vidrio, se calentó hasta su punto de ebullición (117 °C), el vapor producido ascendía por la columna humedeciendo progresivamente el catalizador. Se procedió a alimentar el ácido acético por la parte lateral de la columna a un flujo de 972 mL/min. La columna se operó a reflujo total durante los primeros 120 min. para el inicio de tomas de muestras simultáneas del líquido residual y en el tope de la columna. Éstas fueron analizadas utilizando un cromatógrafo de gases modelo Varian 3800 equipado con un detector de ionización a la llama (FID) con un tamaño de muestra de 0,1 µL; columna capilar CP-Sil 5 CB (25 m x 0,25 mm x 0,25 mm) con relleno de 100% dimetil polysiloxano; puerto de inyección a 120°C, puerto de detección a 150°C y las condiciones de la columna fueron programadas para comenzar en 50°C,

permaneciendo por 10 min, seguido de una rampa de 0,1 °C/min hasta 200°C, donde se mantenía por 12,48min; helio AP como gas de arrastre a una presión de 8 psi y un flujo por la columna de 0,7 mL/min.

Simulación de la columna de DR

Se utilizó Aspen Plus® versión 2006, como herramienta adecuada para la validación de los resultados experimentales. El modelo aplicado fue el RadFrac, el cual permitió realizar la una evaluación del sistema DR utilizando una sola unidad de proceso. Las condiciones tomadas en consideración fueron las siguientes: reacción en fase líquida, modelada con el equilibrio químico, condensador operando a reflujo total, como modelo termodinámico se utilizó UNIFAC y se suministró al programa la data experimental.

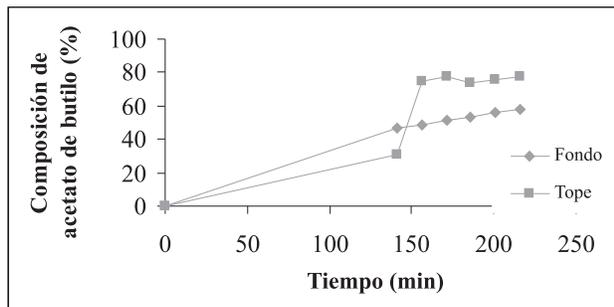
Resultados y Discusión

El butanol se obtuvo en un 46% del aceite de fusel, el cual se genera en 1000 L/día en la destilería. La resina exhibió excelentes propiedades catalíticas asociadas a su tamaño de partícula y capacidad de intercambio iónico (CI) aportando así una noción clara de su eficiencia, por lo que el rendimiento de la reacción está muy relacionado con dicha propiedad, favoreciendo el aumento de la velocidad con la que alcanza el equilibrio de la reacción debido a que reduce el recorrido en el lecho al transitar por los iones para alcanzar los sitios de activos (-SO₃H), con lo que hace más rápido el proceso de cesión de los mismos (Alfonso et al., 2000; Avilla, 2002). El valor inicial de la CI fue de 1,8± 0,2 eq/L y luego de utilizarla durante toda la experimentación fue de 1,9 ± 0,2 eq/L, lo que indica ningún grado de desactivación del sólido al utilizarlo bajo las condiciones de operación.

Al encontrarse en un medio ácido no perdió su actividad catalítica, esto resultó muy relevante debido a que permite utilizar el sólido en experiencias sucesivas, sin tratamientos regenerativos intermedios; lo que a su vez resulta un mayor aprovechamiento de sus propiedades, así como de consumo de energía y finalmente, una importante disminución del impacto ambiental en la generación de desechos.

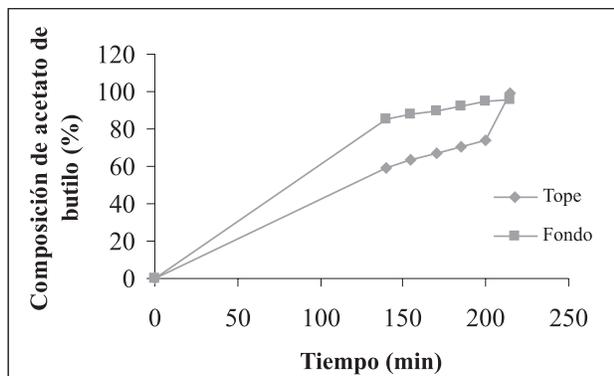
Los resultados obtenidos en la columna de DR resultaron satisfactorios para llevar a cabo la síntesis de acetato de butilo. En la figura 4, se observa un aumento de las composiciones de acetato de butilo tanto en el tope como en el fondo de la columna operando con una relación de alimentación 1:1, a medida que transcurre el tiempo de operación en la columna, la composición del éster se incrementa, alcanzándose una composición final en el tope de 77%.

Figura 4: Variación de la composición de acetato de butilo en la columna de DR en función del tiempo, operando con una relación de alimentación 1:1 ácido acético/ butanol a 0,936 atm.



En el destilado se alcanzaron composiciones en un rango de 77% y 99% molar de acetato de butilo para las relaciones de alimentación empleadas. La composición obtenida en el tope de la columna operando con una relación de alimentación 2:1 [Figura 5] representa una considerable mejora, estableciéndose que trabajando con un exceso de ácido acético, es posible enriquecer la pureza con la cual se obtiene el producto de interés debido a la asociación del ácido con la fase acuosa. La conversión alcanzada en esta configuración (DR) es mayor a la obtenida mediante una reacción por carga en un reactor convencional, obteniéndose composiciones finales de éster en el fondo de la columna comprendidas entre un 58% y 99%, para las relaciones molares de alimentación 1:1 y 2:1.

Figura 5: Variación de la composición de butil acetato de la columna de DR en función del tiempo, operando con una relación de alimentación 2:1 ácido acético/ butanol a 0,936 atm.



Del punto de vista operativo el sistema permitió obtener un producto con elevado rendimiento mediante un equipo versátil que incluye dos operaciones en una misma unidad, evitando de esta manera tratamientos químicos o físicos posteriores que se efectuaría si se tratase de un equipo convencional. Se aprovechó el carácter inmiscible de la mezcla que destilaba, por tratarse de un azeótropo heterogéneo, que al condensarse se separó en dos fases, una orgánica y otra acuosa. Esta última podía ser removida, permitiendo recircular la fase

orgánica rica en éster, obteniendo así el producto de tope en alta concentración.

El esquema tecnológico que representa la configuración final de la torre simulada, consistió en un sistema DR con dos corrientes de alimentación de reactantes y un decantador para la separación de las fases orgánica y acuosa. Con un número de etapas de 26, donde el ácido es alimentado en el número 13 y la sección reactiva comprendida entre los platos 14-20 y el alcohol alimentado en la sección 25.

La corriente orgánica en el tope de la columna tiene una composición de éster igual a 41,6% y en el fondo de 62,5%. Éstas no coinciden con las composiciones alcanzadas experimentalmente, sin embargo el sistema sigue el mismo comportamiento. Las incongruencias en los valores obtenidos se deben a múltiples razones. Por una parte, la fase de equilibrio es muy compleja y está determinada por la superposición entre el equilibrio químico y el equilibrio líquido-vapor. Aunado a esto, el sistema reaccionante presenta la formación de azeótropos homogéneos y heterogéneos, por lo que el programa presenta ciertos limitantes para describir apropiadamente el comportamiento del proceso dinámico, sin embargo, la discrepancia no es acentuada.

Otro parámetro determinado por el programa es el consumo energético [Tabla 1], que en comparación al proceso convencional, es sobresalientemente bajo. Por lo general, este consumo de estructuras y procesos con configuración de DR está basado por la carga energética en el rehervidor de la columna. El resultado obtenido en el presente trabajo fue de 0,1908 kW, representando una carga significativamente baja al compararla con lo expuesto por Marulanda (2002) y citado por Cardona, et al 2006 respecto al proceso convencional, que es de 5047,91 kW.

Tabla 1: Especificaciones energéticas en el condensador y rehervidor de la columna simulada.

Temperatura en el condensador (K)	459,96
Carga energética en el condensador (kW)	-0,2042
Temperatura en el rehervidor (K)	390,94
Carga energética en el rehervidor (kW)	0,1908

La disminución energética alcanzada constituye un importante avance en la industria química, no sólo a los costos asociados al ahorro inminente de energía sino a su vez por lo que esto representa al medio ambiente. Actualmente, se invierte gran cantidad de dinero en el desarrollo de tecnologías limpias que se adapten a los nuevos requerimientos de la humanidad, que ofrezcan una ecoeficiencia importante, minimizando así la generación de contaminantes. Tecnologías que ayuden a disminuir la emisión de gases tóxicos al ambiente, no sólo a través de una disminución en el consumo energético, sino también de etapas de proceso, son el tipo de operaciones que hoy



en día se necesitan para la industria del futuro, es por esto que la DR es considerada una tecnología verde (Malone & Huss, 2003; Almeida-Rivera & Grievink, 2008).

Conclusiones

Se ha estudiado la síntesis del butil acetato en una configuración DR, llevando a cabo una serie de montajes experimentales, bajo distintas condiciones de alimentación y a presión atmosférica. Del aceite de Fusel se obtuvo un importante contenido del alcohol, proporcionándole un uso potencial a este desecho. La reacción de esterificación fue catalizada por una resina de intercambio fuertemente ácida, verificando su utilidad por presentar un aumento en la actividad y selectividad del sistema. A través de la interpretación de las composiciones del fondo de la columna y del destilado, se pudo determinar que con un exceso de ácido acético (relación molar de reactivos 2:1 ácido acético/ butanol) es posible aumentar la composición del éster, siendo la mayor composición alcanzada en el destilado de 99% de acetato de butilo. Se evidenció experimentalmente que el sistema DR se ven mejorados al desplazarse el equilibrio de reacción y obtener altas conversiones, gracias a la continua remoción del agua como producto de reacción.

Se simuló el sistema observándose un comportamiento que concuerda con lo reportado experimentalmente. Se presenta además una disminución considerable en el consumo energético en comparación al proceso convencional descrito en trabajos anteriores, una de las razones en las que la DR es considerada una tecnología verde.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CDCH) por el financiamiento, N°. 601-08.

Referencias

- Alfonso, H., Pérez, G., Díaz, I., Alba, S., De Armas, R. (2000): Resinas de intercambio iónico para prolongar la liberación de los fármacos. *Revista Cubana de Farmacia*, 34 (3), 196-206.
- Almeida-Rivera, C. & Grievink, J. (2008): Process Design Approach for Reactive Distillation Based on Economics, Exergy, and Responsiveness Optimization. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 47 (1), 51-65.
- Annual book of astm standards (1994): Standard Test Method for Physical and Chemical Properties of Particulate Ion-Exchange Resins. Designation: D2187-94. Vol., 11.01. ASTM International Standards. West Conshohocken, PA, USA.
- Avilla, J.A. (2002): Lo esencial acerca del intercambio iónico. *Revista Agua Latinoamérica*, mayo-junio 2 (3).

Cardona, C., Rincón, A., Muñoz I. (2006): Simulación de una columna de destilación reactiva para la síntesis de butilacetato. *Revista Universidad EAFIT*, 42 (142), 79-87.

Gangadwala, J., Mankar (2007) : Design Studies. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 43, 136-143.

Malone, M., Huss, R. (2003): Green Chemical Engineering Aspects of Reactive Distillation. *Environmental Science & Technology*, 37 (23), 5325 -5329.

Marulanda, V.F., (2002): Análisis del impacto ambiental generado por tecnologías para la producción de Butilacetato. Trabajo Especial de Grado. Universidad Nacional de Colombia.

Orjuela, A., Leiva, F., Boyacá, A., Rodríguez, G., y Carballo, L., (2005): Estudio de la síntesis de acetato de butilo: Análisis de las condiciones de equilibrio químico. *Revista Ingeniería e Investigación*, 25 (003), 13-21.

Orjuela, A., Leiva, F., Boyacá, A., Rodríguez, G., y Carballo, L., (2006): Estudio de la síntesis de acetato de butilo: Análisis de la adsorción sobre el catalizador. *Revista Ingeniería e Investigación*, 26 (001), 25-24.



Multiplicador Paralelo en Campos Finitos de Galois GF (2^m) sobre FPGA Aplicado a Códigos Reed Solomon con longitud ajustable

Cecilia E. Sandoval Ruiz

Profesora de la UNEFA. Investigador adjunto al Instituto de Matemática Y Cómputo Aplicado (IMYCA)
Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Venezuela. csandoval1@uc.edu.ve

Resumen

En este trabajo se presenta el diseño de un multiplicador paralelo sobre campos finitos de Galois GF (2^m), propuesto para aplicaciones en componentes de Códigos Reed Solomon con longitud ajustable. Este multiplicador fue seleccionado por ser fundamental en los códigos correctores de error, por razones de rendimiento, resulta mejor su implementación sobre dispositivos de hardware reconfigurable. La metodología empleada inicia con una definición de modelo, los componentes, la descripción del comportamiento usando VHDL para el diseño sobre un FPGA. Finalmente la validación del circuito diseñado es presentada a través de la simulación usando ModelSim 5.7, obteniéndose resultados acordes con el modelo matemático y aportando una solución para el procesamiento paralelo de los datos en forma eficiente.

Palabras clave: Aritmética de Campos Finitos sobre Hardware, Codificación Reed Solomon, códigos de Longitud ajustable, Lenguaje descriptor de Hardware (HDL), Arreglo de compuertas programables por campo (FPGA).

Parallel Multiplier over Galois Field GF (2^m) on FPGA For Reed Solomon Codes with adjustable length

Abstract

This paper presents a design of a parallel multiplier over algebra of Galois fields, GF (2^m), proposed for applications in components of Reed Solomon Code with adjustable length. This multiplier was selected because it is fundamental in error correction codes and, for reasons of performance, it is better to implement on reconfigurable hardware devices. The followed methodology started with the definition of the model, the components, and the description of the behavior using the syntax in VHDL for the design on the device FPGA. Finally the validation of the designed circuit is presented through the simulation using ModelSim 5.7, obtaining results appropriated to the mathematical model and providing a solution for parallel processing of the data in an efficient manner.

Key words: finite field arithmetic in hardware, Reed Solomon coding, codes of adjustable length, Very High Speed Hardware description Language (VHDL), Field Programmable Gate Arrays (FPGA).

Introducción

Los módulos para operaciones aritméticas sobre campos finitos de Galois GF(2^m), son importantes componentes para aplicaciones en procesos de codificación de canal. Una de las ventajas de emplear aritmética GF (2^m) consiste en la longitud fija de todos los elementos del campo y que las operaciones de codificación y procesamiento de datos puede ser implementado con circuitería relativamente simples [1].

El código Reed-Solomon es uno de los códigos más eficientes, esta aplicación requiere de múltiples unidades funcionales para codificación y corrección de error en mensajes cuyos datos son transmitidos a través de un canal ruidoso [2]. Los multiplicadores en campos de Galois son ampliamente usados en estos códigos por desempeñar las operaciones básicas en el procesado de los datos.

En previas investigaciones [3-5], se han desarrollado codificadores y decodificadores RS(7,4) in VHDL, VHSIC (Very High Speed Integrated Circuit) Hardware Description Language, presentando como metodología para la programación de los módulos funcionales el uso de tablas de búsqueda (lookup tables) como una solución para los circuitos multiplicadores. A partir de dichos diseños se ha identificado la necesidad de rediseñar una solución combinacional para la implementación de

multiplicadores GF paralelos, en busca de obtener el código VHDL que soporte codificadores adaptativos, donde el parámetro de longitud pueda ser ajustable, como los estudiados por Atieno [6].

Los códigos que se consideran como norte de esta investigación están orientados a corrección de error dinámica, considerando la tecnología emergente. La naturaleza dinámica de los canales de comunicación demanda el uso de dispositivos reconfigurables tales como FPGA [7] que presente alto rendimiento y baja latencia. Los Dispositivos de muy alta escala de integración VLSI y dispositivos FPGAs (Field Programmable Gate Arrays) resultan muy buenas alternativas para la implementación de estos códigos [8]. En este trabajo, los FPGAs han sido seleccionados por el balance que estos ofrecen entre espacio requerido por el circuito, la velocidad de respuesta y bajo consumo de potencia.

El objetivo de este trabajo es el diseño eficiente de multiplicadores paralelos sobre campo finitos GF(2^m), para su aplicación en codificadores RS(n,k) con longitud ajustable. La eficiencia computacional de las operaciones aritméticas en campos finitos está estrechamente relacionada con la forma particular en la cual los elementos del campo son presentados [9]; los multiplicadores en campos finitos GF son generalmente más complejos que un multiplicador convencional, estos están basados en



el polinomio característico, conocido como polinomio irreducible, de los elementos del campo y estos requieren de un tratamiento modular para su simplificación, es muy importante mencionar que la medición de la eficiencia será dada por el número de compuertas y también por los retardos totales del circuito [10], en función de lo cual se propone el diseño de los módulos basados en el modelo matemático e interpretación de comportamiento del circuito.

Metodología

Se realizó el diseño modular de las etapas del codificador $RS(n,k)$ de longitud ajustable, a través del parámetro k , para obtener los coeficientes del polinomio generador se fijó el valor de k para cada caso particular, el lector puede profundizar los fundamentos teóricos en [11-16].

El primer paso considerado fue definir las características del código $RS(n,k)$ con b -bit por símbolos y con n bytes por cada palabra de código (k de los cuales son bytes de datos and $n-k$ son bytes de paridad).

Para la programación se empleó el software ISE 10.1 de Xilinx, se inició por la definición de la entidad para los módulos RS con longitud ajustable usando lenguaje descriptor de hardware VHDL, a través de la identificación de las características del código seleccionado, el número de etapas depende del valor k seleccionado, el cual se declaró de forma genérica, por tanto se definió *length* como un parámetro ajustable en función de $n-k$, por otra parte se definió el número de bits por símbolo como *width*. Seguidamente, en la arquitectura del codificador se definió una memoria FIFO de *length* etapas de b bits de ancho (*width*) cada una. La entrada *D_dato* fue definida como un vector de *width-1* a 0 y fue descrito un

circuito para la operación entre las etapas de la memoria FIFO definida de 0 a *length-1*. Finalmente, se definió el componente *mult* módulo básico en el *codificador_RS* cuyas entradas corresponden a un dato de entrada *D_dato* y el coeficiente del polinomio generador, obteniéndose a la salida el producto en *datox*, la sintaxis en VHDL se muestra en la tabla 1.

Una vez definida la arquitectura y los componentes, se procesan las salidas de los componentes *mult* para la obtención de los símbolos de redundancia a través de la implementación del circuito operaciones secuenciales.

Este código en VHDL se identificó como un circuito LFSR (*Linear Feedback Shift Register*) con $n-k$ etapas, estas etapas fueron representadas por elementos de memoria *memoria_v(i)*, las salidas del circuito LFSR que serán transmitidas por el canal de comunicación, usará un multiplexor para seleccionar las k palabras de datos y las $n-k$ palabras de redundancia, de acuerdo a la señal de control, siendo este circuito de comportamiento secuencial por contar con registros para almacenamiento de datos accionados con un *clk*.

Los casos programados fueron $RS(255,239,8)$ cuyos coeficientes del polinomio generador corresponde con [1 59 13 104 189 68 209 30 8 163 65 41 229 98 50 36 59] y $RS(255,247,8)$ cuyo polinomio generador corresponde con los coeficientes [1 255 11 81 54 239 173 200 24], el procedimientos anteriormente expuesto fue aplicado para obtener la correspondiente codificación en cada caso de estudio.

Diseño del multiplicador paralelo en campos finitos $GF(2^m)$

Los módulos para procesamiento de datos en algebra de campos finitos $GF(2^m)$ pueden ser

Tabla 1: Descripción en VHDL del componente *mult* en el Codificador_RS.

```

generic(length: integer:= 16; --length n-k
width :integer:=8); -- width of the symbol

Architecture Behavioral of Codificador_RS is
type memoria is array (0 to length-1) of std_logic_vector(width-1 downto 0);
component mult is
port (D_dato: in std_logic_vector (width-1 downto 0);
coef: in std_logic_vector (width-1 downto 0);
datox: out std_logic_vector (width-1 downto 0));
end component;

C1: mult port map (D_dato,coef,datox1);
C2: mult port map (D_dato,coef,datox2);
C3: mult port map (D_dato,coef,datox3);
...

if (clk'event and clk='1') then
memoria_v(0):=memoria_v(1)xor datox1;
memoria_v(1):=memoria_v(2)xor datox2;
memoria_v(2):=memoria_v(3)xor datox3;
...

```

programados en software a través de algoritmos para procesamiento secuencial ó soluciones sobre hardware para modelos paralelos, siendo éste el modelo que se desea implementar. Los multiplicadores paralelos sobre campos $GF(2^m)$ pueden ser construidos con lógica combinacional, completamente paralelos, a través de configuración en lenguaje VHDL, en esta oportunidad se seleccionó metodología *top-down* y descripción de componentes en función del modelo jerárquico. Una alternativa para la implementación de este modelo está basado en tablas de búsqueda, con diferente interpretación de las direcciones, permitiendo cambiar la representación de los elementos del campo $GF(2^m)$ [1]

En tal sentido, se presenta el producto entre los primeros 16 elementos del campo con los coeficientes de uno de los polinomios generadores presentados para la validación, esta tabla nos permite intuir el alto consumo de recursos de hardware a partir de las 255 combinaciones que deben ser programadas para la implementación con símbolos de 8 bits. Sin embargo esta representación mostrada en la tabla 2 es importante para la validación de los resultados.

Tabla 2: Productos sobre campo finitos $GF(2^8)$

1	59	13	104	189	68	209	30	8	163	65	41	229	98	50	36
2	118	26	208	103	136	191	60	16	91	130	82	215	196	100	72
3	77	23	184	218	204	110	34	24	248	195	123	50	166	86	108
4	236	52	189	206	13	99	120	32	182	25	164	179	149	200	144
5	215	57	213	115	73	178	102	40	21	88	141	86	247	250	180
6	154	46	109	169	133	220	68	48	237	155	246	100	81	172	216
7	161	35	5	20	193	13	90	56	78	218	223	129	51	158	252
8	197	104	103	129	26	198	240	64	113	50	85	123	55	141	61
9	254	101	15	60	94	23	238	72	210	115	124	158	85	191	25
10	179	114	183	230	146	121	204	80	42	176	7	172	243	233	117
11	136	127	223	91	214	168	210	88	137	241	46	73	145	219	81
12	41	92	218	79	23	165	136	96	199	43	241	200	162	69	173
13	18	81	178	242	83	116	150	104	100	106	216	45	192	119	137
14	95	70	10	40	159	26	180	112	156	169	163	31	102	33	229
15	100	75	98	149	219	203	170	120	63	232	138	250	4	19	193
16	151	208	206	31	52	145	253	128	226	100	170	246	110	7	122

La siguiente alternativa considerada fue diseñar el circuito a través del estudio de la representación matemática que describe la operación multiplicación sobre campos finitos, buscando su implementación con el menor consumo de hardware, para optimizar la descripción en VHDL y definir el comportamiento completamente paralelo, se partió de la descripción de la multiplicación.

Multiplicación. Si $p(x)$ es el polinomio irreducible, entonces la multiplicación de dos elementos del campo, representados como los polinomios $a(x)$ y $b(x)$ es el producto algebraico de los dos polinomios, y la operación módulo del polinomio $p(x)$

$$c(x) = a(x).b(x) \Leftrightarrow c(x) = a(x) \times b(x)(\text{mod } p(x)) \quad (1)$$

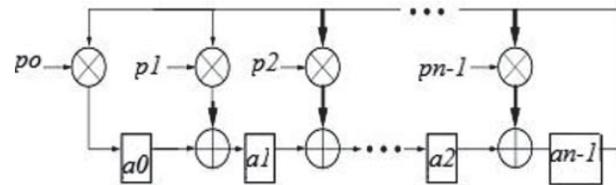
La multiplicación de polinomios es asociativa, conmutativa y distributiva con respecto a la adición por lo cual se obtienen las ecuaciones 2.

$$c(x) = B(x)(\sum_{i=0}^{m-1} a_i x^i) \text{mod } p(x) \rightarrow c(x) = \sum_{i=0}^{m-1} b_i (A(x)x^i) \text{mod } P(x) \quad (2)$$

Siendo $A(x)$ un coeficiente del polinomio generador, $p(x)$ el polinomio irreducible, y $B(x)$ la entrada de datos a multiplicar, llamada en el programa como D_dato .

Donde $A(x) \text{ mod } p(x) = r(x)$ corresponde al residuo de la división entre un operando de la multiplicación y el polinomio irreducible del campo $GF(2^m)$. Para la implementación de la división, se puede emplear el circuito LFSR mostrado en la figura 1.

Figura 1: Arquitectura del módulo LFSR para implementación de $A(x) \text{ mod } p(x)$.



Los circuitos LFSR permiten la implementación de divisores de polinomios entre elementos en campo finito $A(x) \in GF(q)$ y el polinomio irreducible que define el campo, donde los *flipflop* son elementos de almacenamiento para los residuos intermedios de la división, en tal sentido se busca una solución para describir esta arquitectura pero con comportamiento secuencial.

El modelo matemático nos permite analizar el comportamiento del circuito en m ciclos de reloj, donde m es igual al número de bits de la palabra y a partir de este se obtuvo el modelo genérico para definir el comportamiento del multiplicador sobre campo finito. Se ha programado una versión paralelizada de este multiplicador en VHDL para la cual se han eliminado los componentes secuenciales y estos han sido reemplazados por variables que dependen de funciones combinacionales. En la tabla 3, se presenta la descripción del comportamiento del módulo divisor de polinomios para obtener los vectores $a1 \dots a8$, el resultado de $A(x) \text{ mod } P(x)$ usando concatenación en lugar del procesamiento secuencial. La implementación se reduce al uso de compuertas AND entre cada coeficiente de $p(x)$, y el uso de compuertas XOR que opera con los resultados de los coeficientes parciales, todo esto en el mismo pulso de reloj.

Como se observa en la tabla el circuito puede ser simplificado con la cancelación directa de las ramas cuyos coeficientes son "0" en el polinomio irreducible.



Tabla 3: Descripción VHDL del Componente Divisor basado en LFSR.

```
p<="100011101"; -- Primitive polynomial = D^8+D^4+D^3+D^2+1 (285)
u1: a2<=a1(6 downto 4)&(a1(3)xor a1(7))&(a1(2)xor a1(7))&(a1(1)xor a1(7))&a1(0)& a1(7);
u2: a3<=a2(6 downto 4)&(a2(3)xor a2(7))&(a2(2)xor a2(7))&(a2(1)xor a2(7))&a2(0)& a2(7);
...
u7: a8<=a7(6 downto 4)&(a7(3)xor a7(7))&(a7(2)xor a7(7))&(a7(1)xor a7(7))&a7(0)& a7(7);
```

El último paso para obtener el producto corresponde a la multiplicación de los vectores parciales obtenidos $A(x) \text{ mod } p(x)$ donde i es el sub-índice para identificar cada uno de los bits del polinomio $B(x)$, se producen los productos parciales “ c_i ”. Los productos necesitan implementarse con AND entre las “ a_i ” obtenidas (un vector de m elementos) con el elemento de datos de entrada “ b_i ” (un bit), en forma paralela bit a bit, por lo cual es definido un vector Bi (igual a la concatenación del elemento bi m veces) la cual es presentada en la tabla 4, con la descripción VHDL de cada uno de los vectores resultantes c_i , operando a través de compuertas XOR los resultados para el producto final.

Finalmente, se crearon bancos de prueba para verificar el funcionamiento del multiplicador y su aplicación en el codificador RS, usando ModelSim para probar el comportamiento de los módulos diseñados.

Simulación

Para validar el diseño el multiplicador GF fue probado con los coeficientes, fig.2(a) coeficiente 104, fig.2(b) coeficiente 13, la multiplicación de los primeros 16 elementos del campo finito GF (256) generaron los resultados esperados con los elementos del campo GF(2⁸), de forma paralela.

Se evaluaron los resultados del codificador RS (255,239,8), se fijaron los datos de entrada de 1 a 129 y se obtuvieron los 16 elementos de redundancia, que se muestran en la figura 3.

Adicionalmente, en el caso del codificador RS (255,247,8) se obtuvo la salida presentada en la figura 4.

Se observó la simulación del comportamiento del diseño donde se obtuvieron los resultados correctos, correspondientes al modelo matemático y el multiplicador no depende de la señal de reloj *clk*, siendo éste totalmente combinacional.

Tabla 4: Producto GF definido por: A(x).B(x) mod P(x).

```
B1<= b1(0) & b1(0);
...
c1<=a1 and b1;
datox<=c1 xor c2 xor c3 xor c4 xor c5 xor c6 xor c7 xor c8;
```

Figura 2: Resultados de la multiplicación sobre GF(256) a) con el coeficiente 104 b) con el coeficiente 13

test_104/d_data	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
test_104/datox	0	104	208	184	189	213	109	5	103	15	183	223	218	178	10	98	206
/test13/d_data	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
/test13/datox	0	13	26	23	52	57	46	35	104	101	114	127	92	81	70	75	208

Figura 3: Resultados del codificador RS (255,239,8)

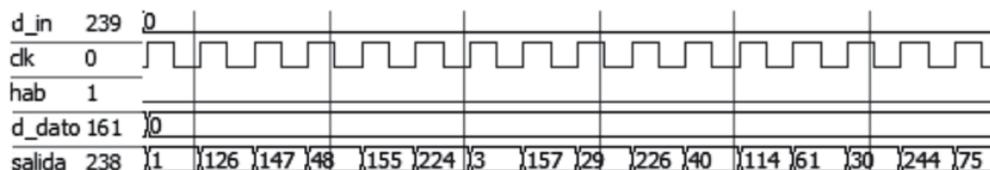
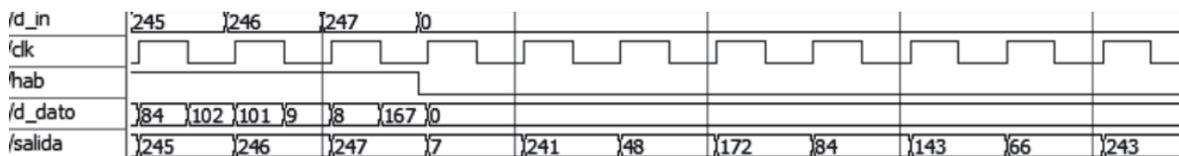


Figura 4: Resultados del codificador (255,247,8)





Finalmente, el dispositivo FPGA 2s200epq208-6 fue seleccionado para la implementación, en la tabla 5 se presentan los resultados.

Se compararon los resultados con investigaciones previas acerca de multiplicadores para campos finitos como el presentado en [7], y como lo muestra la tabla, la mayor ventaja alcanzada por el presente diseño consiste en la reducción del número de LUTs y bloques funcionales (slice) y la no implementación de señal de reloj en la síntesis.

La tabla 6 presenta el reporte de recursos de hardware usados para el codificador RS (255,239), observándose un bajo consumo de recursos.

[Tabla 6]

Discusión

Se ha identificado y caracterizado los bloques básicos del multiplicador, se describió un modelo genérico del comportamiento del divisor en GF(q) que soporta las operaciones de multiplicación en algebra de campos finitos, éste ha sido diseñado con el principio de modularidad, integrando los componentes diseñados para solucionar el problema, presentando entre sus beneficios alto grado de paralelismo y escalabilidad.

De esta manera se ha desarrollado un rápido multiplicador sobre campos finitos, con una estructura interna novedosa. Una de las características más importantes del multiplicador es el alto rendimiento, los circuitos diseñados están orientados hacia comportamiento combinacional, lo cual permite concluir que la implementación sobre tecnología FPGA resulta idónea, luego se ha analizado el rendimiento del dispositivo y se observa que el diseño tiene un mínimo consumo a nivel de compuertas, esto coincide con los criterios de eficiencia del diseño. Estos resultados comparados con otros diseños previos [17-18] han probado ser una solución eficiente. La simulación produjo los resultados esperados para el comportamiento del multiplicador sobre campo finito de Galois de 8 bits por símbolo, estos componentes fueron usados para aplicar el codificador

RS (255, k), donde se validaron dos casos con perfecta correspondencia con los valores teóricos.

Las dos contribuciones más significativas corresponden a los componentes programados en código VHDL para la integración de las estructuras del código propuesto con concatenación paralela y la parametrización de la longitud del código que aporta la capacidad de diseñar códigos con función adaptativa, que pueden ser implementados sobre FPGA, basados en el multiplicador rápido diseñado. Donde, la unidad aritmética es escalable porque ésta puede ser reusada en otras aplicaciones, independientemente de la unidad diseñada originalmente [19]

References

[1] Morelos, R., "The Art of Error Correcting Coding", 2002, ed. Wiley
[2] ALLEN, J., "ENERGY EFFICIENT ADAPTIVE REED-SOLOMON DECODING SYSTEM" University of Massachusetts, February 2008
[3] Sandoval, C. y Fedón, A. "Codificador y decodificador Reed-Solomon programados a través de hardware reconfigurable", Revista Ingenier´ia y Universidad, Vol. 11, N. 1, Junio (2007).
[4] Sandoval, C. y Fedón, A. "Programación VHDL de algoritmos de codificación para dispositivos de Hardware Reconfigurable", Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería, Vol. 24 (1), 2008, pág. 3-11.
[5] Sandoval, C. y Fedón, A. "Descripción modular de un esquema de codificación concatenado para corrección de errores con programación de hardware". Ingeniare. Rev. chil. ing. 2008, vol.16, n.2 [citado 2009-06-26], pp. 310-317.
[6] Atieno, L. and other, "An Adaptive Reed-Solomon Errors-and-Erasures Decoder", University of Massachusetts Amherst, November 2004
[7] Ahlquist, G., and others, " Design and Synthesis of Small and Fast Finite Field Multipliers for FPGAs", Brigham Young University, Provo, UT 84602

Tabla 5: Reporte de Síntesis del multiplicador GF(256)

Table with 4 columns: Resource, Used, Total, Percentage. Rows: Number of Slices (7/2352, 0%), Number of 4 input LUTs (12/4704, 0%), Number of bonded IOBs (24/146, 10%).

Tabla 6: Reporte de Síntesis del codificador RS (255,239,8)

Table with 4 columns: Resource, Used, Total, Percentage. Rows: Number of Slices (123/2352, 5%), Number of Slice Flip Flops (128/4704, 2%), Number of 4 input LUTs (233/4704, 4%), Number of bonded IOBs (25/146, 17%), Number of GCLKs (1/4, 25%).



- [8] N.A. Saqib, "Implementacion eficiente de algoritmos criptográficos en dispositivos de hardware reconfigurable", Tesis Doctoral, (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), Unidad Zacatenco, México, Septiembre (2004).
- [9] Kim C., Oh S., and Lim J. "A new hardware architecture for operations In $GF(2)$ " IEEE Transactions on Computers 51(1): 92, 2002
- [10] Halbutogullari, A., "Mastrovito Multiplier for General Irreducible Polynomials", IEEE Transactions on Computers, 2000
- [11] Moon-Kyou SONG and Min-Han KONG, "An Adaptive Reed-Solomon Decoder Using Separate Clocks in the Pipelined Steps"
- [12] SANDOVAL R, Cecilia E. "Programación modular de funciones para codificación turbo producto sobre FPGA". Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia, dic. 2008, vol.31, no.3, p.294-301. ISSN 0254-0770
- [13] Castiñeira M., J., Farrell Patrick G., "Codificación para el control de errores", Primera Edición, Editorial Wiley, England, 2006
- [14] Agatep A., "Reed-Solomon Solutions with Spartan-II FPGA", Xilinx, WP110, Vol. 1, N.1, February 10, (2000).
- [15] Moon T., "Error Correction Coding: Mathematical, methods and algorithms", 2005, ed. Wiley.
- [16] Rifá J. and Huguet L. "Comunicación Digital: Teoría Matemática de la información, codificación algebraica y criptografía, 1991, ed. Masson.
- [17] Moon S., Park J., and Lee Y., "Fast VLSI arithmetic algorithms for high-security elliptic curve cryptographic applications" Dept. of Electr. & Electron. Eng., Yonsei Univ., Seoul, Korea
- [18] Che Wun Chiou, "Fast Array Multiplications over $GF(2^m)$ Fields with Multiple Speeds", Tamkang Journal of Science and Engineering, Vol. 7, No 3, pp. 139_144 (2004)
- [19] E. Sava, A "Scalable and Unified Multiplier Architecture for Finite Fields $GF(p)$ and $GF(2^m)$



Estudio del meteorito Hoba por Espectroscopía Mössbauer y Microsonda Electrónica

Angel E. Rivas^{1*}, Nelson Falcón¹, Fernando González-Jiménez², Edgar Jaimes² y Carlos Rojas³

¹Dpto. de Física, Facultad de Ciencias y Tecnología, UC, Valencia 2001, Venezuela

²Dpto. de Física, Facultad de Ciencias, UCV, Apdo 47586, Caraca, Venezuela

³Centro de Microscopía Electrónica, Facultad de Ciencias, UCV, Caracas, Venezuela

*aerivas1@uc.edu.ve

Resumen

En este trabajo presentamos los resultados preliminares del estudio de un fragmento del meteorito Hoba (Grootfontein, Namibia) por Espectroscopía Mössbauer y microsonda electrónica. Los espectros Mössbauer fueron obtenidos con un espectrómetro de transmisión en modo triangular simétrico, usando una fuente de Co⁵⁷/Rh. El análisis por microsonda electrónica se hizo mediante la técnica WDS. Los resultados muestran que el meteorito Hoba contiene en mayor proporción una aleación de Fe-Ni pobre en Ni, compatible con la fase kamacita, con un campo hiperfino de 335 kG a temperatura ambiente, y una aleación Fe-Ni rica en Ni compatible con la fase taenita.

Palabras clave: Meteorito Hoba, Espectroscopía Mössbauer, Microsonda Electrónica, Kamacita, Taenita.

Mössbauer spectroscopy and Electronic microprobe study of the Hoba Meteorite

Abstract

In this work we show the preliminary results of the Mössbauer Spectroscopy and electronic microprobe study of a fragment of the Hoba meteorite (Grootfontein, Namibia). The Mössbauer spectra were obtained with a transmission spectrometer in triangular symmetrical mode, using a Co⁵⁷/Rh source. The analysis by electronic microprobe became by means of WDS technique. The results show that the Hoba meteorite contains in greater proportion a Fe-Ni alloy poor in Ni, compatible with the kamacite phase, with a hyperfine field of 335 kG at room temperature, and a Fe-Ni alloy rich in Ni, compatible with the taenite phase.

Key words: Hoba meteorite, Mössbauer Spectroscopy, Electronic microprobe, Kamacite, Taenite.

Introducción

El estudio de los meteoritos metálicos (conocidos en inglés como iron meteorites), compuestos principalmente por aleaciones de Fe-Ni en dos fases llamadas kamacita y taenita, ha sido siempre de gran interés por la información que pueden aportar sobre el pasado remoto de nuestro sistema solar. Está plenamente establecido que tales aleaciones se han formado a una tasa de enfriamiento de alrededor 1°C/millón de años.

El meteorito Hoba ha adquirido fama por estar entre los de mayor tamaño que han impactado la tierra. El Hoba es el fragmento de meteorito más grande conocido, con un peso aproximado de 60 toneladas (Mason, 1962). Este meteorito cayó en Grootfontein, Namibia, y fue encontrado en 1920. Es de la clase ataxita (sin estructura), y pertenece al grupo IVB. Un fragmento de 9x9x3.2 pies y 60 toneladas se encuentra a unas 12 millas de Grootfontein, Namibia (Graham et al, 1985).

La espectroscopía Mössbauer (EM) del ⁵⁷Fe ha resultado ser una técnica de amplia aplicación en el estudio de meteoritos metálicos, principalmente en la identificación de las fases Fe-Ni ordenadas y desordenadas (Larsen et al, 1982), así como también, de los productos de corrosión originados por la acción de los factores climáticos en la superficie terrestre. De igual forma, la técnica de la microsonda electrónica aporta información valiosa sobre la composición química y la distribución de las fases presentes en el meteorito bajo estudio (especialmente la presencia de Ni), lo cual

permite complementar la información obtenida mediante la espectroscopía Mössbauer.

Presentamos en este trabajo los resultados de la caracterización de un fragmento del meteorito Hoba mediante EM y microsonda electrónica.

Procedimiento Experimental

Al comenzar el análisis se disponía de un trozo de color oscuro de aproximadamente 2 g del meteorito Hoba.

Para realizar el estudio por espectroscopía Mössbauer y microsonda electrónica, la muestra del meteorito fue sometida a un proceso de acondicionamiento previo, tomando en cuenta el hecho de que el fragmento ha estado sometido a las condiciones del clima y por tanto ha sufrido procesos de alteración en la superficie terrestre por meteorización, que se evidencian a simple vista por el aspecto oxidado que presenta.

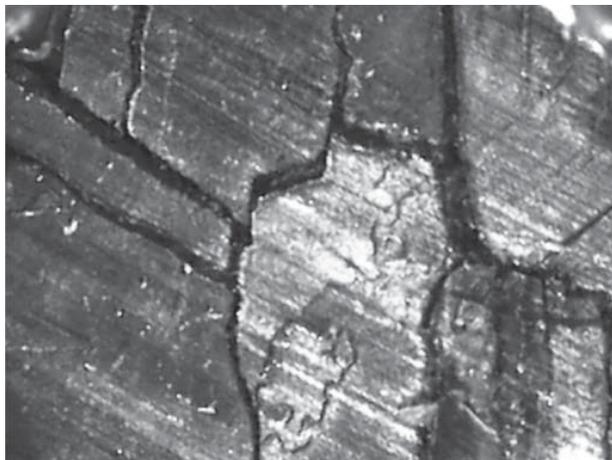
En la etapa inicial del trabajo los espectros Mössbauer fueron obtenidos para una muestra total del meteorito; esto es, se tomó un trozo de aproximadamente 200 mg y se trituró en un mortero de ágata hasta pulverizarlo. Con el polvo (unos 80 mg) se preparó el absorbente Mössbauer en araldita. Sin embargo, en vista de la dificultad para pulverizarlo, se cortó y pulió una lámina¹ muy delgada (Scorzelli, 1997) (con un espesor aproximado de 150 μm) del trozo original (Figura 1),

¹ Al cortar la lámina se pudo constatar la presencia de fracturas en el cuerpo del meteorito, que le dan al absorbente apariencia de mosaico.



con la finalidad de obtener el espectro Mössbauer del cuerpo del meteorito, reduciendo así la contribución de los óxidos presentes en su superficie.

Figura 1: Láminas de 150 μm de espesor del meteorito Hoba usadas como absorbente Mössbauer. Se pueden observar las fracturas.



Para el análisis en el Microscopio Electrónico, una de las láminas del meteorito fue embutida en una resina epóxica y pulida manualmente con lija de malla 2000 y polvo de alúmina.

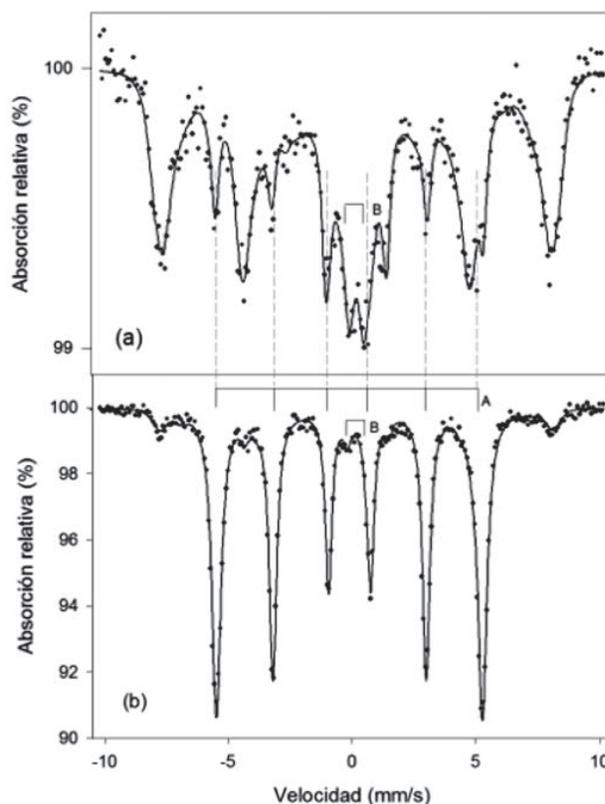
Los espectros Mössbauer fueron obtenidos con un espectrómetro de transmisión en modo triangular simétrico, perteneciente al Laboratorio de Magnetismo de la Facultad de Ciencias de la UCV, usando una fuente de $^{57}\text{Co}/\text{Rh}$. Este isótopo decae por captura electrónica al estado excitado con espín nuclear $I = 5/2$ del ^{57}Fe (Werthein, 1968). La radiación gamma usada es la correspondiente a 14,4 keV. Los espectros se obtuvieron a temperatura ambiente, tanto para la muestra total como para las láminas. Los valores de los parámetros hiperfinos se obtuvieron mediante el ajuste de los espectros usando un programa iterativo por el método de mínimos cuadrados (Chen & Yang, 2007).

Para el estudio por microscopía electrónica, se usó el microscopio EPMA (Electronic Probe Micro Analyser, por sus siglas en inglés) marca Jeol Superprobe modelo JXA-8900R, perteneciente al Centro de Microscopía Electrónica de la Facultad de Ciencias de la UCV, con un voltaje acelerador de 20 kV. Se usó la técnica WDS (Wavelength Dispersive Spectrometer, por sus siglas en inglés) para el análisis de la composición química del meteorito.

Resultados y Discusión

En la figura 2 se presentan los espectros Mössbauer a temperatura ambiente para la muestra total en polvo (Figura 2a) y las láminas (Figura 2b). En la figura, la línea continua sobre los puntos experimentales es el mejor ajuste obtenido.

Figura 2: Espectros Mössbauer del meteorito Hoba. (a) Muestra total en polvo. (b) Láminas de 150 μm de espesor.



El espectro de la Figura 2a es una superposición de un doblete B y una amplia distribución de campos hiperfinos (CH), con un CH más probable de 490 kG, que corresponden a la coexistencia de las fases antiferro y ferromagnética débil de la hematita ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) en pequeñas partículas superparamagnéticas (Vandererghe et al, 1989). Además, podemos apreciar la existencia de un subespectro magnético (de seis líneas) con un CH = 335 kG (posición de los picos indicada por las líneas verticales a trazos) que se puede atribuir a una aleación Fe-Ni con bajo contenido de Ni, compatible con la fase kamacita (Jonhson et al, 1963; Yassir & Tore, 1997) propia del meteorito. La presencia de la hematita se explica por oxidación de la superficie del meteorito en contacto con la atmósfera terrestre.

En la Figura 2b se representa el espectro Mössbauer de las láminas, donde se puede apreciar un subespectro en mayor proporción (87,52 %) debido a la fase Fe-Ni (subespectro A de seis líneas, observado también en el espectro de la Figura 4a). También se ven débiles contribuciones de la fase superparamagnética (doblete B y pequeña distribución de campos hiperfinos, atribuidos a la hematina en pequeñas partículas). La presencia de esta fase se explica por el hecho de que el trozo del meteorito presenta pequeñas fracturas en su interior hasta donde penetró el oxígeno para formar la hematita, y posiblemente otros óxidos e hidróxidos en pequeñas

proporciones no detectadas por esta técnica. Los valores de los parámetros hiperfinos obtenidos para el mejor ajuste del espectro son mostrados en la Tabla 1.

Tabla 1: Parámetros hiperfinos de las láminas del meteorito Hoba. DI: Desplazamiento Isomérico, GA: Medio ancho a media altura, QS: Desdoblamiento Cuadrupolar, CH: Campo hiperfino, pp: pequeñas partículas. Valores de DI respecto al α -Fe (hierro metálico).

DI (mm/s)	Ga (mm/s)	QS (mm/s)	CH (kG)	Fase
0.32(1)	0.19(2)	0.78(1)	-	α -Fe ₂ O ₃ en pp
0.02(2)	0.17(2)	1.70(1)	-	Fe-Ni
0.02(2)	0.18(1)	6.20(1)	-	Fe-Ni
0.04(1)	0.23(1)	10.78(2)	335(2)	Fe-Ni

Lo más resaltante del espectro de la Figura 2b es la presencia de la fase metálica Fe-Ni, que corresponde al cuerpo del meteorito. El espectro se ajustó con tres dobletes independientes para tomar en cuenta el efecto de saturación causado por el espesor del absorbente, calculándose el campo hiperfino de la separación de los picos más externos. De acuerdo a los parámetros hiperfinos encontrados, esta fase concuerda con la kamacita.

Con el propósito de complementar la información obtenida por la espectroscopía Mössbauer sobre las fases Fe-Ni presentes en el meteorito, se llevó a cabo un

microanálisis mediante la técnica WDS, como se indicó anteriormente.

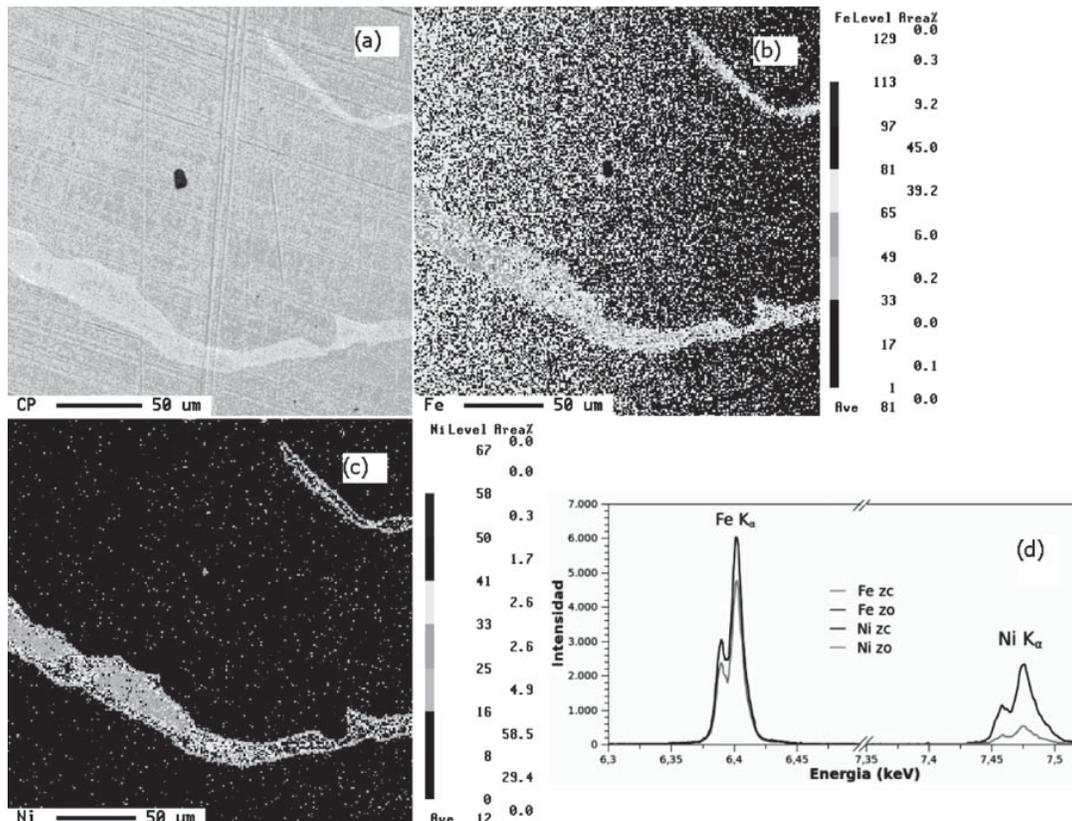
En la figura 3a se muestra la imagen de microscopía electrónica tomada a 430X de amplificación de la lámina pulida. Aquí podemos observar dos zonas bien diferenciadas, una oscura y otra clara. Cada zona fue explorada por la microsonda electrónica.

En las Figuras 3b y 3c se representan los mapas de rayos-X, con relación a la concentración de Fe y Ni, respectivamente. Además, en la Figura 3d puede verse el espectro WDS de rayos-X para cada zona.

El análisis cualitativo de los espectros WDS indica que la zona oscura contiene mayor proporción de Fe que la zona clara, y la zona clara contiene mayor proporción de Ni que la zona oscura. Esto se representa igualmente en los mapas de rayos-X para cada zona.

De los espectros WDS se obtienen las siguientes concentraciones de Fe y Ni: zona oscura (92,5 % en peso de Fe y 7,5 % en peso de Ni) y zona clara (68,3 % en peso de Fe y 31,7 % en peso de Ni). Esto indica que la zona oscura contiene a una fase Fe-Ni pobre en Ni, compatible con la fase kamacita, tal como lo indica la espectroscopía Mössbauer. Mientras que la zona clara contiene una fase Fe-Ni rica en Ni, compatible con la fase taenita (Heie & Wlotzka, 1995). Estos resultados están totalmente de acuerdo con lo esperado para un meteorito metálico como el Hoba.

Figura 3: (a) Imagen de la lámina del meteorito Hoba vista al microscopio electrónico a 430X. (b) y (c) Mapas de rayos-X. (d) Espectros WDS.





Conclusiones

Se han presentado los resultados de un estudio preliminar por espectroscopía Mössbauer y microsonda electrónica de un fragmento del meteorito Hoba (Grootfontein, Namibia).

Los resultados de espectroscopía Mössbauer indican la presencia en la muestra analizada de la fase hematina en pequeñas partículas paramagnéticas, y la fase Fe-Ni kamacita propia del meteorito.

El acondicionamiento de las muestras es un factor que juega un papel fundamental al emprender un estudio por espectroscopía Mössbauer de meteoritos. Los óxidos de hierro presentes en las muestras generalmente enmascaran la información útil sobre el meteorito.

Los resultados de la técnica WDS revelan la presencia de las fases kamacita y taenita en el meteorito Hoba.

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración del Lic. Luis Alberto Errico, del Centro de Microscopía Electrónica de la Facultad de Ciencias de la UCV, por su valioso trabajo en el análisis por microsonda electrónica.

Referencias

- Chen, Yi-L. & Yang, De-P. (2007). Mössbauer Effect in Lattice Dynamics, Wiley-VCH Verlag GmVh & Co. KgaA, Weinheim. pp 120-111.
- Graham, A. L., Bevan, W. R. and Hutchison, R. (1985) Catalogue of Meteorites, British Museum (Natural History) 4a ed.
- Heide, F. & Wlotzka F. (1995). Meteorites: Messengers from Space. Springer-Verlag. New York.
- Jonhson, C. E., Ridout, N. S. and Cranshaw, T. E. (1963). The Mössbauer Effect in Iron Alloys. Proc. Phys. Soc. (81): 1079-1090.
- L. Larsen, H. Roy-Pulsen, N. O. Roy-Pulsen, L. Vistisen and J. M. Knudsen, Phys. Rev. Lett. 48, 1054 (1982).
- Mason, B. (1962). Meteorites. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Scorzelli, R.B. (1997). Phase Stability of Fe-Ni Alloys from Meteorites in the Invar Region. Hyperfine Interactions (110): 143.
- Vandererghe, R. E., DE Grave, E., Landuydt, C. and Bowen, L. H. (1989). Some aspects concerning the characterization of iron oxides and hydroxides in solis clays. ICAME 89. Budapest, Hungary.
- Wertheim, G. K. (1968). Mössbauer Effect: Principles and Applicatons. Murray Hill, New Yersey.
- Yassir, A. and Tore E. (1997). Mösbauer spectroscopy, x-ray diffraction and electron microprobe analisys of the New Halfa Meteorite. Meteoritics & Planetary Science. (32): 373-375.



Educación Presencial o Teleformación en Educación de Postgrado. Todavía un Dilema

Arreaza Evelyn¹, Páez Haydee², Vizcaya Wildea³
Universidad José Antonio Páez^{1,2}, Holly Hill-Roberts Middle School. Carolina del Sur, Estados Unidos
evelyn_arreaza@cantv.net

Resumen

Investigación interpretativa, evaluativa, de campo, idiográfica, cuyo objetivo: conocer la percepción de los participantes sobre la eficacia del aprendizaje combinado, como modalidad curricular en los procesos de facilitación y aprendizaje, en un curso de maestría en educación de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Carabobo, Venezuela. Para implantar el curso, virtual, gratuito y ofrecer los servicios para tratar los contenidos programáticos, se seleccionó el sistema de gestión de aprendizajes Internet Classroom Assistant, ICA. Se realizó un análisis cuantitativo para describir el uso que hicieron los 12 profesionales inscritos en los servicios del ICA, utilizados en el desarrollo de las actividades de docencia e investigación del Seminario de Investigación y Trabajo de Grado I y uno cualitativo, para apreciar el progreso del participante hacia el logro del objetivo terminal. Al finalizar el período lectivo, se aplicó un cuestionario con 6 preguntas de respuesta abierta, validado por facilitadores de la asignatura, elaborado considerando los objetivos de la misma y la revisión sobre el aprendizaje combinado. Se analizó, considerando la coincidencia o discrepancia en los argumentos esgrimidos en las respuestas. Los resultados evidencian que, el aprendizaje combinado es una modalidad instruccional que facilita la adquisición cognitiva de los conocimientos planificados para el curso, el desarrollo de habilidades y actitudes propias de un investigador; pero, como investigación, los participantes manifiestan preferencia razonada por el contacto interpersonal, concluyéndose que la discusión sobre la implantación de la modalidad semipresencial es todavía un dilema no resuelto en la educación de postgrado en educación.

Palabras clave: Aprendizaje Mezclado, Semipresencialidad, Teleformación, nicenet.org, percepción del estudiante.

Traditional Education or B-Learning at Graduate Education. Still a Dilemma

Abstract

The purpose of this interpretative, evaluative, descriptive, field research is to know participant's perception about the educational usage of b-learning and their preferences to lead teaching-learning process at graduate education level in education. To virtually teach subject content, the Internet Classroom Assistant, ICA, learning platform was chosen, because not only the services it offers are enough to deal with the subject content, but also it is free. A quantitative descriptive analysis of ICA services usage by 12 professionals registered to develop teaching and research activities in the course Research Seminar and Graduate Work I was made, as well as a qualitative analysis in order to appreciate their progress towards the terminal course objective. At the end of the quarter, a 6 open-answer questionnaire, which content validity was determined through academic peers, was applied. It was developed based on the subject terminal objective as well as the literature review on blended learning. Answers were analyzed considering the coincidence or discrepancy in arguments and counterarguments put forward to answer the question. Results show that b-learning is an instructional modality that eases meaningful cognitive acquisition of planned knowledge, the development of a researcher skills and attitudes, but when talking about research, the interpersonal touch was reasoned preferred by participants. This fact allows to conclude that the discussion about b-learning modality is still an unsolved dilemma at the Carabobo graduate education level in education.

Key words: B-learning, teleformation, nicenet.org, student perception.

Introducción

Ofrecer una educación de pertinencia y con calidad, ha sido preocupación, con rango constitucional, del Estado Venezolano. Para lograrlo, ha tomado decisiones y emitido decretos tendentes a incorporar los avances científicos, humanísticos y tecnológicos al quehacer educativo en los distintos niveles del sistema educativo. En el caso de la Educación Universitaria, esta preocupación ha sido acompañada por acciones y resoluciones de las instituciones de este nivel educativo. La Universidad de Carabobo, en sus Medidas Rectorales, como meta de gestión, desde el año 2000 ha señalado la necesidad que el uso de las tecnologías de la información y la comunicación, TIC, sean parte del quehacer institucional

cotidiano, es decir, se apliquen para cumplir actividades de docencia, investigación, extensión y funcionamiento administrativo. Esta meta requiere que los docentes pongan en práctica modalidades de comunicación, con apoyo tecnológico computarizado. La educación de postgrado en la Facultad de Ciencias de la Educación, FACE, se administra bajo el régimen presencial, en períodos de doce semanas. Los participantes son profesionales adultos con responsabilidades laborales diurnas y residencia geográfica muchas veces distante de la ciudad sede de la institución donde cursan los estudios; no obstante, el uso de los sistemas de gestión de aprendizajes, para apoyar el proceso de facilitación-aprendizaje, no es cotidiano.



Particularmente, en el período enero-abril de 2009 se aplicó la modalidad de aprendizaje combinado en el curso Seminario de Investigación y Trabajo de Grado I, del Programa de Maestría en Desarrollo Curricular, el cual tiene como objetivo, cristalizar la preocupación temática de cada participante como punto de arranque del proceso de investigación conducente a la elaboración de trabajo de investigación, requisito de grado; por ello, el curso tiene una orientación teórico-práctica para desarrollar las competencias investigativas, gnoseológicas y epistemológicas pertinentes. La búsqueda y localización de información actualizada y válida, así como la discusión entre pares sobre el estado del arte de cada problemática, son actividades vitales en este curso. También lo es la interacción constante entre los participantes y la facilitadora.

Se tomó la decisión de implantar el precitado curso combinando con las actividades obligatorias presenciales, con actividades asíncronas, fundamentalmente, en lo concerniente a la localización y presentación de información en línea, para sustentar las diversas propuestas de investigación en lo gnoseológico y epistemológico y la discusión crítica de los contenidos programáticos, para desarrollar habilidades y destrezas propias del investigador, seleccionando la plataforma de aprendizaje ninenet.org, por su condición de acceso gratuito, facilidad de manejo y disponibilidad de servicios idóneos para alcanzar el objetivo terminal del curso, a saber, Conferencing (discusión), Link Sharing (localización de información), Documents (Subida de archivos de texto).

Orientadores de la investigación

- Conocer la percepción de los participantes sobre la eficacia del aprendizaje combinado, como modalidad de implantación curricular en la conducción de los procesos de facilitación y aprendizaje de una asignatura de investigación, en un curso de maestría en educación de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Carabobo, Venezuela.
- Conocer la preferencia de los participantes, referidas a la aplicación de la modalidad del aprendizaje combinado en el mencionado curso.

Metódica de investigación

Para llevar a la práctica este estudio se asumió el paradigma interpretativo, siguiendo los principios del método naturalista-descriptivo, el cual trata de comprender las realidades actuales, mediante la presentación de episodios documentados con un lenguaje natural y que representan lo más fielmente posible cómo siente la gente, qué sabe y cómo lo conoce, cuáles son sus creencias y modos de ver y entender, de allí su carácter cualitativo, idiográfico. En correspondencia con lo anterior, se

analizaron las respuestas dadas por los participantes a preguntas relacionadas con su percepción sobre la modalidad semipresencial de administración curricular utilizada, reuniendo datos e información que permitieran establecer lazos y evidenciar las habilidades y destrezas alcanzadas, en aplicación del principio de corroboración estructural que le da validez a los resultados en este tipo de estudio, (Martínez, 1989), que puede ser caracterizado como evaluativo, descriptivo, de campo (Hernández, Fernández y Baptista, 2001). Para ilustrar esta experiencia se tomó el curso Seminario de Investigación y Trabajo de Grado I, integrado por 12 profesionales a quienes se les aplicó un cuestionario anónimo, con 6 preguntas de respuesta abierta, relacionadas con el logro del objetivo terminal de la asignatura y de allí su validez de contenido, la cual fue otorgada por la revisión que de él hicieron tres pares académicos facilitadores. Nueve participantes respondieron el cuestionario, lo cual representa el 75 por ciento de la población, en una muestra probabilística pues todos tuvieron la misma oportunidad de expresar por escrito su opinión. La información aportada fue analizada, valorando sus voces en los argumentos y contraargumentos esgrimidos en sus respuestas a las preguntas generadoras, basadas en los atributos de las dimensiones presencialidad vs asincronía del aspecto a evaluar, modalidad de implantación curricular, aprendizaje combinado.

Procedimiento de análisis. Para recaudar la información pertinente al estudio:

- 1.- Se precisó el número de profesionales participantes en el curso, en el caso de Seminario de Investigación y Trabajo de Grado I, fueron 12.
- 2.- Se autoevaluó el desarrollo del curso, cuantificando el uso de los servicios ofrecidos por la plataforma ninenet.org, promediándolos en función del número de participantes inscritos en el curso y calificando las discusiones sobre los contenidos programáticos y tareas asignadas. Para ello, se abrió cada uno de los foros de discusión (Conferencing), se leyeron las intervenciones, valorándose la focalización y profundización alcanzada en la participación respecto a cada tópico, se analizó el tipo de diálogo y de aporte formulado por cada participante, así como la voz, el tono y estrategia de pensamiento crítico utilizados, (Collison, Elbaum, Tinker y Haavind, 2000), lo cual se visualizó en una matriz. Esto para determinar la presencia de habilidades de pensamiento crítico, indispensables en un investigador o investigadora y estimar el grado de autogestión de conocimientos del participante sobre cada tema. El análisis de estas intervenciones, junto con el uso de los restantes servicios de la plataforma: Documents y Link Sharing, permitió valorar el progreso de cada participante hacia el logro de los objetivos de la asignatura.



- 3.- Al finalizar el período lectivo, se aplicó un cuestionario de 6 preguntas, de respuesta abierta, para conocer la percepción que tenía el participante acerca de las actividades desarrolladas. El mismo fue respondido por nueve participantes. Para procesar la información se determinó la coincidencia o discrepancia en las voces de los participantes. Se consideraron los argumentos y contraargumentos esgrimidos para detectar patrones (similitudes en la percepción) y casos discrepantes presentes en las respuestas, plasmados en una tabla.
- 4.- Con base en los patrones detectados, se elaboraron las conclusiones pertinentes a la luz de los objetivos del estudio.

Resultados

El resumen del ICA permite señalar que el curso estuvo integrado por 12 participantes, quienes lo utilizaron durante tres meses como una herramienta para establecer una comunidad virtual de aprendizaje, participando, bien en respuesta a la pregunta generadora de la discusión o de modo espontáneo, subiendo avances de su ámbito de investigación o colaborando en la búsqueda de literatura pertinente a los temas de investigación, como se observa en la tabla 1.

Si se promedia el total de intervenciones por las doce semanas de duración del curso, se tiene 17,58 por semana, lo que a su vez, indica que cada participante cumplió con su obligación de intervenir por lo menos una vez a la semana, encontrando que cinco de ellos, 41,67%, lo hizo dos veces. Es de destacar, también, el número de documentos subidos, tomando en consideración que éstos son producto de la búsqueda de información considerada valiosa para la discusión y comprensión de los contenidos programáticos y que necesita de alguna intervención del participante, por cuanto la misma es diferente a la localizada en direcciones electrónicas. Semanalmente, se subieron 6,66 documentos con lo cual podemos inferir que al menos el 50% de los participantes mostró interés, motivación por aportar material que pudiera sustentar

epistemológicamente los contenidos y las temáticas de investigación particulares y de los compañeros de curso.

Los promedios individuales de uso de los servicios del ICA, ponen de manifiesto la comunicación asincrónica por cada uno de los participantes. Se puede afirmar que, se cristalizó un trabajo colaborativo pues los promedios de documentos, intervenciones e hipervínculos así lo indican. El objetivo terminal del curso Seminario de Investigación y Trabajo de Grado I es que cada participante concrete su temática o problema de investigación, para lo cual debe valerse de información actualizada, válida y confiable. Los servicios *Link Sharing* y *Conferencing* fueron una extraordinaria herramienta para alcanzar esta meta. Igualmente, al subir vínculos relacionados con los ámbitos de investigación de los compañeros, se presume la evaluación crítica previa del material para determinar su pertinencia y confiabilidad, habilidades propias de y necesarias en un investigador. Debe destacarse que este curso es el primero de cuatro, contenidos en el plan de estudios del programa de maestría para garantizar la elaboración del trabajo de investigación requisito de grado, por lo que se pueden considerar investigadores en formación y desarrollo.

Habiéndose obtenido, desde el punto de vista didáctico, los resultados positivos mencionados, se consideró pertinente conocer la opinión de los participantes sobre el trabajo realizado. En un cuestionario se formularon seis preguntas de respuesta abierta. Para conocer la tendencia en la respuesta se determinó el porcentaje de coincidencia (positiva) o de discrepancia (negativa), ver Tabla 2.

Escuchando las voces de los nueve participantes que respondieron el cuestionario, se tienen respuestas como las siguientes:

¿Satisfizo tus expectativas de aprendizaje de los contenidos programáticos? A esta pregunta se observan respuestas divergentes, unas en sentido totalmente positivo y otras con mediana tendencia a una percepción negativa, con predominio de las primeras en seis participantes. Algunas respuestas son: “Si satisfizo las

Tabla 1: Cuantificación del Uso de los Servicios del ICA.

SERVICIO DEL ICA	CANTIDAD	PROMEDIO
Foros de discusión	16	1,33
Intervenciones o mensajes en foros	211	17,58
Documentos	80	6,66
Vínculos a direcciones electrónicas	28	2,33
Visitas al curso	888	74
N = 12		

Fuente: Servicio Administración de la clase del ICA.



Tabla 2: Frecuencia de respuesta en la percepción del participante.

PREGUNTA	POSITIVA	NEGATIVA
1 ¿Satisfizo tus expectativas de aprendizaje de los contenidos programáticos?	6 (66,7 %)	3 (33,3 %)
2. Las actividades ofrecieron la oportunidad de encontrar, compartir y discutir materiales documentales de apoyo para la realización del trabajo de investigación	9 (100 %)	--
3. Desarrollo de habilidades y destrezas para la investigación	4 (44,4 %)	5 (55,6 %)
4 El aprendizaje combinado facilitó la participación activa en las sesiones presenciales	6 (66,7 %)	3 (33,3 %)
5 En tu opinión, ¿cuál es o cuáles son las fortalezas de esta modalidad de implantación curricular?	7 (77,8 %)	2 (22,2 %)
6 En tu opinión, ¿cuál es o cuáles son las debilidades de esta modalidad de implantación curricular?,	3 (33,3 %)	6 (66,7 %)

Fuente: Cuestionario aplicado por Arreaza, Páez y Vizcaya.

necesidades puesto que se intercambiaba y generaba conocimiento e información pertinentes de acuerdo al tópico en discusión”. “No del todo, ya que en ocasiones era un buen recurso la plataforma, pero en momentos hacía falta una mayor interacción personal, tanto con los compañeros como con la profesora”, Nótese que los argumentos esgrimidos reflejan un reclamo por el contacto cara a cara, tal vez derivado del estilo de aprendizaje del participante o de sus restricciones temporales para cumplir con las actividades asíncronas programadas.

En cuanto a si las actividades realizadas ofrecieron la oportunidad de encontrar, compartir y discutir materiales documentales de apoyo para la realización del trabajo de investigación, hay una percepción positiva sobre este aspecto, según se observa en respuestas como la siguiente: “Sí, pues se intercambió información a través de envío de links y documentos en línea”. Relativo al desarrollo de habilidades y destrezas para la investigación, nuevamente, hay opiniones discrepantes. Para cuatro participantes, las actividades cumplidas, tanto presenciales como asíncronas, permitieron desarrollar estas habilidades y destrezas, esenciales para el proceso de investigación que estaban llevando a cabo. Los cinco restantes se inclinan por las sesiones presenciales, argumentando razones como la siguiente: “Las sesiones presenciales me permitieron tomar las anotaciones pertinentes y seguir las recomendaciones, tanto del docente como de los compañeros en el momento de la clase, de las sesiones en líneas casi nadie las toma en cuenta, y siento que se opina por opinar, por cumplir con un requisito”. Nótese la percepción de este participante,

situación que de ser cierta desdiría de la responsabilidad por su propio aprendizaje que debe tener el estudiante en la educación en línea. Valores en esta modalidad educativa es, entonces, una tarea pendiente.

Interrogados acerca de si el aprendizaje combinado facilitó la participación activa en las sesiones presenciales, veamos esta respuesta: “Sí, puesto que el nivel de información que manejaba era significativa”. En general, hay un alto grado de acuerdo sobre la contribución de la actividad asíncrona para la participación activa en las tareas y discusiones presenciales, seis de los nueve participantes mostraron una percepción positiva sobre este particular. A la pregunta, En tu opinión, ¿cuál es o cuáles son las fortalezas de esta modalidad de implantación curricular?, se obtuvo respuestas como éstas: “Intercambio de información y opiniones acerca del problema de investigación en particular”, “Dinamismo, Participación, Claridad, Libertad”. Como se puede observar, los participantes perciben fortalezas en cuanto al desarrollo de la autonomía para aprender y el carácter formativo de dicho proceso, derivado de las intervenciones de los compañeros y de la progresividad en el cumplimiento de las tareas inherentes al curso, todo ello en un ambiente de aprendizaje ilimitado y dinámico.

Respecto a la pregunta: En tu opinión, ¿cuál es o cuáles son las debilidades de esta modalidad de implantación curricular?, hay coincidencia en seis de los nueve participantes en que factores de índole personal, como el tiempo disponible para manejar el volumen de información y el interés para cumplir con las tareas,



son aspectos clave para sacar el mayor provecho de las herramientas asíncronas. Una respuesta fue la siguiente: “Es necesario que el participante se motive a intervenir en la modalidad en línea para aprovechar la herramienta al máximo”.

Discusión de Resultados

En cuanto a su percepción del aprendizaje combinado, los participantes expresaron que la modalidad de implantación curricular permitió aprender y aprehender los contenidos programáticos y con ello, el logro de los objetivos previstos para el curso, corroborando que “el aprendizaje combinado puede ayudar y realizar aportes importantes al avance del conocimiento pedagógico y didáctico, así como, a la mejora e innovación de las prácticas de enseñanza en todos los niveles educativos” (Contreras, Alpiste, Eguía, 2006). Sin embargo, se observa una tendencia a rescatar la presencialidad, tal vez, porque “Personalmente, prefiero otra imagen: la de maestros y estudiantes juntos cara a cara, quizás hablando de un libro, de una obra de arte, incluso de unos garabatos trazados en la pizarra...” (Roszak, 2005, p. 98) Por otra parte, esa necesidad de contacto es, también, enfatizada por el carácter de la asignatura, la cual se centra en una actividad de estudio independiente de cada participante, para lograr construir los instrumentos de su propuesta personal de investigación, tarea en la que se hace necesario, como lo expresa una participante, “centrarse en los intereses de cada cual” y en la que se considera prioritaria la presencia del tutor facilitador. Este resultado ratifica lo encontrado por Páez (2006), en su estudio en cuanto a la preferencia de los tutorados por el contacto interpersonal cuando el objetivo de la tarea es realizar investigaciones. Sin embargo, el aprendizaje combinado es una estrategia apropiada para realizar investigaciones, según reporta SEN-NET (2006) en un proyecto relacionado con la gerontología, cuando expresan que la innovación radica en que complementa el contacto humano necesario en el proceso docente con las herramientas de e-learning.

La percepción positiva de los informantes se relaciona con la concreción de un trabajo colaborativo, en tanto las respuestas dadas señalan que la posibilidad de compartir referencias, documentos y materiales electrónicos, valiosos para sustentar las distintas propuestas de investigación y discutir los contenidos programáticos, constituye un bastión para el logro de los objetivos del curso. En este compartir, se puede inferir que se logró crear “un espacio colectivo donde el profesor cuida de la socialización, entendida ésta como participación-intervención, bidireccionalidad-hibridación y permutabilidad-potencialidad” (Silva, 2005, p. 211), es decir, la interactividad que debe estar presente en los ambientes de aprendizaje actuales, dada la vigencia de la sociedad de la información. En

estos ambientes, según este autor, se crean “hábitos de convivencia en la diversidad, y el aprendizaje se vuelve una experiencia relacional participativa que tiene sentido para el alumno, dado que contempla su subjetividad, su hágalo-usted-mismo. ...en la construcción del conocimiento...” (p. 214). Igualmente, Fainholc (2005) refuerza esta apreciación al señalar que, la participación en red proyecta actividades, discusiones, a través del aprendizaje colaborativo, cooperativo, creativo y aplicativo, característico de las nuevas tecnologías, las cuales favorecen el desarrollo de la zona de desarrollo próximo. Nada más ajustado al espíritu del curso Seminario de Investigación y Trabajo de Grado, que busca desarrollar en el participante la competencia para que pueda navegar por sí solo, o con muy poca ayuda, en el mar de la complejidad que caracteriza su ámbito de estudio: el hecho educativo en sus implicaciones curriculares a cualquier nivel del sistema educativo venezolano.

En lo relativo al desarrollo de habilidades y destrezas para la investigación, logradas como producto del cumplimiento de las actividades programadas para el curso, aunque se otorgan respuestas positivas, de nuevo, se observa en algunas voces el reclamo por el contacto personal, por la sincronía en la comunicación, lo cual pudiera explicarse con la significación de las diferencias individuales en el aprendizaje o la presencia de los patrones mentales de los participantes anclados en la presencialidad, por cuanto es esta la modalidad a la que han sido acostumbrados. Debe señalarse que el uso de alguna plataforma o sistema de gestión de aprendizaje, no es una práctica cotidiana en la didáctica que se aplica en la educación de postgrado de la FACE, a pesar que se han hecho intentos de alfabetizar tecnológicamente al personal docente adscrito a los diversos Programas de Postgrado, (Páez, Arreaza, Vizcaya, 2007).

Relacionado con la participación activa en las sesiones presenciales, como producto de la discusión previa de los contenidos programáticos de modo asíncrono, en las respuestas emitidas se observa coincidencia hacia una valoración positiva aunque con diferentes grados de intensidad, asimismo, se atribuye el nivel de participación a factores de índole personal y no de los recursos informáticos puestos a disposición y de su manejo. Esto hace volver la mirada hacia la conveniencia del estudio de estos factores. Igualmente, cuando se pregunta sobre las debilidades de esta modalidad de implantación curricular, se hace alusión a la incidencia de ellos al destacar la motivación que debe imperar en el participante y el tiempo disponible para interactuar. Como se observa en las respuestas, ninguno de estos aspectos es de carácter tecnológico sino humano, de allí que sería importante considerar lo señalado por Barroso y Llorente (2007), en el sentido de considerar el sistema



educativo como interactivo con las necesidades del usuario.

Respecto a las fortalezas atribuidas a esta modalidad de aprendizaje combinado, las respuestas de los participantes pudieran resumirse en que ésta ofrece la posibilidad de un mayor intercambio de información y opiniones acerca del problema de investigación en particular (objetivo terminal del curso) y cuatro características resaltadas por un participante: dinamismo, claridad, libertad, participación. Estas cuatro palabras denotan el entorno de aprendizaje reinante en el curso, evidenciando las posibilidades que tenía cada miembro de la clase para presentar su temática, interés de investigación, discutirla con los compañeros, recibir y aportar críticas constructivas, fundamentadas, compartir y enviar información, entre otras actividades. Estas acciones son de vital importancia cuando se realiza un proceso de investigación, de allí la idea de incorporar las TIC en la implantación del curso pues, como bien lo ha expresado Maiz (2009), estas tecnologías ofrecen múltiples posibilidades para que el aprendiz pueda construir su propio itinerario formativo.

Conclusiones

La experiencia en el curso Seminario de Investigación y Trabajo de Grado I, se corresponde con el modelo de educación semipresencial, destacado por Martínez (2005), como aquél donde se recibe información acerca de materiales, documentos, investigadores cualificados, utilizando un sistema de gestión de aprendizaje o sistema de teleenseñanza complementado por sesiones presenciales, en las cuales se rediscutían los contenidos programáticos que presentaran algún grado de dificultad para su comprensión y aplicación en la realidad individual de cada participante en su interés por concretar una temática de investigación y con ello, iniciar un proceso de investigación que culminará en el lapso de un año adicional. Este modelo de organización didáctica se corresponde con lo que se denomina aprendizaje combinado y el mismo fue utilizado como una estrategia para desarrollar habilidades, combinando aprendizajes al ritmo propio de cada participante, basado en el análisis de documentos y de información provista en direcciones electrónicas, con apoyo del facilitador, mediante interacciones a través de foros de discusión asincrónica y en sesiones presenciales, todo con el objeto de desarrollar habilidades y obtener conocimientos específicos para la investigación.

Este propósito se logró a cabalidad por cuanto el análisis cuantitativo y cualitativo correspondiente indican que los participantes hicieron un uso adecuado de los servicios que ofrece el Asistente de Clases de Internet, ICA, del sistema de teleenseñanza nicenet.org, lo que llevó a una percepción positiva de los informantes sobre la implantación de la modalidad aprendizaje mezclado

o aprendizaje combinado, en tanto coinciden en señalar que la misma satisfizo sus expectativas de aprendizaje de los contenidos programáticos, ofreció la oportunidad de encontrar, compartir y discutir materiales documentales de apoyo para la realización del proyecto de investigación individual (objetivo terminal del curso), contribuyó a desarrollar habilidades y destrezas para la investigación y, de alguna manera, coadyuvó en la superación de las dificultades para participar activamente en las sesiones presenciales, por cuanto los informantes reconocen sus debilidades personales sobre este particular. Por lo anterior, se atribuyen fortalezas al aprendizaje mezclado como modalidad de implantación curricular, no obstante, reivindican el valor del contacto cara a cara cuando se trata de actividades para la investigación. Esta preferencia por la presencialidad refuerza la importancia del diseño instruccional cuando se trata de hacer un uso educativo de los medios tecnológicos. Por otra parte, los resultados dejan algunos aspectos interesantes de rescatar, como son la disponibilidad de tiempo dedicado a los estudios y la necesidad de contar con la actitud favorable del participante para aplicar el aprendizaje combinado, pues, como bien lo destacan algunos informantes, de nada sirve la tecnología si no hay motivación intrínseca. También, es necesario socializar su uso como estrategia de facilitación aprendizaje en la educación de postgrado en educación carabobeña, para lo cual se requiere alfabetizar tecnológicamente tanto a docentes como a participantes.

Referencias

- Barroso O., J. y Llorente C., M. La alfabetización tecnológica. En Cabero A., J. (Coord.) (2007) Tecnología Educativa. Madrid: McGraw-Hill/ Interamericana de España, S.A.U.
- Contreras E., R. S., Alpiste, P. F. y Eguia G., J. L. (2006). Tendencias en la educación: Aprendizaje combinado. *Theoria, Ciencia, Arte y Humanidades*. Vol. 15, No. 001, pp. 111-117. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=29915111>. Consulta: 2-10-2010.
- Collison, G., Elbaum, B., Haavind, S. y Tinker, R. (2000). Ramiro Arango (Tr) Alvaro Galvis (Revisor) Aprendizaje en Ambientes Virtuales: Estrategias Efectivas para Moderadores de Discusiones. Winsconsin: Atwood Publishing.
- Fainholc, B. (2005). Innovación utilizando las TICs para el aprendizaje combinado. *educar*. Disponible en <http://portal.educ.ar/debates/educacionytic/nuevos-alfabetismos/innovacion-utilizando-las-tics-para-el-aprendizaje-combinado.php> Consulta: 2-10-2010.
- Hernández S., R., Fernández C., C. y Baptista L., P. (1991). Metodología de la investigación. México:



- McGraw-Hill Interamericana de México S.A. de C.V.
- Maiz O., I. (2009). Implicaciones educativas de herramientas tecnológicas de la web 2.0. El Uso de la Web en la Sociedad del Conocimiento. Investigación e Implicaciones Educativas. Caracas: Universidad Metropolitana.
- Martínez, F. (2005). Perfiles y exigencias del nuevo profesor. Disponible en: <http://www.ciedhumano.org/files/CongresoEDUTEC05/CONGRESOEDUTEC05IPUBL.html>. Consulta: 2006, Febrero 28.
- Martínez, M. (1989) Comportamiento Humano. Nuevos Métodos de Investigación. México: Trillas.
- Páez, H. (2006). ¿Dirigir investigaciones en línea? Investigación y Postgrado. Vol 21 No. 1, Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Caracas. Pp. 99-124
- Páez, H., Arreaza, E. y Vizcaya, W. (2007). Alfabetización en Informática para Docentes de Educación de Postgrado. Un Estudio de Caso Venezolano. Revista Iberoamericana de Sistemas, Cibernética e Informática (Electrónica), Vol. 4, No. 2, Disponible en <http://www.iiisci.org/journal/risci/Contents.asp?var=&Previous=ISS0804> Consulta: 3-10-2010.
- Roszak, T. (2005). El culto a la información. Un tratado sobre alta tecnología, inteligencia artificial y el verdadero arte de pensar. Barcelona: GEDISA, S.A
- SEN-NET (2006). Seniors in Network. Disponible en http://sennet.felk.cvut.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=2&Itemid=2&lang=es. Consulta: 2-10-2010.
- Silva, M. (2005). Educación Interactiva. Barcelona: GEDISA, S.A.



Experiencia Previa y Expectativas de Aprendizaje Empleando el Entorno Virtual Moodle como Apoyo a La Docencia

María Triolo^{1,2}, Rowland Saer^{1,2}, Yasmín Tang^{1,2,3}

Salvador Buccella⁴, Arli Guerrero^{1,2}

¹Departamento de Estudios Clínicos.

Escuela de Bioanálisis, Sede Carabobo. Universidad de Carabobo, Venezuela.

²Centro de Tecnología en Información, Comunicación y Educación Asistida (CETICEA)

Universidad de Carabobo, Venezuela.

³Centro de Análisis Especiales “Dr. Jacobo Domínguez Rochil”.

Universidad de Carabobo, Venezuela.

⁴Facultad de Ciencias de la Salud. Escuela de Medicina,

Departamento de Salud Mental, Universidad de Carabobo, Venezuela.

mtriolo@uc.edu.ve

Resumen

El presente estudio tuvo como finalidad determinar la experiencia previa y evaluar las expectativas de los estudiantes, matriculados en la asignatura Prácticas Profesionales de Parasitología (PPP), hacia la utilización de la plataforma virtual de aprendizaje (Moodle), como una herramienta de apoyo efectiva a la docencia de esta asignatura. En este estudio, de tipo descriptivo no experimental y de corte transversal, participaron 106 estudiantes, cursantes de la asignatura PPP del 5to Año de la carrera de Bioanálisis, Universidad de Carabobo, a los cuales se les aplicó una encuesta al inicio de las actividades académicas, dirigida a evaluar las siguientes dimensiones: 1) experiencia previa en el uso de las TICs, 2) expectativas de los estudiantes sobre el entorno web y los materiales de la asignatura PPP, en relación con actuaciones que facilitan el proceso de aprendizaje, 3) dificultad de incorporar la plataforma virtual Moodle a la asignatura PPP. Los resultados obtenidos señalan que el 75.4% considera poseer un nivel de conocimiento, entre adecuado y suficiente, sobre el uso y manejo de la plataforma virtual Moodle antes de acceder al curso. Los participantes señalan que el requisito más importante, para un óptimo aprovechamiento del curso que utilice la plataforma Moodle, es la preparación del Facilitador (52.8%). La mayoría (87.8%) utilizaría la plataforma virtual de la asignatura para descargar material de apoyo. Se concluye la alta receptividad y accesibilidad que evidencian los participantes a la incorporación y uso del entorno virtual, debiéndose hacer más énfasis en las bondades del trabajo colaborativo.

Palabras clave: Moodle, entornos virtuales de aprendizaje, Parasitología.

Previous Experience and Expectations of Learning Using Virtual Platform Moodle as Support for Teaching.

Abstract

The present study was made in order to determine previous experience and evaluate the expectations of students enrolled in the subject of Prácticas Profesionales de Parasitología (PPP) to the use of virtual learning platform (Moodle) as a tool for supporting the effective teaching of this subject. In this non-experimental and descriptive cross-sectional study, involving 106 students studying the subject PPP at the 5th Year Career of Bioanálisis, Universidad de Carabobo, to which they were surveyed at the beginning of the academic activities aimed at assess the following dimensions: 1) previous experience in using ICT, 2) expectations of students on the web environment and course materials PPP regarding developments that facilitate the learning process, 3) the difficulty of incorporating the Moodle virtual platform PPP subject. The results showed that 75.4% considered having a level of knowledge of appropriate and sufficient information on the use and management of the Moodle virtual platform before entering the course. Participants emphasized that the most important requirement for optimal utilization of the course using the Moodle platform is the preparation of the lecturer (52.8%). The majority (87.8%) used the virtual platform of the subject to download support materials. In conclusion, high responsiveness and accessibility to the incorporation and use of the virtual environment have been shown by participants, and it must be necessary to put more emphasis on the benefits of collaborative work.

Key words: Moodle, virtual learning environments, Parasitology.

Introducción

A lo largo de la historia, los ambientes educativos han sido objeto de diversas transformaciones a medida que las estrategias y la tecnología han cambiado. El uso de nuevas tecnologías ha marcado un cambio en la forma en que actualmente, profesores e instituciones están abordando el proceso de enseñanza-aprendizaje, (Inglis, 1999) (Sobrado, 2002).

La incorporación de las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones (TICs), en los escenarios educativos, está mejorando sustancialmente los procesos de enseñanza – aprendizaje, ya que éstas posibilitan la realización de las actividades formativas sin necesidad de tener al profesor y al alumno en el mismo espacio físico, ofreciendo la flexibilidad horaria y de ubicación geográfica. De igual manera, la incorporación



de la virtualidad al ámbito educativo supone una extensión natural de lo que viene siendo la creciente virtualización de la sociedad actual. En este sentido, las TICs permiten incorporar nuevas dimensiones y vías de interacción profesor/alumno hasta ahora inviables, (Martínez, 2005).

Un entorno virtual de aprendizaje, es un espacio apoyado en el uso de las herramientas de información y comunicación, en el cual confluyen diversos elementos con un propósito fundamental: la formación del estudiante, que implica el desarrollo de las diferentes dimensiones del ser, entre ellas, específicamente, la que refiere a la construcción del conocimiento, (De la Cruz, 2005). Sin embargo, muchos investigadores han destacado el papel que juegan diversos factores en la calidad del e-learning: las condiciones técnicas del entorno virtual, las características personales de los estudiantes y de los profesores, sus habilidades para el uso de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, las metodologías de enseñanza-aprendizaje y, por supuesto, la calidad de los diseños pedagógicos utilizados, (Salmon, 2000, p.38).

Para medir la disposición del estudiante hacia el uso sistemático del entorno virtual, sea cual sea el objetivo en el uso de los mismos, se hace necesario identificar los conocimientos previos, las circunstancias y las características personales y actitudinales de los participantes, con el fin de conocer sus necesidades de formación y adaptar a ellas, en la medida de lo posible, la metodología, temporalización y experiencias de aprendizaje que contribuyan a garantizar la consecución de los objetivos pretendidos, (Pérez, 1989).

En este marco de la enseñanza virtual, además de los conocimientos previos y de las características personales y de aprendizaje, conviene tener en cuenta, entre otros factores, la habilidad inicial de los participantes para utilizar el ordenador y las tecnologías de la información y la comunicación, así como sus posibilidades de acceso a estos recursos. Por ello, un sondeo inicial es esencial para garantizar un mínimo de requisitos y de calidad organizativa y metodológica, en los procesos formativos que se desarrollan en la virtualidad, (Howell, 1998).

El Entorno Virtual de Aprendizaje de la Universidad de Carabobo, es el portal de acceso a los distintos ambientes web, de apoyo a los procesos educativos de las Facultades y Fundaciones de esta casa de estudios. Estos entornos virtuales de aprendizaje, están basados en Moodle (Modular Object Oriented Dynamic Learning Environment), cuya accesibilidad lo hacen de fácil manejo y comprensión. Además, es utilizado por un gran número de universidades en Latinoamérica y en todo el mundo y posibilita, grandemente, cumplir con las aspiraciones que se tienen en el sistema educativo venezolano.

Dado que la Asignatura PPP dispone de esta valiosa herramienta, como apoyo al proceso docente,

se consideró, a través del presente trabajo, determinar la experiencia previa así como, evaluar las expectativas de los estudiantes hacia la utilización de la plataforma virtual de aprendizaje (Moodle), en el marco del proceso enseñanza-aprendizaje de la asignatura. Los datos obtenidos servirán como base a futuras investigaciones que aspiren integrar y favorecer el uso de este medio en el ambiente académico, de las diferentes asignaturas que conforman el pensum de la carrera de Bioanálisis.

Metodología

Se realizó un estudio de tipo descriptivo no experimental y de corte transversal, con el fin de determinar la experiencia previa y expectativas de formación de un grupo de estudiantes con respecto a la asignatura PPP. Para ello, se le aplicó una encuesta estructurada de 19 preguntas, que abarcan las dimensiones referidas a: 1) experiencia en el empleo previo de las TICs, 2) expectativas de los estudiantes sobre el entorno web y los materiales de la asignatura PPP, en relación con actuaciones que facilitan el proceso de aprendizaje, 3) dificultad de incorporar la plataforma virtual Moodle a la asignatura PPP. La población estuvo conformada por 110 estudiantes, inscritos en el 5to año de la carrera de Bioanálisis. A todos se les aplicó la encuesta, recibiendo respuesta de 106 alumnos. Los resultados fueron analizados a través de técnicas descriptivas mediante tablas, incluyendo una síntesis de ellas mediante descripciones numéricas con la utilización del programa Excel.

Resultados

Del total de participantes encuestados (n=106), 93 corresponden al género femenino (87.7%) y 13 pertenecen al género masculino (12.3%). De ellos, el promedio de edad en los estudiantes del género femenino corresponde a 23.39 años, mientras que en los del género masculino corresponde a 21.57 años. (Tabla N° 1)

Tabla 1: Distribución de los estudiantes por género y promedio de edad.

Género	n/U	(%)	X Edad (años)
Femenino	93 /106	87.7	23.39
Masculino	13/106	12.3	21.57

n: Frecuencia %: Porcentaje X: Promedio

Fuente: Encuestas aplicadas a los participantes.

La Tabla N° 2 muestra la accesibilidad y lugar de acceso a internet por parte del participante. De los 103 que manifiestan tener acceso a internet (97.2%), la mayoría accede a través de un computador personal desde su hogar (74.5%), así como también, desde centro de conexiones



públicos fuera de la facultad (67.9%) y durante las horas de docencia, impartidas en el laboratorio de prácticas de la Asignatura (64.1%). Apenas, 5 participantes (4.9%) acceden a internet a través del cyber de la facultad de la Universidad.

En lo relativo a expectativas de aprendizaje en la asignatura Prácticas Profesionales de Parasitología (PPP), se verifica que las mayores expectativas giran en torno a tres aspectos fundamentales, señalados en orden de importancia: capacidad para poder identificar formas parasitarias (85/106, 80.2%), adquisición de nuevos conocimientos y habilidades prácticas a través de un adecuado y novedoso proceso enseñanza-aprendizaje (60/106, 56.6%), y que el sistema permita establecer una mayor interacción facilitador-participante (34/106, 32.1%), (Tabla N° 3).

En la Tabla N° 4, se muestra que 87.8% (n=93) de los participantes encuestados usaría la plataforma virtual de la asignatura, con la finalidad de descargar material de apoyo, 73.6% (n=78), para revisar cronograma de actividades y 67.9% (n=72), lo emplearía, además, para descargar las actualizaciones del material de apoyo.

Menos importancia se le asignó a las tutorías online, uso de foros y subir tareas.

En la Tabla N° 5 se puede apreciar que, en cuanto a la dificultad de incorporar la plataforma virtual Moodle a la Asignatura PPP, la mayor preocupación que manifiestan 47 de 106 participantes (44.3%), se enfoca en la falta de preparación previa para acceder y manejar la plataforma y su contenido (36.8%), mientras que la poca credibilidad en las bondades del entorno, apenas preocupa al 6.6% de los cursantes y la totalidad (100%) considera que la Asignatura PPP requiere de esta herramienta para el enriquecimiento del proceso enseñanza- aprendizaje.

En la Tabla N° 6, en cuanto a los requisitos necesarios para el buen desenvolvimiento de un curso que utilice la plataforma virtual Moodle, los participantes consideran que lo más importante es la preparación del Facilitador (52.8%), mientras que el 63.2% considera que la preparación del participante no es lo más importante. Se desestima, igualmente, el trabajo colaborativo, ya que el 95.3% considera que no es necesario el trabajo en equipo para el buen desarrollo de cualquier curso que utilice la plataforma Moodle.

Tabla 2: Lugar desde donde el participante accede a Internet.

ITEM		n	%	% válido	% acumulado
A. Desde la Casa	Si	79	76.7	76.7	76.7
	No	24	23.3	23.3	100,0
	Total	103	100,0	100,0	
B. Desde la Biblioteca de la Facultad	Si	13	12,6	12.6	12.6
	No	90	87.4	87.4	100,0
	Total	103	100,0	100,0	
C. Desde Cyber de la Facultad	Si	5	4,9	4.9	4.9
	No	98	95.1	95.1	100,0
	Total	103	100,0	100,0	
D. Desde Cybers fuera de la Facultad	Si	72	69.9	69.9	69.9
	No	31	30.1	30.1	100,0
	Total	103	100,0	100,0	
E. En casa de un amigo o familiar	Si	20	19.4	19.4	19.4
	No	83	80.6	80.6	100,0
	Total	103	100,0	100,0	
F. Desde laboratorio de la Asignatura	Si	66	64.1	64.1	64.1
	No	37	35.9	35.9	100,0
	Total	103	100,0	100,0	
G. No tiene acceso a internet	Si	103	97,2	97,2	97.2
	No	3	2,8	2,8	100,0
	Total	106	100,0	100,0	

n: Frecuencia %: Porcentaje

Fuente: Encuestas aplicadas a los participantes.



Tabla 3: Expectativas de aprendizaje en la asignatura PPP.

ITEM	n	%	% válido
Acceso a la Tecnología	18/106	17,0	17,0
Capacidad de identificación de formas parasitarias	85/106	80,2	80,2
Adquisición de nuevos conocimientos y habilidades prácticas	60/106	56,6	56,6
Acceso a la información	20/106	18,9	18,9
Preparar evaluaciones	3/106	2,8	2,8
Mayor interacción Facilitador-Participante	34/106	32,1	32,1
Actualización de conocimientos	8/106	7,5	7,5
Información oportuna	5/106	4,7	4,7

n: Frecuencia %: Porcentaje

Fuente: Encuestas aplicadas a los participantes.

Tabla 4: Finalidad Del Uso de la Plataforma Virtual de la Asignatura.

ITEM		n	%	% válido	% acumulado
A. Descargar material de apoyo	Si	93	87,7	87,7	87,7
	No	13	12,3	12,3	100,0
	Total	106	100,0	100,0	
B. Descargar actualizaciones del material de apoyo	Si	72	67,9	67,9	67,9
	No	34	32,1	32,1	100,0
	Total	106	100,0	100,0	
C. Tutorías online	Si	23	21,7	21,7	21,7
	No	83	78,3	78,3	100,0
	Total	106	100,0	100,0	

n: Frecuencia %: Porcentaje

Fuente: Encuestas aplicadas a los participantes.

Discusión

Los resultados de la encuesta de tipo exploratoria, aplicada a los estudiantes de la asignatura Prácticas Profesionales de Parasitología (PPP), previo al inicio de actividades académicas, revela la experiencia previa y expectativas que éstos poseen en cuanto al uso de la plataforma virtual Moodle, como herramienta de apoyo al proceso enseñanza-aprendizaje. Los resultados concuerdan con estudios previos que señalan que los estudiantes de hoy en día, a diferencia de generaciones precedentes, pertenecen a una generación que ha sido

enseñada, culturalmente, en contacto permanente con variadas tecnologías audiovisuales e informáticas, (documento en línea). Esto se demuestra al determinar que de los 106 alumnos encuestados, 103 (97.2%) manifiestan tener acceso a Internet por diversas vías, por lo que la accesibilidad al entorno Moodle de la asignatura está garantizada.

En cuanto a las expectativas de aprendizaje en la asignatura PPP a través del entorno Moodle, se verifica que las mayores expectativas giran en torno a tres aspectos fundamentales señalados en orden de



Tabla 5: Dificultades en la Incorporación de Moodle en la Asignatura PPP.

ITEM		n	%	% válido	% Acumulado
A. Falta de Preparación	Si	39	36.8	36.8	36.8
	No	67	63.2	63.2	100,0
	Total	106	100,0	100,0	
B. Escasa disponibilidad de recursos	Si	18	17.0	17.0	17.0
	No	88	83.0	83.0	100,0
	Total	106	100,0	100,0	
C. Resistencia al cambio	Si	14	13.2	13.2	13.2
	No	92	86.8	86.8	100,0
	Total	106	100,0	100,0	
D. Poca credibilidad en las bondades del entorno	Si	7	6.6	6.6	6.6
	No	99	93.4	93.4	100,0
	Total	106	100,0	100,0	
E. La Asignatura no requiere esta herramienta	Si	0	0	0	100,0
	No	106	100.0	100.0	100,0
	Total	106	100,0	100,0	
F. No presenta dificultad	Si	59	55,7	55,7	55.7
	No	47	44,3	44,3	100,0
	Total	106	100,0	100,0	

n: Frecuencia %: Porcentaje

Fuente: Encuestas aplicadas a los participantes.

importancia: capacidad para poder identificar formas parasitarias, adquisición de nuevos conocimientos y habilidades prácticas a través de un adecuado y novedoso proceso enseñanza-aprendizaje, y que el sistema permita una mayor interacción facilitador-participante. Lo anterior demuestra una actitud muy favorable por parte del alumno hacia la implementación de un sistema de enseñanza basado en el empleo de la computadora y el entorno virtual que le permita mejorar aptitudes y capacidades teórico-prácticas para una mejor competencia profesional.

En cuanto al grado de aceptación que manifiestan los participantes de incorporar la plataforma virtual Moodle a la Asignatura PPP, la totalidad de los encuestados esta de acuerdo en que la asignatura requiere de esta herramienta para el enriquecimiento del proceso enseñanza- aprendizaje. La poca credibilidad en las bondades del entorno, apenas preocupa a una minoría de los cursantes. A la luz de estos resultados, se aprecia la alta receptividad que muestran los alumnos a la incorporación y uso del entorno en el desarrollo de las actividades teórico-prácticas de la asignatura.

En lo que se refiere al uso que los participantes le darían a la plataforma virtual de la asignatura, la gran

mayoría piensa que la plataforma sirve, básicamente, para acceder a la información. Se concluye, entonces, que el tipo de herramienta más valorada por el alumno, antes de emplear la plataforma es la de contenido, tal y como lo señalan estudios similares, en los cuales se destaca que la mayoría de las páginas web que consultan los estudiantes sirven, únicamente, para acceder a información, (De la Cruz, 2005). Se observa, entonces, cómo se le resta valor a herramientas de comunicación, tales como chats, foros, encuestas, wikis, etc.

Lo anterior se halla en correspondencia con los resultados obtenidos, al evaluar el ítem referido a los requisitos que el alumno cree necesarios cumplir, para el buen desenvolvimiento de un curso que utilice la plataforma virtual Moodle. Consideran que, la preparación del participante no es lo más importante, desestimándose, igualmente, el trabajo colaborativo, ya que la mayoría señala que no es necesario el trabajo en equipo para el buen desarrollo de cualquier curso que utilice la plataforma Moodle. Estos resultados llevan a plantear la necesidad de hacer énfasis en la preparación previa del participante, así como también, en el trabajo colaborativo a través de los recursos disponibles ya mencionados, a fin de hacer más efectivo el uso del

**Tabla 6:** Criterios necesarios para el buen desarrollo de un curso usando la plataforma virtual Moodle.

ITEM		n	%	% válido	% acumulado
Preparación del Facilitador	Si	56	52,8	52,8	52,8
	No	50	47,2	47,2	100,0
	Total	106	100,0	100,0	
Preparación del participante	Si	39	36,8	36,8	36,8
	No	67	63,2	63,2	100,0
	Total	106	100,0	100,0	
Disponibilidad de recursos	Si	44	41,5	41,5	41,5
	No	62	58,5	58,5	100,0
	Total	106	100,0	100,0	
Diseño del material educativo	Si	54	50,9	50,9	50,9
	No	52	49,1	49,1	100,0
	Total	106	100,0	100,0	
Trabajo en equipo	Si	5	4,7	4,7	4,7
	No	101	95,3	95,3	100,0
	Total	106	100,0	100,0	

n: Frecuencia %: Porcentaje

Fuente: Encuestas aplicadas a los participantes.

entorno virtual de aprendizaje para el alcance de los objetivos planteados al finalizar el curso.

Aunque cada vez son más numerosos los estudios sobre las actitudes de los estudiantes ante la enseñanza online, hay que destacar la necesidad de que se realicen más investigaciones en las que se tenga en cuenta dos aspectos fundamentales: los elementos afectivos, que pueden influir en los resultados de la utilización de herramientas informáticas (el aislamiento, la necesidad de instrucciones claras, continuas y específicas, la frustración ante los problemas tecnológicos y de accesibilidad) y las características específicas de cada estudiante (circunstancias personales y del ambiente que los rodea, y estilos de aprendizaje).

Referencias

- Barberá, E (2004). Pautas para el análisis de la intervención en entornos de aprendizaje virtual: dimensiones relevantes e instrumentos de evaluación. Internet Interdisciplinary Institute Documento de proyecto en línea. Extraído el 20 de Mayo de 2010 desde <http://www.uoc.edu/in3/dt/esp/barbera0704.htm>
- De la Cruz, O (2005) Experiencias de trabajo colaborativo con Moodle en Economía. Universidad Europea de Madrid. Extraído el 15 de Mayo de 2010 desde <http://www.uem.es/myfiles/pageposts/jiu/jiu2007/>

archivos/INNOVACION%20TIC/Gava,%20Luana.pdf

Documento en línea. Extraído el 30 de Abril de 2010 desde <http://cibermundos.bligoo.com/content/view/145943/Adolescentes-y-Tecnologia-Un-Nuevo-Problema-Educativo.html>

Howell, B y Jayaratna, N. (1998). The need for Methodological Approach to the Design of Distance Learning activities. Actas de la 4th EATA International Conference of Networking Entities: NETIES98: Networking for the Millennium, Leeds (UK) extraído el 20 de Febrero de 2010 desde <http://www.lmu.ac.uk/ies/conferences/HOWELL.html>.

Inglis, A., Ling, P. y Joosten, V. (1999). Delivering digitally Managing the transition to the knowledge media. London: Kogan Page. .

Martínez González, R., Sampedro Nuño, A., Pérez Herrero, M., Miláns del Bosch Ramos, M., Granda González, E., et al. (2005) Calidad de los procesos de formación en entornos virtuales de aprendizaje. Necesidad de Evaluación Inicial. Revista de Educación a Distancia RED, vol. IV Universidad de Murcia, España. Extraído el 02 de Febrero de 2010 desde <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/IndArtRev.jsp?iCveNumRev=4132&iCveEntRev=547>.



- Pérez, R. y García, J. (1989) Diagnóstico, Evaluación y toma de decisiones. Madrid. Editores: Rialp, D.L.
- Salmón, G. (2000). E-moderating: The key to teaching and learning online London: Editorial Kogan Page.
- Sobrado, L (2002). Diagnóstico en Educación: Teorías, Modelos y Procesos. Madrid. Editorial Biblioteca Nueva.



La metodología de Geo-Ciudades aplicada al Manejo y Gestión Integral de Cuencas bajo un enfoque participativo

Antonio Romero F.¹, Esmeya Díaz²

¹Fundación La Salle de Ciencias Naturales. aromerofoe@yahoo.com.mx

²Universidad de Carabobo. ecdiaz@uc.edu.ve

Resumen

Las deficiencias en el suministro de agua potable, constituyen uno de los principales problemas en Venezuela y el mundo. Sin embargo, el suministro depende de las zonas de captación denominadas Cuencas Hidrográficas, en donde el agua en cantidad y calidad, está relacionada con las interrelaciones entre el ser humano y los factores ambientales. Por tanto, la identificación de los impactos que ocurren allí, es necesaria para establecer planes de gestión y garantizar un desarrollo sustentable, considerando los factores ambientales, sociales, económicos, científicos tecnológicos e institucionales. Para lograr el manejo integral de manera efectiva, se requiere la participación de todos los actores que viven o tienen responsabilidad en las cuencas. Generalmente, para determinar los impactos en las cuencas se utiliza la metodología de Análisis de Sistemas. Cabría preguntarse si es aplicable la metodología de Geo-Ciudades, empleada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – PNUMA. El objetivo de esta investigación documental, consiste en evaluar la metodología de Geo-Ciudades en el Manejo y Gestión Integral de Cuencas bajo un enfoque participativo, con el fin de generar información de base socio-ambiental. Para ello se procedió a realizar un análisis de las similitudes y divergencias, obteniéndose como resultado que la metodología de Geo-Ciudades es viable para la caracterización de cuencas.

Palabras clave: Cuencas, manejo integral, análisis de sistemas, Geo-Ciudades.

Geo-Cities methodology applied to watershed integrated management under a participatory approach

Abstract

Deficiency in the drinkable water supply one of the main problems in Venezuela and the world. However, the supply depends on catchments called Watershed, where water quality and quantity is related to the interrelationships between humans and environmental factors. Therefore, the identification of impacts that occur there, are needed to establish management plans and ensure sustainable development, considering the environmental, social, economic and institutional issues. This implies that, in order to effectively achieve a comprehensive management, it requires the participation of all stakeholders who live or have responsibility for the Watershed. Usually, to determine the impacts on the watersheds, a method is needed. The systems analysis is one of those employed. The Methodology of the Geo-Cities, used by the United Nations Program on Environment, UNEP, is another. The objective of this research is to evaluate the Geo-Cities methodology in the Integrated Watershed Management under a participatory approach in order to generate information on social-environmental base. This was performed through an analysis of the similarities and divergences as a result that indicates that the methodology of the Geo-Cities can also be used in watershed characterization.

Keywords: Watershed, integrated management, systems analysis, Geo-Cities.

Introducción

Las deficiencias en el suministro de agua potable constituyen uno de los principales problemas que presenta un número importante de poblaciones en Venezuela, algunas de ellas también, con problemas o cuestionamientos, en cuanto a la calidad de la misma. Sin embargo, el suministro de agua depende de las zonas de captación que con frecuencia se encuentran lejos de las áreas urbanas. A su vez, las zonas de captación se ubican en espacios geográficos, denominados Cuencas Hidrográficas, las cuales se pueden definir como “Un ecosistema en el cual interactúan y se interrelacionan variables biofísicas y socioeconómicas, que funcionan como un todo, con entradas y salidas, límites definidos, estructura interna de subsistemas jerarquizados”, (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza-CATIE s/f, p. 6). Mientras que, de acuerdo al artículo 2, Título 1 de la Ley de Aguas de la República Bolivariana de Venezuela (2007), la Cuenca Hidrográfica es:

La unidad territorial, delimitada por las líneas divisorias de aguas superficiales que convergen hacia un mismo cauce y conforman espacios en el cual se desarrollan complejas interacciones e interdependencias entre los componentes bióticos y abióticos, sociales, económicos y culturales, a través de flujo de insumos, información y productos.

De acuerdo a estas definiciones, la captación o suministro de agua en cantidad y calidad, va a estar relacionada con las interrelaciones entre el ser humano y los factores ambientales. Por tanto, los caudales de los ríos o cursos de agua, que drenan en una cuenca determinada, así como la calidad de esos volúmenes, dependen del grado de intervención o impacto que las poblaciones ubicadas en dichas áreas puedan realizar. Surge, entonces, la necesidad de proteger o mitigar la acción del ser humano en las zonas de captación de agua,



ya que el futuro desarrollo de las ciudades o poblaciones que dependen de una cuenca en particular, va a estar en riesgo en la medida que el impacto sobre las variables ambientales sea mayor. En la actualidad, el problema de suministro de agua es un problema a nivel mundial:

Proveer agua potable donde se necesita es una tarea cada vez más difícil en todo el mundo. En las últimas décadas, los países han invertido en infraestructura para mitigar la escasez de agua. Sin embargo, la respuesta ha omitido, en gran medida, el problema del deterioro de los recursos hídricos. Para abordar eficazmente la creciente crisis del agua, las medidas deberán articular su uso con la protección ambiental. (Parker y Tomas, 2010, s/n).

Por tanto, la identificación de los impactos que ocurren en las cuencas hidrográficas, son necesarios con el fin de poder establecer planes que permitan preservar, mitigar o corregir dicho impacto, de tal manera de garantizar un desarrollo sustentable, tanto de las cuencas como de las poblaciones o ciudades que se benefician de las mismas.

Es por eso que, se requiere realizar un ordenamiento de las cuencas, el cual se define como:

El proceso de formulación y ejecución de un sistema de acción, que incluye el manejo de los recursos de la cuenca para proporcionar bienes y servicios, sin afectar negativamente los recursos del suelo y agua. Normalmente, la Ordenación de Cuencas debe considerar los factores sociales, económicos e institucionales, que funcionan dentro y fuera del área de la Cuenca, (Sheng, 1992, p. 3).

Esta definición plantea el manejo de los recursos considerando los factores sociales, económicos e institucionales. Es decir, que implica un manejo integral de los factores socio-económicos e institucionales, conjuntamente con los recursos ambientales, tal como lo define la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación- FAO:

La formulación y aplicación en toda la cuenca hidrográfica, tanto aguas abajo como aguas arriba, de un conjunto integrado de acciones en la búsqueda del desarrollo sostenible, minimizando los efectos ambientales negativos sobre el recurso hídrico que la población utiliza aguas abajo, (Hernández, 1997, p.251)

Sin embargo, para que pueda lograrse un efectivo manejo integral de cuencas, se requiere la participación de todos los actores que hacen vida o que tienen responsabilidad sobre dichas áreas. El Manejo de Cuencas es un enfoque que ha surgido en la mayoría de los países

de América Latina, a partir de los años 50, desde entonces, el concepto ha evolucionado, significativamente, en toda la región, convirtiéndose en un proceso participativo, que involucra a la población local y a los usuarios de las mismas. (Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Manejo de Cuencas Hidrográficas- REDLACH, 2010).

En Venezuela, en los últimos años se han establecido las bases legales para la participación de todos los actores que se encuentran en una cuenca. La Constitución establece, en su Artículo 128 la consulta y participación ciudadana en los planes de ordenamiento del territorio “El Estado desarrollará una política de ordenación del territorio atendiendo a las realidades ecológicas, geográficas, poblacionales, sociales, culturales, económicas, políticas, de acuerdo con las premisas del desarrollo sustentable, que incluya la información, consulta y participación ciudadana” (Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, 2000). Por otra parte, el Estado venezolano crea los Consejos de Región Hidrográfica, los cuales están constituidos por las gobernaciones, las alcaldías, los usuarios, las universidades e institutos de investigación, los consejos comunales, así como, los consejos de planificación de políticas públicas estatales y locales, que se encuentren en la región hidrográfica, (Ley de Aguas, 2007).

Ahora bien, para poder determinar los impactos que se generan en una cuenca en particular y las causas que lo componen, hace falta contar con una metodología con ese fin.

Objetivos generales y específicos

Con base en lo anterior, la presente investigación pretende evaluar la viabilidad de la utilización de la metodología de Geo-Ciudades, aplicada al Manejo y Gestión Integral de Cuencas, bajo un enfoque participativo, mediante una comparación teórica con el modelo de Análisis de Sistemas, que es, hasta ahora, el empleado para la formulación de planes de Gestión Integral de Cuencas.

Para ello, se establecen, como objetivos específicos: la identificación de los componentes del Análisis de Sistemas y de la metodología de Geo-Ciudades, la determinación de los aspectos coincidentes y divergentes de ambos métodos y la propuesta de una primera aproximación, que permita avanzar en la construcción del modelo de gestión.

Hasta ahora, la Metodología de Geo-Ciudades no se ha empleado en la caracterización de cuencas hidrográficas; sin embargo, a través de la presente investigación se desea analizar la posibilidad de su utilización en el Proyecto “Gestión Integral de Cuencas con un Enfoque Participativo. Casos Ríos Pao y Unare”. Las razones para considerar esta metodología, se basa en



el tamaño de las cuencas y las poblaciones que abastecen. La cuenca del río Pao surte de agua a los estados: Carabobo, Aragua, beneficiándose una población de alrededor de 4 millones de habitantes (HIDROCENTRO, 2010); mientras que la cuenca del Río Unare suministra agua a poblaciones de los estados Anzoátegui y Guárico, beneficiándose alrededor de unas 200.000 personas. Además de formar, en su desembocadura, la Laguna de Unare, unos de los humedales costeros más importantes del país, por ser un refugio de una gran variedad de aves y otras especies de valor económico, como los camarones.

El aporte de esta investigación documental es el análisis del empleo de la metodología de Geo-Ciudades para la Caracterización Socio-Ambiental y el establecimiento de línea base, con el fin de formular planes participativos de Gestión y Manejo Integral de Cuencas.

Análisis-disertación

La metodología de Análisis de Sistemas está constituida por: con entradas y salidas, límites definidos, estructura interna de subsistemas jerarquizados. En este sistema ocurren entradas, como la energía solar, hídrica, eólica y gases como el CO₂, e ingresan insumos como semillas, alimentos, tecnologías y otros, dando origen a procesos como el flujo de energía, ciclo de nutrientes, ciclo hidrológico, erosión y actividades productivas. Las salidas están constituidas por: productos agropecuarios, suministro de agua o pérdidas de suelo, (CATIE s/f, p. 6).

En una cuenca hidrográfica se pueden analizar todos sus elementos, espacios, componentes y actores; esto permite fundamentar “la visión integral” como un todo, funcionando en permanente dinámica y desarrollo de procesos. Para lograr la visión integral, no bastará trabajar en una cuenca, se tendrá que considerar todo el sistema, estableciéndose los siguientes elementos; Espacial: Unidades de producción, diferentes unidades territoriales (áreas de conservación, zonas frágiles), parte alta, media o baja; suelo, subsuelo. Situación: potencial, problemas, limitantes y restricciones. Componentes: físico, biológico, social y económico. Relaciones: Internas, entorno, externas, (CATIE, s/f, p. 19).

La metodología de Geo-Ciudades, permite caracterizar el estado ambiental de un área determinada y hasta ahora, se ha empleado para áreas urbanas y utiliza la Matriz: Presión – Estado – Impacto – Respuesta (PEIR). Esta metodología es empleada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – (PNUMA, 2003), en el proyecto de Geo Ciudades, definiéndolo de la siguiente manera: “El proyecto GEO-Ciudades busca promover una mejor comprensión de la dinámica de las ciudades y sus ambientes, proporcionando información confiable y actualizada para los gobiernos municipales,

científicos, formuladores de políticas y al público en general”

La Metodología de Geo-Ciudades tiene como objetivos:

Reconocer los vínculos que existen entre las condiciones ambientales y las actividades humanas, en especial aquellas relacionadas con el desarrollo urbano.

Contribuir en la formación de capacidades técnicas locales para la evaluación integral del estado del medio ambiente urbano.

Orientar la creación de consenso sobre los problemas ambientales más críticos en cada ciudad, fomentando el diálogo y la participación de todos los sectores de la sociedad en el proceso de la toma de decisiones.

Hacer posible la formulación e implementación de estrategias y planes urbanos para ayudar a las ciudades a mejorar la gestión ambiental urbana, (PNUMA, 2003, p. 14).

¿Qué es la Matriz PEIR?

La metodología se basa en el análisis de indicadores incluidos en la matriz PEIR, (Presión-Estado-Impacto-Respuesta). Esta matriz busca establecer un vínculo lógico entre sus diversos componentes, para orientar la evaluación del estado del medio ambiente desde los factores que ejercen presión sobre los recursos naturales (los cuales pueden entenderse como las “causas” de su estado actual), pasando por el estado actual del medio ambiente (“efecto”), hasta las respuestas (reacciones) que son producidas para enfrentar los problemas ambientales en cada localidad. (PNUMA, 2003, p. 16).

En la Figura 1 se puede apreciar, en detalle, cada uno de los componentes de la matriz PEIR.

Con base en la revisión bibliográfica y los aspectos señalados anteriormente, se procedió a realizar un análisis de las similitudes y diferencias de ambas metodologías y se puede establecer lo siguiente:

Coincidencias:

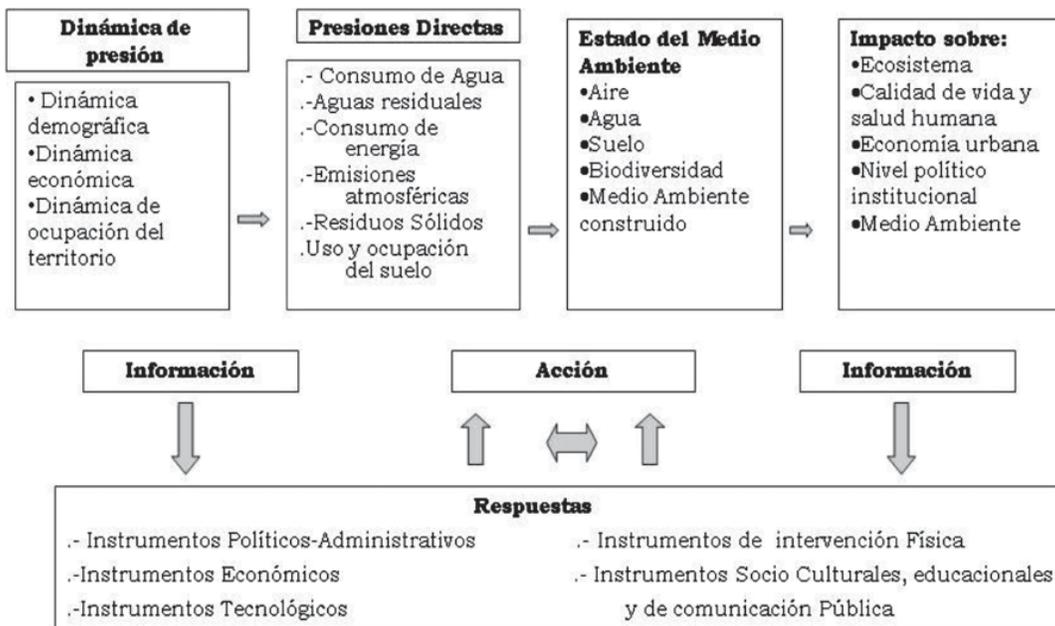
- Tanto la Metodología de Geo-Ciudades como el Análisis de Sistemas, aplicado a la Gestión y Manejo de Cuencas, reconocen la relación que existe entre las condiciones ambientales y las actividades humanas.
- Ambas propician la participación de todos los actores en la gestión o toma de decisiones y están acordes con el ordenamiento legal venezolano vigente.
- Tanto la Metodología de Geo-Ciudades como el Análisis de Sistemas, tienen una visión integrada y holística de los aspectos socio-ambientales.

Divergencias:

- La Metodología de Geo-Ciudades se emplea en áreas urbanas, mientras que el Análisis de



Figura 1: Diagrama de interacción de la Matriz PEIR. (PNUMA, 2003).



Sistemas para la Caracterización de las cuencas hidrográficas se aplica en áreas rurales.

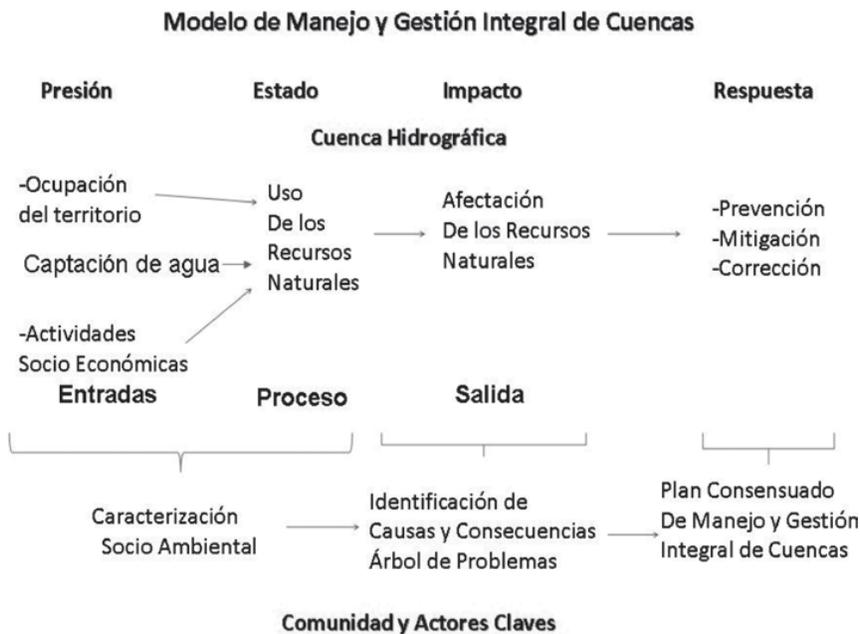
- La Metodología de Geo-Ciudades presenta una mejor estructuración de las respuestas, mediante instrumentos para cada sector específico, tal como se puede apreciar en la Figura 1.

Sin embargo, ambas metodologías no son antagonicas, tal como se aprecia en la Figura 2; de allí que, es posible utilizarlas de forma indistinta para la caracterización de una Cuenca Hidrográfica.

Conclusiones

- El Manejo Integral de Cuencas amerita de una metodología que permita evaluar los impactos que se presentan en la misma, con el fin de determinar el estado de los factores ambientales y establecer planes de Gestión y Cogestión.
- El Análisis de Sistemas es una de las metodologías para caracterizar y determinar el estado de los factores ambientales en una Cuenca hidrográfica y su relación con las actividades humanas en zonas rurales. Sin embargo, la metodología de Geo-Ciudades, empleada

Figura 2: Aproximación al Modelo de Manejo y Gestión Integral de Cuencas empleando la metodología de Geo-Ciudades.





por el PNUMA para determinar el estado de los factores ambientales en las áreas de desarrollo urbano, de acuerdo al análisis teórico realizado, también puede emplearse en la caracterización de cuencas, especialmente, en aquellas donde existen grandes poblaciones.

- La ventaja del uso de los indicadores de Geo-Ciudades sobre otros, es que al ser adoptados por instituciones de alcance mundial, cubren un rango más amplio de situaciones ambientales; su aplicación es regular, sistemática y cuentan con un mejor grado de comparación. Eventualmente, abre la posibilidad de hacer estudios comparativos de Manejo Integral de Cuencas, a nivel nacional y regional.

Agradecimientos

El apoyo financiero de Misión Ciencia del Ministerio del Poder Popular de Ciencia y Tecnología e Industrias Intermedias.- MPPCTI y al Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología, FONACIT. Las instituciones participantes del proyecto Universidad de Carabobo, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Universidad Simón Bolívar, Fundación La Salle de Ciencias Naturales y la Fundación Tierra Viva.

Referencias

- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza- CATIE (s/f.). Marco conceptual del manejo de cuencas hidrográficas. San José, Costa Rica 34pp. Mimeo.
- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (2000). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela. N° 5.453 (extraordinaria). Caracas, marzo 24.
- Hernández, E. (1997). Estrategias para el fortalecimiento del manejo de cuencas hidrográficas de montañas tropicales. Volumen 2, Tema 9. [Documento en línea]. Disponible: http://www.fao.org/forestry/docrep/wfxci/publi/PDF/V2S_T9.PDF
- HIDROCENTRO. (2010). Cobertura del Servicio [Consulta en línea]. Disponible: <http://www.hidrocentro.gob.ve/hc/sispro/coberturaDeServicios/> [junio 06, 2.010]
- Ley de Aguas (2007). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela. N° 38.595. Caracas, enero 02.
- Parker R, T. V. (2010). Agua potable: cada vez más difícil de encontrar Grupo de Evaluación Independiente, Banco Mundial. [Documento en línea]. Disponible: http://opinion.eluniversal.com/2010/06/10/opi_art_agua-potable:-cada-v_10A3991931.shtml [consulta: junio 10, 2010]
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA (2003). Metodología para elaboración del informe de Geo-Ciudades

[Documento en línea]. Disponible: <http://www.pnuma.org/geociudades/PDFs/Manual%20GEO%20Ciudades.pdf> [consulta: diciembre 05, 2.009]

- Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Manejo de Cuencas Hidrográficas- REDLACH. (2010). Historia de la Red y su rol en el desarrollo de las cuencas hidrográficas a nivel nacional y regional [Documento en línea] Disponible: <http://www.rlc.fao.org/es/tecnica/redlach/> [consulta: junio 04, 2010]
- Sheng, T. (1992). Manual de campo para la ordenación de cuencas hidrográficas Estudio y planificación de cuencas hidrográficas Guía FAO Conservación. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 13/6, p3. Roma, 1992.



Visión Artificial para el Vehículo Submarino Autónomo MANTA para la Localización de Fugas en Oleoductos Sumergidos de Instalaciones Petroleras

Fidel Gil¹, Javier Albrigo², Freddy Perozo³ y Joel Rivas⁴

¹Sistemas Martinez Pacheco Colmenares, ²Instituto Educativo Juan XXIII,

^{3,4}FACYT Universidad de Carabobo.

¹fidgil@gmail.com

Resumen

Este trabajo presenta los resultados obtenidos durante el desarrollo del Software de un Sistema de Visión Artificial, utilizando sonares y basándose en técnicas de procesamiento de imágenes y computación emergente, para el vehículo autónomo submarino MANTA, con el fin de localizar fugas en oleoductos sumergidos en ambientes acuáticos a grandes profundidades. El Sistema de Visión Artificial se fundamenta en un detector y un clasificador de obstáculos, que permiten percibir un objeto y clasificarlo como obstáculo, tubería, suelo o fuga de hidrocarburos. El diseño para el detector de obstáculos, se basa en un algoritmo de segmentación de imágenes que permite determinar, tanto los objetos en un momento dado mediante el etiquetado de componentes conexas, así como las características de cada uno de ellos. El clasificador de objetos utiliza una red neuronal artificial, la cual, a partir de las características de los objetos, determina a cuál de las cuatro clases mencionadas anteriormente pertenece. Los resultados obtenidos demuestran la factibilidad del uso de técnicas de computación emergente y procesamiento de imágenes para la localización de fugas y tuberías, utilizando sonares.

Palabras clave: Vehículo autónomo sumergible, Visión Artificial, Sonar, Fugas de Hidrocarburos, Redes Neuronales Artificiales.

Artificial Vision for the Autonomous Underwater Vehicle MANTA for location of leaks on underwater oil pipes from petroleum facilities

Abstract

The objective of the current work is to show the results of the software development of an artificial vision system, using sonar and based on techniques of image processing and emergent computing, for the autonomous underwater vehicle MANTA with the purpose of locating leaks on underwater oil pipes in aquatic environments at great depths. The artificial vision system works on the foundation of an obstacle detector and classifier, which allows the detection and classification of items such as barricades, pipes, ground and hydrocarbon leaks. The design for the obstacle detector is based on an algorithm of image segmentation that determines the amount of objects at any given moment through the tagging of connected components, in addition to the characteristics of each quarry. The object classifier uses an artificial neural network, which can, depending of the characteristics of each object, determine on which of the four categories previously mentioned they belong. The results obtained demonstrated that it is feasible to employ emergent computing techniques and image processing for the detection of oil leaks and pipes using sonar.

Key words: Autonomous underwater vehicle, Artificial vision, Sonar, Hydrocarbon Leaks, Artificial Neural Network.

Introducción

La explotación petrolera en la República Bolivariana de Venezuela, es una de las actividades económicas más importantes para el desarrollo del país; sin embargo, el proceso de extracción y refinado del crudo requiere de una red de oleoductos para transportar esta materia de una zona a otra.

A medida que se han ido agotando los recursos petrolíferos en los pozos practicados en tierra firme o a poca profundidad, se ha hecho necesario perforar mar adentro, cada vez a más distancia de las costas. En consecuencia, también ha sido necesario tender oleoductos submarinos cada vez de más longitud y a mayores profundidades.

PDVSA posee una amplia red de oleoductos que permite la distribución de petróleo a centros de procesamiento, para su exportación o refinamiento. Estos oleoductos, en su mayoría, se encuentran sumergidos

a grandes profundidades donde se dificulta las labores de mantenimiento para la prevención y corrección de fugas.

Los derrames petroleros ocasionan graves daños a las especies que concurren en el ecosistema marino, así como también, a las actividades económicas, como la pesca y el turismo, situación que se incrementa cuando el contaminante llega a la costa.

La vigilancia aérea ha sido el método más utilizado para la detección de fugas de hidrocarburos, pero es muy difícil distinguir entre el hidrocarburo proveniente de un derrame y otra variedad de fenómenos no relacionados. Estos incluyen, sombras de nubes, rizos sobre la superficie del mar, algas marinas en aguas poco profundas, diferencias en el color de dos masas de agua adyacentes, sedimentos de ríos y descargas de alcantarillado.

Por otro lado, los vehículos operados remotamente (Remotely Operated Vehicle, ROV), son robots dirigidos



desde un centro de control por un grupo de personas. Ellos están unidos a través de un grupo de cables, (comúnmente denominado cordón umbilical), que transportan electricidad, señales de vídeo y datos. Generalmente, a estos vehículos se les adicionan otros equipos (sonar, recolector de muestras, acelerómetros, entre otros), para expandir sus capacidades en determinadas tareas. La mayoría de estos vehículos han sido utilizados para operaciones de rescate en las profundidades del mar y en la recuperación de objetos en el suelo oceánico. Basado en estas características, las industrias petroleras han adoptado estos vehículos para asistir en el desarrollo de campos petroleros en costa afuera. Algunos ejemplos de ROV, diseñados para la industria petrolera para la inspección e instalación de oleoductos, los constituyen las series RESON SeaBats for offshore oil and gas exploration y LR5 Submersible Submarine Rescue Vessel, United Kingdom.

En vista que las empresas petroleras están en la búsqueda de nuevas alternativas para mejorar sus sistemas de detección y corrección de fugas en su red de oleoductos y, con las ventajas que proporciona el uso de ROV, la automatización de las tareas de inspección de oleoductos se hace posible, permitiendo anticipar desastres ecológicos de gran magnitud y pérdidas económicas. No obstante, el uso de vehículos autónomos sumergibles (Autonomous Underwater Vehicle, AUV) (Christopher, 2003), podría permitir la constante inspección de los oleoductos para detectar fugas en sus primeras etapas con la mínima intervención humana, disminuyendo así los desastres ecológicos y los costos operativos asociados. En el mercado ya existen productos AUV diseñados, específicamente, para las industrias petroleras, entre estos se encuentra la serie Hugin de la (Kongsberg Gruppen), empresa que ha trabajado en el desarrollo de tecnologías dirigidas a los mercados de marina mercante, costa afuera y militar.

Este trabajo de investigación presenta el sistema de visión basada en sonares para un AUV para la localización de fugas en oleoductos de instalaciones petroleras.

El sistema de visión constituye un gran aporte para los AUV, ya que permite la visualización de obstáculos que puedan presentar riesgos o peligros para la integridad y movilidad del mismo. Este sistema tiene, como propósito adicional, la búsqueda de objetos con determinadas características, basadas en las respuestas a las ondas emitidas por el sonar, además de ayudar al sistema de navegación a construir el trazado de mapas.

Entre los objetos que debe ser capaz el AUV de reconocer o detectar, durante su rastreo en ambientes acuáticos, se tienen los ductos, ya que esta información será utilizada por el sistema de navegación para el seguimiento e inspección del ducto durante el recorrido y a su vez, para cumplir con el objetivo del trazado de mapas.

Ahora bien, la contribución principal del sistema de visión en la misión del AUV, es la detección de fugas de hidrocarburos en los ductos que se encuentre inspeccionando, lo que permitirá una ejecución rápida de acciones para solucionar las averías del ducto y los problemas causados por el derrame del mismo.

En grandes profundidades, los sistemas de visión que utilizan cámaras, se encuentran con la dificultad de que existe muy poca luz a medida que la profundidad aumenta, por lo tanto, para utilizar las cámaras se necesitan fuentes de luz adicionales que añaden peso y cambian la forma del AUV. Por otra parte, dichos sistemas consumen más energía, lo que haría necesario dotar al AUV de una fuente de energía de mayor rendimiento, incrementando los costos asociados.

Metodología

La presente investigación es una investigación proyectiva o proyecto factible, la cual consiste en la elaboración de una propuesta o modelo para la solución de un problema. Este tipo de investigaciones es usada cuando se desea dar respuesta a un hecho hipotético del futuro o del pasado, utilizando datos actuales.

En el desarrollo del software de esta investigación se utilizó la metodología Octopus UML creada por el Nokia Research Center en 1993 (Awad, Kuusela, & Ziegler), la cual es de gran utilidad para el desarrollo de software orientado a objetos y aplicaciones de tiempo real.

Se escogió esta metodología para dar continuidad a los desarrollos efectuados anteriormente en el proyecto MANTA, ya que fue la metodología utilizada en ellos, lo cual permite la reutilización de los artefactos, una mejor integración de los componentes y una mejor legibilidad en la documentación que utilizarán los desarrolladores del proyecto. El uso de esta metodología permite un desarrollo ágil del software, ya que permite a los desarrolladores formar una visión clara del sistema y sus componentes. Sólo se utilizaron los artefactos de la metodología que se consideraron necesarios para el desarrollo del software.

La metodología Octopus UML se divide en varias fases, las cuales van descomponiendo el sistema a desarrollar en cada uno de los subsistemas que lo conforman, basándose en el modelo incremental de desarrollo de software. También, utiliza artefactos para realizar la descripción de cada uno de los elementos presentes en cada una de las etapas de la metodología, en donde cada artefacto tiene un objetivo y una semántica con una notación y una plantilla para realizarlo.

Los facilitadores son otro elemento utilizado en la metodología Octopus/UML, los cuales son componente similares a los artefactos pero de menor importancia, y son utilizados cuando se desean eliminar ambigüedades presentes en la descripción de los artefactos, además de



permitir a los desarrolladores una mejor administración del tiempo de trabajo.

En particular, se desarrolló el Subsistema de Detección de Obstáculos y el Subsistema de Clasificación de Obstáculos

Subsistema de Detección de Obstáculos

El subsistema de segmentación de imágenes, es el encargado de etiquetar todas las componentes conexas de la imagen que está contenida en la matriz de intensidad y distancia proporcionada por el Sonar; el mismo está basado en técnicas de segmentación, (De la Fraga, 2001). De este modo, todos los píxeles pertenecientes a una misma componente conexas estarán etiquetados con el mismo número. La segmentación intenta que cada una de las componentes conexas, presentes en la imagen, pertenezca a un obstáculo en particular.

Subsistema de Clasificación de Obstáculos

Para realizar la clasificación de obstáculos, se seleccionó la técnica de computación emergente llamada Redes Neuronales Artificiales (RNA), debido que es una de las técnicas utilizadas en aplicaciones de tiempo real y, en especial, para resolver problemas de clasificación. En el ámbito de esta investigación, la utilización de RNA se realizó con el fin de clasificar a los objetos detectados en el sistema de visión en el subsistema de Detección de Obstáculos, los cuales deben pertenecer a una de las siguientes clases: obstáculo, tubería, suelo o fuga de hidrocarburos.

La RNA utilizada fue la Fast Artificial Neural Network (FANN), la cual es una librería de redes neuronales de software libre, que implementa redes neuronales multicapas en el lenguaje de programación C, con soporte para redes completamente conectadas, así como también, conectadas esparcidamente.

Además de la librería FANN, se utilizó el software de computación matemática Matlab, para el análisis de selección de características de los patrones para la capa de entrada de la RNA y para la determinación del porcentaje máximo de aciertos que se puede lograr con los datos seleccionados para el entrenamiento y evaluación de la RNA.

Resultados

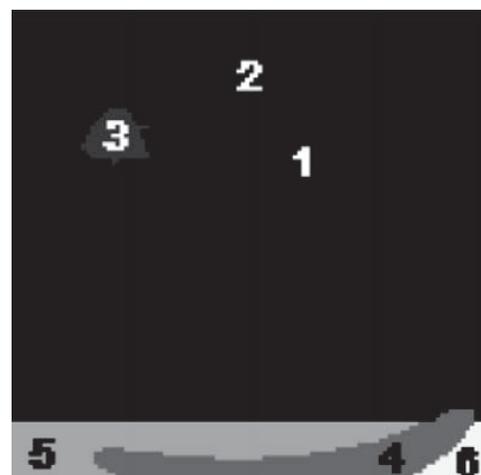
En el desarrollo de la presente investigación se obtuvo los siguientes resultados:

- Del estudio bibliográfico sobre equipos para percibir información en ambientes subacuáticos, se tomaron en cuenta los siguientes: cámaras, sonar, diodos sensitivos a posición P.S.D. (Position Sensitive Diode) y magnetómetros. Se determinó que el sonar era el mejor compromiso entre información del medio ambiente y poder, puesto que los PSD no consumen energía pero

no revelan mucha información del ambiente, las cámaras están limitadas por la luz y traer fuentes de iluminación sólo aumenta la carga energética; finalmente, un magnetómetro sólo es sensible a ciertos objetos, el sonar ofrece mucha información del ambiente con un requerimiento aceptable de energía.

- El sistema de visión artificial comienza por el subsistema wrapper, que se encarga de interactuar con el sonar, con el fin de generar una matriz que contiene los puntos detectados y su distancia. Luego viene el sub-sistema de detección de obstáculos, encargado de segmentar la imagen en objetos continuos para su posterior clasificación. En turno, viene el sub-sistema de clasificación que toma las siguientes 8 características [Tabla 1], de todos los objetos y son enviados a la red neuronal que clasifica al objeto de la siguiente forma [Tabla 2], una vez que se obtiene el veredicto se le da una representación a cada objeto y estos son informados al sistema de navegación.
- Se implementaron algoritmos que permitieron la simulación del sonar para suministrar los datos de entrada al sistema de visión artificial. La realización de los mismos generó un gran aporte en el desarrollo del proyecto, ya que debido al alto costo de los equipos y trámites legales que deben realizarse para la adquisición de los mismos, disponer de este simulador facilitó la realización del desarrollo y pruebas del sistema de visión artificial.
- Los algoritmos de etiquetado de componentes conexas permitieron la segmentación de la imagen, de manera tal que se logró determinar la ubicación de los obstáculos provenientes del ambiente al igual que algunas de sus características [Figura 1].

Figura 1: Representación del etiquetado de componentes conexas.



**Tabla 1:** Descripción de las características de entrada de la RNA.

Característica	Descripción	Valores
Decrementos en el ancho	Indica la sumatoria de la cantidad de píxeles que se disminuyen entre una fila y otra pertenecientes a un objeto, recorriendo desde la parte inferior del objeto hasta la superior	Entero: $[0, (AnchoMatriz * AltoMatriz)/2]$
Incrementos en el ancho	Indica la sumatoria de la cantidad de píxeles que se incrementaron entre una fila y otra pertenecientes a un objeto, recorriendo desde la parte inferior del objeto hasta la superior	Entero: $[0, (AnchoMatriz * AltoMatriz)/2]$
Proporción (Alto-Ancho)	Indica la proporción del alto del objeto con respecto a su ancho	Real: $[0, 1]$
Extremos	Indica si los extremos del obstáculos se encuentran más lejos que el centro del mismo	Entero: $\{0, 1\}$
Flurómetro	Indica el valor del sensor flurómetro	Real: $[0, 100]$
Intensidad	Indica la intensidad (densidad) del objeto captada por el sonar	Entero: $[0, 255]$
Área	Indica la cantidad de píxeles que ocupa el objeto, dividida entre la cantidad de píxeles total de la imagen	Real: $[0, AnchoMatriz * AltoMatriz]$
Última Fila	Indica si las dos últimas filas de la matriz que representa la imagen están siendo ocupadas por el objeto	Entero: $\{0, 1\}$

- El uso de Redes Neuronales Artificiales permitió realizar la clasificación de los obstáculos detectados en un 93.02%. Se crearon 145 casos, utilizando el simulador de sonar para entrenar la red neuronal [Tabla 3]. Se tomaron 102 casos para entrenar la red neuronal y se tomaron 43 para la validación de la misma, después de probar con varios valores para el número de neuronas en la capa oculta, constante de aprendizaje, razón de momento, se obtuvo como mejores resultados los presentados en la Tabla 4.

Tabla 2: Valores de Salida del Clasificador.

Clase	Salida
Obstáculo	0 0 0 1
Fuga de Hidrocarburo	0 0 1 0
Tubería	0 1 0 0
Suelo	1 0 0 0

Tabla 3: Número de patrones utilizados en la RNA.

Clase	Aprendizaje	Evaluación	Total
Obstáculo	56	24	80
Fuga de Hidrocarburo	15	6	21
Tubería	16	7	23
Suelo	15	6	21
Total	102	43	145

Tabla 4: Muestra de Aciertos y Fallos Obtenidos.

Eta	Alpha	Aciertos	Fallos	% Aciertos
0.05	0.05	40	3	93.02
0.15	0.50	40	3	93.02
0.95	0.65	40	3	93.02
0.30	0.30	39	4	90.70

Discusión

Se puede destacar que la creación de vehículos AUV para el monitoreo de las redes de oleoductos, sería un paso costo-eficiente para cualquier empresa petrolera, puesto que mitigaría los gastos en flotas aéreas, buzos y embarcaciones necesarios para encontrar las fuentes de derrames en tuberías. El monitoreo ofrecido por un AUV sería mucho más frecuente como servicio que el ofrecido



por medios convencionales, reduciendo costos, tiempo de respuestas y minimizando exposición humana a situaciones peligrosas. El uso de técnicas de computación emergente para resolver el problema de clasificación de obstáculos, demuestra la factibilidad de estas técnicas para la resolución de este problema.

Se recomienda lo siguiente:

- Estudiar otras estructuras para la representación de los obstáculos que permitan un mejor aprovechamiento del espacio de navegación, sin tener que sacrificar los tiempos de respuesta del sistema.
- Estudiar otras características que permitan la identificación y clasificación de los obstáculos para el aprendizaje de la red neuronal artificial del subsistema de Clasificación de Obstáculos.
- Estudiar la utilización de otros dispositivos que aporten más información acerca del ambiente para mejorar la detección y clasificación de los obstáculos.
- Realizar las pruebas del software del sistema de visión artificial en equipos reales, que permitan ejecutar las calibraciones y entonaciones necesarias para la utilización del robot en ambientes reales.
- Estudiar otras técnicas de computación emergente que pudiesen mejorar la eficiencia del subsistema de Clasificación de Objetos.

Referencias

- Awad, M., Kuusela, J., & Ziegler, J. (s.f.). OCTOPUS Object-Oriented Technology for Real-Time Systems. Recuperado el 28 de Marzo de 2007, de Nokia: <http://www-nrc.nokia.com/octopus/tutorial/>
- Christopher, V. A. (26 de Marzo de 2003). Autonomous Underwater Vehicles. Recuperado el 20 de Septiembre de 2007, de Geosciences Professional Services: http://www.geo-prose.com/ALPS/white_papers/alt.pdf
- De la Fraga, L. G. (7 de Mayo de 2001). Curso: Procesamiento Digital de Imágenes. Recuperado el 11 de Septiembre de 2007, de Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav): <http://delta.cs.cinvestav.mx/~fraga/Cursos/PDI/>
- Kongsberg Gruppen. (s.f.). Recuperado el 28 de Marzo de 2007, de <http://www.kongsberg.com>
- LR5 Submersible Submarine Rescue Vessel, United Kingdom. (s.f.). Recuperado el 28 de Marzo de 2007, de Naval Technology: <http://www.naval-technology.com/projects/lr5/>
- RESON SeaBats for offshore oil and gas exploration. (s.f.). Recuperado el 28 de Marzo de 2007, de RESON: <http://www.reson.com/sw179.asp?usepf=true>



Reducción del nivel de lignina en la corteza del *Eucalyptus urophylla* mediante tratamiento térmico

Alvarado, C.; Heredia, U.

c_alvarado_almarza@yahoo.es

Departamento de Química Tecnológica. Facultad de Ingeniería. Universidad de Carabobo

Resumen

El objetivo del presente estudio fue reducir el nivel de lignina en la corteza del *Eucalyptus urophylla* mediante tratamiento térmico con calor húmedo presurizado, a fin de hacer más disponible la celulosa presente en dicha corteza. La metodología empleada consistió en la: caracterización de la corteza del *E. urophylla* empleando análisis fisicoquímico, selección de los diferentes tratamientos a los cuales se sometió la materia prima, evaluación de los tratamientos seleccionados sobre la corteza del *E. urophylla*, determinación de la composición porcentual de lignina, hemicelulosa y celulosa del material sólido después de la aplicación de los tratamientos evaluados. La caracterización de la corteza del *E. urophylla* arrojó un porcentaje de sustancias extractivas totales de $(6,115 \pm 0,003)\%$, $(24,49 \pm 0,02)\%$ de lignina, $(49,03 \pm 0,02)\%$ de celulosa y $(20,37 \pm 0,04)\%$ de hemicelulosas. Los procesos de deslignificación seleccionados fueron: tratamiento en medio ácido, tratamiento en medio alcalino y tratamiento en medio neutro. El tratamiento térmico en medio alcalino fue el que tuvo mayor rendimiento en la deslignificación con $(73,39 \pm 0,02)\%$, seguido del tratamiento térmico en medio ácido con un rendimiento de $(53,09 \pm 0,02)\%$, siendo el tratamiento en medio neutro el que tuvo menor efecto sobre la lignina con un rendimiento de $(9,07 \pm 0,02)\%$.

Palabras clave: lignina, celulosa, corteza, deslignificación.

To reduce the lignin level in *Eucalyptus urophylla* cortex through heat treatment

Abstract

The objective of this investigation was to reduce the lignin level in *E. urophylla* cortex through heat treatment with the purpose to be more accessible the cellulose in this cortex. The methodology used was firstly the characterization of *E. urophylla* cortex using physicochemical analysis, selection of several heat treatment to row material follow evaluation of selected treatment thought *E. urophylla* cortex and determination of perceptual composition of lignin, hemicelluloses and cellulose of solid material after application heat treatment. The *E. urophylla* cortex characterization was a perceptual of total extractives substances of $(6.115 \pm 0.003)\%$, $(24.49 \pm 0, 02)\%$ of lignin, $(49.03 \pm 0.02)\%$ of cellulose and $(20.37 \pm 0.04)\%$ of hemicelluloses. The selected delignification processes were: acid treatment, alkaline treatment and neutral treatment. The alkaline heat treatment had the highest yield about $(73.39 \pm 0.02)\%$, follow acid heat treatment with $(53.09 \pm 0.02)\%$ and the neutral heat treatment was the lowest effect thought lignins reduce with $(9.07 \pm 0.02)\%$ of yield.

Key words: Lignin, cellulose, cortex, delignification.

Introducción

Los materiales lignocelulósicos, como es el caso de la corteza de *E. urophylla*, están constituidos en gran parte por la celulosa, polisacárido que se localiza en las membranas celulares de las plantas, donde aportan rigidez. Generalmente, se encuentran formando masas amorfas de las que participan también otras estructuras como hemicelulosa, pectinas o ligninas (Kroger, 2007). Químicamente, la lignina es un polímero tridimensional amorfo, constituido a partir de unidades fenilpropano que se unen entre sí por enlaces tipo alquil-aril-éter o carbono-carbono (Núñez, 2005). Una de las dificultades más importantes a la hora de trazarse la meta de obtener celulosa a partir de un recurso lignocelulósico, es lograr separar, de manera óptima, las numerosas y fuertes uniones químicas que existen entre los polifenoles y los polisacáridos no glucosídicos, objetivo que puede ser alcanzado por métodos mecánicos, químicos o una combinación de ambos, según la pasta de celulosa requerida y por esto, se ha trazado el objetivo de reducir el nivel de lignina en la corteza del *E. urophylla* mediante

tratamiento térmico con calor húmedo presurizado, a fin de hacer más disponible la celulosa presente en dicha corteza.

Metodología

Caracterización de la corteza del *E. urophylla*

Dentro de la gran variedad de métodos disponibles, se escoge la secuencia analítica para la caracterización de materia prima original y de la fibra insoluble, obtenida después de pretratamientos hidrolíticos sugerida por Núñez (2005).

Preparación de la materia prima

La corteza del *E. urophylla*, proveniente de la empresa Mocarpel, ubicada en el Estado Yaracuy, fue remojada en agua y reducida a partículas empleando un molino de carne y hueso marca Beehive. Se tomó la corteza proveniente de discos de 20 cm de longitud al 25%; 55% y 85% de la altura del fuste comercial de cada árbol, las que se redujeron a partículas, se homogenizaron y tamizaron para obtener partículas entre 0,4 y 0,6 mm. Seguidamente, se procedió a secar la materia prima en un



secador de lecho fluidizado y se tamizó en malla 20 plg. La muestra fue pesada y guardada en bolsas plásticas herméticas para su conservación y posterior análisis (TAPPI, 1997).

Determinación de sustancias extraíbles

Determinación del contenido de sustancias solubles en tolueno-etanol en relación (2:1), respectivamente La determinación de extractivos solubles en etanol-benceno fue de acuerdo con la Norma (TAPPI T 264 om-88, 1977). El porcentaje de extractivos se calculó por medio de las siguientes expresiones:

$$P2 = D2 - D1 \quad (1)$$

$$\%Tolueno - etanol(2:1) = \left(\frac{P1 - P2}{P1} \right) * 100 \quad (2)$$

P1: peso inicial de la muestra utilizada durante la extracción en tolueno-etanol (2:1) (g).

P2: peso final de la muestra extraída con tolueno-etanol (g).

D1: peso del dedal de celulosa vacío, utilizado en la extracción con tolueno-etanol (g).

D2: peso final del dedal de celulosa, con la muestra extraída en tolueno-etanol (g).

La determinación de las sustancias solubles en la mezcla de tolueno-etanol (2:1) al igual que los demás análisis, se realizó por duplicado como lo establecen las Normas TAPPI (1997).

Determinación del contenido de sustancias solubles en agua a 95°C

El contenido de sustancias solubles en agua a 95 °C se realizó colocando toda la muestra extraída en la mezcla tolueno-etanol (2:1), con 100 mL de agua destilada y se refluyó durante (3) h. Luego de haber transcurrido las (3) h, se filtró el residuo y se colocó en la estufa a (105±3) °C hasta masa constante (TAPPI T 207 om-93, 1997). El cálculo del porcentaje de sustancias extraíbles en agua caliente se realizó como se indica a continuación:

$$P3 = V2 - V1 \quad (3)$$

$$\%Agua_{95^{\circ}C} = \left(\frac{P2 - P3}{P2} \right) * 100 \quad (4)$$

Donde:

P3: peso final de la muestra extraída con agua a 95 °C (g).

V1: peso inicial del vidrio de reloj, utilizado en la extracción con agua a 95 °C (g).

V2: peso final del vidrio de reloj, con la muestra extraída en agua a 95 °C (g).

Para referir este porcentaje anterior al peso inicial de la muestra, es decir al peso antes de la extracción con tolueno-etanol (2:1), se realizó la siguiente corrección:

$$\%Agua_{95^{\circ}C(\text{corregido})} = (\%Agua_{95^{\circ}C}) * \left(1 - \frac{\%Tolueno - etanol(2:1)}{100} \right) \quad (5)$$

Ensayos con etanol al 95 %, hexano e hidróxido de sodio al 1 %: Estos ensayos son los denominados análisis no sumativos. No interfieren en la determinación de las macromoléculas y permiten estudiar el comportamiento de la corteza ante los solventes que se aplican para cada ensayo.

Determinación del contenido de sustancias solubles en etanol al 95%

Para el ensayo con etanol al 95%, se tomó aproximadamente (1,0000±0,0001) g de corteza libre de sustancias extraíbles y se siguió el procedimiento establecido por la norma TAPPI T 264 om - 88, 1997. Las ecuaciones (6) y (7) muestran la manera como se calculó el porcentaje de extraíbles en etanol al 95 %:

$$P5 = D4 - D3 \quad (6)$$

$$\%Etanol_{95\%} = \left(\frac{P4 - P5}{P4} \right) * 100 \quad (7)$$

Donde:

P4: peso inicial de la muestra utilizada durante el ensayo con etanol al 95 % (g).

P5: peso final de la muestra extraída con etanol al 95 % (g).

D3: peso del dedal de celulosa vacío, utilizado en la extracción con etanol al 95 % (g).

D4: peso final del dedal de celulosa, con la muestra extraída en etanol al 95 % (g).

Determinación del contenido de sustancias solubles en Hexano

El porcentaje de sustancias solubles en hexano, se determinó de manera similar al procedimiento indicado en el ensayo con etanol al 95%, sustituyendo en las ecuaciones (6) y (7) los datos correspondientes al ensayo con hexano (TAPPI T 264 om - 88, 1997).

Determinación del contenido de sustancias solubles en NaOH al 1 % p/p

El contenido de sustancias solubles en la disolución de NaOH al 1% p/p, se realizó mezclando la muestra libre de sustancias extraíbles con 100 mL de NaOH al 1% siguiendo el procedimiento establecido por la norma TAPPI T 212 om 93, 1997. Sustituyendo los datos correspondientes al ensayo con NaOH al 1% en las ecuaciones (3) y (4), se calculó el porcentaje de sustancias solubles en dicho solvente.



Determinación de las macromoléculas lignina, celulosa y hemicelulosas

Determinación del contenido de lignina insoluble en ácido

Para determinar el contenido de lignina presente en la corteza del *E. urophylla*, se utilizó la Norma (TAPPI T 222 om-88, 1997). El porcentaje de lignina se calculó de la siguiente manera:

$$P7 = V4 - V3 \quad (8)$$

$$\%Lignina = \left(\frac{P7}{P6} \right) * 100 \quad (9)$$

Donde:

P6: peso inicial de la muestra utilizada para la determinación de la lignina (g).

P7: peso de la lignina (g).

V3: peso inicial del vidrio de reloj, utilizado en la determinación de la lignina.

V4: peso final del vidrio de reloj, con la lignina determinada (g).

Para referir el porcentaje de lignina obtenido mediante la ecuación (9) a la muestra inicial utilizada al comienzo del análisis con tolueno-etanol (2:1), se realizó una corrección como se indica a continuación:

$$\%Extraible_{(total)} = ((\%Tolueno - etanol(2:1)) + \%Agua_{95^{\circ}C(corregido)}) \quad (10)$$

$$\%Lignina_{(corregido)} = (\%Lignina) * \left(1 - \frac{\%Extraible_{(total)}}{100} \right) \quad (11)$$

Determinación del contenido de Celulosa

El contenido porcentual de celulosa se determinó mediante el método de Kürshner – Höffer (Núñez, 2005). El cálculo del porcentaje de celulosa se rigió por las ecuaciones (8) y (9). La corrección del contenido de celulosa se efectuó empleando las expresiones (10) y (11).

Estimación del contenido de hemicelulosa

En la presente investigación se expresaron los resultados de la forma establecida por la Asociación Técnica de la Industria de la Pulpa y el Papel (TAPPI, 1997), así como también se expresaron según lo establecido por Núñez (2005). El porcentaje de hemicelulosas se calculó por la ecuación 12.

$$\%Hemicelulosas = 100 - (\%Lignina + \%Celulosa) \quad (12)$$

El cálculo de las hemicelulosas se efectuó mediante la ecuación (13).

$$\%Hemicelulosas = 100 - (\%Extraible_{(total)} + \%Lignina_{(corregido)} + \%Celulosa_{(corregido)}) \quad (13)$$

Selección de los tratamientos a los cuales se sometió la corteza del *E. urophylla*

La selección de la temperatura y presión, se basó en históricos de la Fundación CIEPE, para el equipo empleado durante la cocción de la materia prima, es decir se seleccionó la temperatura y presión máxima permisible por el equipo.

Evaluación de los tratamientos seleccionados

Para la evaluación de los tratamientos, primeramente, la materia prima fue remojada en agua y luego, convertida en harina de corteza, empleando para ello un molino de carne y hueso, marca Beehive; luego de obtener la corteza de *E. urophylla* en forma de harina, se procedió a emplear el tratamiento térmico bajo las condiciones seleccionadas. Se utilizó una carga de 600 g de materia prima homogeneizada, secada y tamizada, siguiendo el tratamiento antes descrito para preparación de muestras para análisis (TAPPI, 1997).

Caracterización del material sólido obtenido en cada uno de los tratamientos térmicos aplicados sobre la corteza del *E. urophylla*

Para la determinación de la composición química del material sólido, se siguieron las técnicas y secuencia de ensayos, aplicados en la caracterización de la corteza del *E. urophylla*, los cuales son, en su mayoría, normas dictadas por la Asociación Técnica de la Industria de la Pulpa y el Papel (TAPPI, 1997), salvo la técnica empleada para la determinación de celulosa y hemicelulosas.

Resultados y Discusión

Caracterización de la materia prima

Los resultados obtenidos del estudio de las sustancias solubles en hexano, son muy similares para las dos muestras analizadas (tabla1). Estos valores podrían estar asociados a las características genéticas de la especie *urophylla*, donde el fuste se encuentra completamente cubierto por una corteza áspera y persistente, (corteza externa), predominando en esta zona las ceras, suberinas, sustancias de naturaleza apolar, solubles en hexano (Orea et al., 2006; Orea-Igarza^{a,b,c} et al., 2006).

El porcentaje de sustancias solubles en hexano, obtenido durante el análisis realizado a la corteza de *E. urophylla*, fue superior al reportado por otras investigaciones para la corteza de *E. pellita*, *E. saligna* y *E. citriodora* (Orea et al., 2006; Orea-Igarza^{a,b,c} et al., 2006). Esto sugiere que, los extraíbles en hexano varían según la especie que se analice y además, refleja una mayor composición de las sustancias lipofílicas en la corteza del *E. urophylla*. La determinación del contenido de sustancias solubles en la mezcla de los solventes orgánicos tolueno - etanol (2:1) sobre la corteza de *E. urophylla*, es una medida de la cantidad de ceras, grasas, resinas, aceites, colorantes orgánicos (clorofila), taninos,



Tabla 1: Composición porcentual de la corteza del *E. urophylla*.

Sustancias no sumativas (%)					Sustancias sumativas (%)		
Tolueno-etanol (2:1) (t-e±0,003)%	Agua a 95°C (Ag±0,003)%	Etanol al 95% (Eta±0,003)%	Hexano (Hex±0,003) %	NaOH al1% (Hid±0,003) %	Lignina insoluble en ácido (Lig±0,02) %	Celulosa (Cel±0,02) %	Hemicelulosa (Hem±0,04)%
2,151	4,051	0,742	7,243	24,604	26,09	52,22	21,69
Sustancias no sumativas (%)				Sustancias sumativas (%)			
				Extraíbles		Macromoléculas	
Etanol al 95% (Eta±0,003)%	Hexano (Hex±0,003) %	NaOH al1% (Hid±0,003)%	Tolueno-etanol (2:1) (t-e±0,003) %	Agua a 95°C (Ag±0,003) %	Lignina insoluble en ácido (Lig±0,02) %	Celulosa (Cel±0,02) %	Hemicelulosa (Hem±0,04)%
0,742	7,243	24,604	2,151	3,964	24,49	49,03	20,37

gomas e inclusive materiales solubles en agua (Ayala et al. 2007). No hubo diferencias, en los resultados obtenidos del análisis de las sustancias solubles en la mezcla tolueno – etanol, por el contrario son muy similares para las dos muestras analizadas y fue muy parecido al valor obtenido por Ayala et al. (2007) para la madera de *E. grandis*. Estos resultados también presentan similitud con los reportados por Rivas y Cobas (2006) para clones de *Populus canadensis* y *Populus deltoides*. El bajo porcentaje obtenido de las sustancias solubles en etanol al 95%, se debió a la presencia de pocos compuestos polares afines al etanol, presentes en la muestra, ya que ésta había sido tratada previamente con la mezcla de tolueno - etanol, por lo que se logró remover de la muestra el remanente de sustancias polares que no extrajo la mezcla antes señalada.

Selección de las condiciones de operación bajo las cuales se llevó a cabo el tratamiento térmico, aplicado a la corteza del *E. urophylla*

En la matriz de selección, se puede observar que los métodos que siguieron en puntaje al termoquímico, fueron el alcalino y el ácido. Por ser el hidróxido sódico el que proporciona el medio alcalino en los procesos de pulpado, a nivel industrial y el ácido sulfúrico el que proporciona el medio ácido, se seleccionaron estos dos agentes químicos que, junto a las condiciones antes establecidas, formaron parte del tratamiento aplicado sobre la corteza de *E. urophylla*. En cuanto a la presión y temperatura de operación, se trabajó con las máximas permisibles por el autoclave que de acuerdo a históricos de

la Fundación CIEPE no excedieron los 28 psi (0.2 MPa) y 136 °C (409 K), respectivamente. Es importante destacar que los valores antes señalados fueron seleccionados y considerados como limitantes del proceso ya que de haber contado con un equipo que permitiera alcanzar una mayor temperatura máxima, se hubiera seleccionado 150 °C puesto que a esta temperatura ocurre una mayor deslignificación ya que el rango de temperatura para pastas termoquímicas está entre 140 y 160 °C (Núñez, 2005).

Evaluación de los tratamientos sobre la corteza del *E. urophylla*

En la tabla 2 se presentan las condiciones bajo las cuales se realizaron las cocciones de la corteza de *E. urophylla*. Cada procedimiento se realizó por duplicado bajo las mismas condiciones, con el fin de darle validez al experimento. La tabla 3 muestra la cantidad de material sólido y licor negro obtenidos durante los distintos procesos de cocción. Se observa que la mayor cantidad de material sólido correspondió al proceso neutro, lo cual concuerda con la información suministrada para pastas de celulosa de tipo termomecánica (Pasta y papel, 2004).

Se pudo observar una disminución del pH en el licor negro, en cada proceso aplicado sobre la corteza de *E. urophylla*, esto se debió, seguramente, a que durante el proceso de deslignificación se generó la liberación de ácidos carboxílicos (ácido fórmico y acético) como acetilos y metoxilos (Núñez, 2005), los cuales acidifican el licor de cocción. En el proceso llevado a cabo en

**Tabla 2:** Condiciones de operación seleccionadas para los tratamientos ácido, alcalino y neutro.

TRATAMIENTO	Materia prima (MP)			Proceso		
	Cantidad procesada en base seca (Cp±0,05)g	Relación MP-LB	pH licor blanco (pH±0,005)	Temperatura máxima (T±0,5)°C	Presión máxima (P±0,5)Psi	Tiempo (t±0,05)h
ÁCIDO	600,00	1:16	3,000	135,0	27,0	2,00
ALCALINO	600,00	1:16	12,000	136,0	28,0	2,00
NEUTRO	600,00	1:16	7,000	134,0	26,0	2,00

Tabla 3: Cantidad de material sólido y de licor negro obtenidos durante los distintos procesos de cocción.

Proceso	Material sólido en base seca (Ms±0,05)g	Licor negro recolectado (LN±0,3)L	pH licor negro (pH±0,005)
Ácido	480,00	39,0	2,400
Alcalino	510,00	52,0	11,800
Neutro	570,00	13,0	6,600

medio ácido, el pH del licor negro sufrió la mayor disminución, lo cual supone un aumento en la severidad del tratamiento. Esto explica el porqué se obtuvo una menor cantidad de material sólido después de la cocción en dicho medio.

Composición porcentual de lignina, celulosa y hemicelulosa del material sólido obtenido en los tratamientos térmicos

En la tabla 4 se presenta la composición porcentual del material sólido que se obtuvo luego de los diferentes tratamientos aplicados sobre la corteza de *E. urophylla*. Se pudo observar una disminución en los denominados extractivos totales, los cuales lo conforman las sustancias solubles en la mezcla tolueno-etanol y las solubles en agua a 95 °C (368 K), siendo mayor la disminución de estas sustancias durante el tratamiento en medio alcalino. Ésta disminución supone una menor cantidad de ceras, grasas, resinas, aceites, colorantes orgánicos (clorofila), taninos, gomas y sales inorgánicas, en el material sólido obtenido luego de los tratamientos, especialmente, en

medio alcalino. La tabla 5 muestra el rendimiento en cuanto al aprovechamiento de la materia prima, así como también, el rendimiento en cuanto a la deslignificación. Con base en estos resultados se seleccionó el tratamiento térmico en medio alcalino por ser el proceso de pulpado con el cual se alcanzó una mayor deslignificación en la corteza de *E. urophylla*.

Durante el pulpado en medio ácido, el pH es de vital importancia y debe ser seleccionado cuidadosamente, porque cuando es demasiado bajo la degradación no es completa y por otro lado, a altas concentraciones de iones hidrógeno sucede que las reacciones de condensación de los fragmentos disueltos es excesiva, además de sufrir la celulosa una degradación tal, que se inutiliza el producto para su uso como fibras (Núñez, 2004). El aumento del porcentaje de hemicelulosa, no significa que se reproduzcan durante la cocción. Los monómeros de glucosa, productos de la disminución del grado de polimerización de la celulosa, ya no son contabilizados como éste último polímero durante la caracterización del



Tabla 4: Composición porcentual de extraíbles y macromoléculas de la corteza de *E. urophylla* después de la aplicación de los diferentes tratamientos térmicos.

TRATAMIENTO	Extraíbles		Total extraíbles	Macromoléculas		
	Tolueno-etanol (2:1) (t-e±0,003)%	Agua a 95°C (Ag±0,003)%	Tolueno-Etanol (2:1) mas Agua a 95°C (E _{TOTAL} ±0,003)%	Lignina insoluble en ácido (Lig±0,02)%	Celulosa (Cel±0,02)%	Hemicelulosa (Hem±0,04)%
ÁCIDO	0,525	0,040	0,565	11,49	49,62	38,32
ALCALINO	0,173	0,003	0,177	6,52	74,38	18,93
NEUTRO	1,296	0,009	1,305	22,27	63,59	12,84

Tabla 5: Rendimiento en cuanto al aprovechamiento de la materia prima y rendimiento en cuanto a la deslignificación.

Tratamiento	Rendimiento en cuanto al aprovechamiento de la materia prima (R1±1)%	Rendimiento en cuanto a la deslignificación (R2±0,02)%
Ácido	80	53,09
Alcalino	85	73,39
Neutro	95	9,07

material sólido, sino que por tratarse de monosacáridos son atribuidos a las hemicelulosas (Ugalde, 2003).

CONCLUSIONES

El porcentaje de las sustancias denominadas extraíbles fue de (6,115±0,003)%, bajo en comparación al reportado en la bibliografía (Orea et al., 2006). El porcentaje de lignina presente en la corteza de *E. urophylla* fue de (24,49±0,02)%, valor que se encuentra dentro del rango establecido por las Normas TAPPI. La celulosa, en la corteza de *E. urophylla*, con un porcentaje de (49,03±0,02)%, representó el componente mayoritario en la composición de dicha corteza. Los polisacáridos totales, formados por las hemicelulosas, con un porcentaje de (20,37±0,04)% y celulosa, constituyeron más de las tres quintas partes de la composición porcentual de la corteza de *E. urophylla*. El proceso de pulpado, en medio neutro, demandó una mayor cantidad de licor de cocción (agua), que los procesos en medio ácido y alcalino, siendo éste último el que requirió menor cantidad de licor blanco durante el proceso de pulpado. El mayor rendimiento, en cuanto a la deslignificación, se obtuvo durante el tratamiento térmico en medio alcalino, el

cual fue de (73,39±0,02)%, al tiempo que se obtuvo un rendimiento en cuanto al aprovechamiento de la materia prima de (85±1)%.

AGRADECIMIENTOS

La presente investigación ha sido realizada con la participación concedida por El Centro de Investigaciones del Estado para la Producción Experimental Agroindustrial (FUNDACIÓN CIEPE).

REFERENCIAS

1. Ayala, A., Cobas, A., Rivas, P. y Keil, G. (2007). Estudios químicos sobre madera de *eucalyptus grandis* hill ex maiden afectada por incendio superficial e impregnada con cca. [Documento en línea]. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=48101305>, <http://64.233.169.104/search?q=cache:rxFi9Tev9fMJ:fcf.unse.edu.ar/pdf/>. Consultado el día 15 de junio de 2008.
2. Kroger, A. (2007). Morfología y usos productivos de la madera. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.gtioruguay.com/madera.htm>. Consultado el día 14 de noviembre de 2007.



3. Núñez, C. (2005). Albura, duramen y taninos. [Documento en línea]. Disponible en: http://www.aulavirtual-exactas.dyndns.org/INDEPb826/document/Madera_pulpa_y_papel/Albura%2C_duramen_y_taninos.pdf. Consultado el día 23 de junio de 2008.
4. Orea, U., Cordero, E. y Gómez, R. (2006). Estudio comparativo de la composición química de la corteza de tres especies de eucaliptos a tres alturas del fuste comercial. *Revista de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero*. 13 (44-55). Argentina. ISSN: 0328-0543. [Documento en línea].
5. Orea-Igarzaa, U.; Cordero-Machado, E.; Pérez, N.; Gómez, R. (2006). Composición química de la corteza de tres especies de eucaliptos, a tres alturas del fuste comercial. Parte 2 *Eucalyptus pellita* f. muell. *Revista Forestal Venezolana* 50 (1) pp. 53-58.
6. Orea-Igarzab, U.; Cordero-Machado, E.; Pérez, N.; Gómez, R. (2006). Composición química de la corteza de tres especies de eucaliptos, a tres alturas del fuste comercial. Parte 3 *Eucalyptus saligna* Smith. *Revista Forestal Venezolana* 50 (1) pp. 59-64.
7. Orea-Igarzac, U.; Cordero-Machado, E.; Pérez, N.; Gómez, R. (2006). Composición química de la corteza de tres especies de eucaliptos, a tres alturas del fuste comercial. Parte 1 *Eucalyptus citriodora* var. *citriodora*. *Revista Forestal Venezolana* 50 (1) pp. 45-52.
8. Pasta y papel, (2004). [Documento en línea]. Disponible en: http://www.euroglobulus.com/pdf/4203_Pasta_y_Papel.pdf. Consultado el día 24 de junio de 2008.
9. Rivas, P. y Cobas, A. (2006). Estudio comparativo del contenido de lignina y solubles de nuevos clones de álamos. *Actas Jornadas de Salicáceas 2006*. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/.../JS%202006/.../Rivas.pdf>
10. Technical association of the pulp and paper industry, (1997). *TAPPI test methods*: TAPPI press. Atlanta: GA.
11. Ugalde, G. (2003). Determinación de la pérdida de peso y las mejoras en la estabilidad dimensional para *pinus radiata* en un tratamiento térmico con oxígeno. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/determinacion-perdida-peso/determinacion-perdida-peso.pdf>. Consultado el día 16 de abril de 2008.



Diseño de interfaz gráfica para determinar los índices de pigmentación y eritema de la piel humana

F. Narea¹, L. Porras^{1,2}, R. Muñoz¹, A. Muñoz¹

¹Laboratorio Instrumentación y Óptica, Departamento de Física, Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad de Carabobo, Venezuela.

²Facultad de Ingeniería, Universidad José Antonio Páez, San Diego, Estado Carabobo, Venezuela.
fjnarea@gmail.com

Resumen

Las propiedades ópticas de la piel son dinámicas, variables y complejas, pero pueden determinarse cuantitativamente bajo ciertas afirmaciones. El modelo simplificado de la piel humana es usado para el análisis del espectro de reflexión, en todo el rango de longitudes de onda de la luz visible, dominando los cromóforos con propiedades ópticas conocidas a priori (melanina, hemoglobina, entre otros). Basado en este modelo, se diseñó y desarrolló en ambiente Matlab, una interfaz gráfica que permite conocer los índices de pigmentación y eritema, observándose al mismo tiempo, el comportamiento de la densidad óptica de la piel de una determinada región del cuerpo humano. El proceso y evaluación de los datos espectrales, suministrados por un espectrofotómetro de reflexión difusa, es de forma directa y permite visualizar el comportamiento del espectro de reflexión de la piel humana in vivo, determinándose además, la relación absorción y dispersión de la radiación incidente. El monitoreo de las propiedades ópticas de la piel, es un método prospectivo para desarrollos futuros de técnicas alternativa de diagnósticos y terapias dermatológicas, con una reducción al máximo de efectos secundarios.

Palabras clave: Espectroscopía de Reflexión, Índices de Pigmentación, Eritemas, Interfaz Gráfica, Propiedades Ópticas de la Piel Humana.

Design of graphical interface to determine the pigmentation index and erythema index of the human skin

Abstract

The optical properties of the skin are dynamic, variable and complex, but can be quantitatively determined under certain assertions. The simplified model of human skin is used for analyzing the reflection spectrum in the whole range of wavelengths of visible light, dominating the chromophores with optical properties known (melanin, hemoglobin, etc.). Based on this model, design and development in Matlab environment a graphical interface that allows to know the indices of pigmentation and erythema, while observing the behavior of the optical density of the skin of a certain region of the human body. The process and evaluation of the spectral data supplied by a diffuse reflection spectrophotometer is direct and to visualize the behavior of the reflection spectrum of human skin in vivo, also determining the Absorption and dispersion of the incident radiation. The monitoring of the optical properties of the skin is a prospective method for future development of alternative techniques of diagnosis and dermatological therapies with minimization of side effects.

Key words: Reflection Spectroscopy, Pigmentation Index, Erythema, Graphical Interface, Optical Properties of Human Skin.

Introducción

La evaluación de las propiedades ópticas de la piel, sirve como técnica para la cuantificación del contenido y la distribución espacial de los diferentes componentes biológicos en ella [1]. Es también potencialmente útil para diagnosticar enfermedades, investigar el impacto de factores ambientales y evaluar de la eficacia de diversos tratamientos.

Actualmente, la espectroscopía de reflexión difusa es, probablemente, el método óptico más desarrollado para estudiar in vivo la piel. La reflexión de la luz en la piel contiene información sobre la estructura de la epidermis y la dermis, cantidad y densidad de vasos sanguíneos, concentración y distribución espacial de los cromóforos y la naturaleza de los procesos metabólicos. El uso cada vez mayor del láser en tratamientos dermatológicos instiga al estudio de métodos objetivos para planear tratamientos y evaluar los resultados [2]. Estos métodos persiguen mejorar significativamente, la eficacia, reduciendo al mínimo los efectos secundarios adversos

[3]; además, la disponibilidad de estos métodos puede facilitar la selección más conveniente de un tratamiento para un paciente dado.

Se establece que en tratamientos fototérmicos, el riesgo y la severidad de efectos secundarios del malestar del tratamiento aumenta, generalmente, para una piel más oscura y bronceada [4]. Varios estudios (e.g., referencia. [5]) indican que la caracterización de la piel, según la escala de Fitzpatrick, puede no ser suficiente para la evaluación de posibles efectos secundarios con exactitud. Una posibilidad para rectificar la situación, es utilizar medidas objetivas del contenido de la melanina de la piel como parámetro profético, para realizar ajustes del dispositivo fototérmico.

La absorción y las propiedades de dispersión ópticas de la piel, afectan los espectros de reflexión. Por lo tanto, esta proporciona información adicional para el análisis del tejido de la piel y el estudio de sus procesos biofísicos.

Se sabe que la melanina epidérmica [6,7] absorbe con eficacia la luz de todas las longitudes de onda, a partir de 300nm a 1.000nm, pero la absorción más intensa ocurre en longitudes de onda más cortas, esto es para el rango del UV cercano [6,8]. El contenido de sangre en la piel varía dentro de una amplia gama dependiendo de las patologías de la piel (inflamación, edema, quemadura, etc.) y de los factores ambientales (temperatura, radiación, presión, etc.).

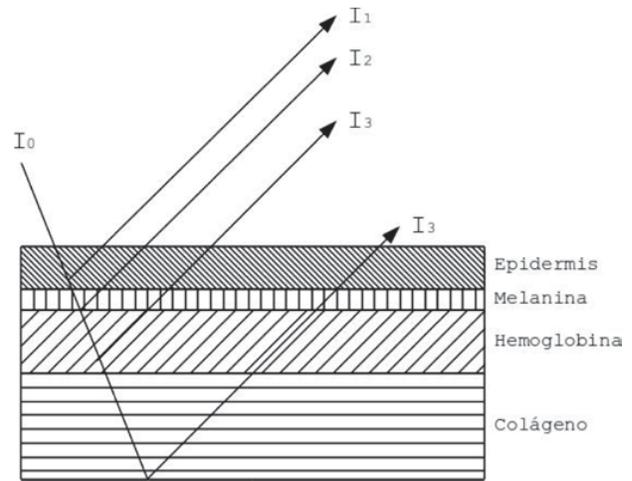
En la práctica, el contenido de cromóforos en piel es caracterizado por un parámetro llamado *índice de pigmentación*, que se define para un tipo de cromóforo dado, como una cantidad proporcional a la concentración media de cromóforos en un volumen muestreado de tejido. Este índice de pigmentación es una medida útil del contenido cutáneo de los cromóforos, y se pueden utilizar para la caracterización cuantitativa de las condiciones patológicas del tejido.

La información completa sobre la concentración y la distribución espacial de los cromóforos de la piel, se pueden obtener a partir de las medidas espectrales y espaciales dadas por la reflexión de la luz en ella. El algoritmo desarrollado de la Interfaz permite observar el comportamiento de la densidad óptica, para determinar los índices de melanina (también conocido como índice de pigmentación (PI)), la bilirrubina y la hemoglobina (conocida como índice del eritema (EI)) [9-15], en determinados rangos de longitudes de onda. Adicionalmente, a partir de los datos espectrales, se determina la relación de absorción y esparcimiento de la luz en la piel para una región del cuerpo humano.

Modelo óptico simplificado para la piel humana

Para el análisis, se usó el llamado modelo óptico simplificado de la piel, constituida por tres o cuatro capas, cada una de las cuales transmite y esparce la luz homogéneamente [Figura 1]. Este modelo óptico simplificado de las tres capas, tiene concordancia con la estructura de la piel. La capa córnea, incluida en la capa 1, es responsable de, solamente del 5-7% de la reflexión (incluyendo la reflexión de Fresnel) e induce, principalmente, un esparcimiento difuso, hacia adelante, de la luz, permitiendo su penetración en la epidermis. En la epidermis, (capa 1), la luz es absorbida fuertemente por la melanina y la parte no-absorbida alcanza la dermis papilar, rica en hemoglobina (capa 2). La parte restante de la luz, entonces, es reflejada por el colágeno cutáneo (capa 3). Así, la luz reflejada por la dermis, alcanza la superficie de la piel después de pasar dos veces por las capas ricas en hemoglobina y melanina [1, 16, 17].

Figura 1: Modelo Óptico Simplificado de Tres Capas para la Piel Humana.



Para un medio turbio, como la piel humana, la reflexión difusa R_D , determina la densidad óptica (OD) aparente del medio [5,17, 18],

$$OD = -\lg R_D \tag{1}$$

Si se asume que la contribución de las primeras dos capas, en la reflexión difusa total de la piel, es perceptiblemente más baja que la de la tercera capa, la densidad óptica de la piel está dada por la suma de densidades ópticas de las primeras dos capas, conteniendo la melanina (OD_1^{mel}) y sangre (OD_2^{sangre}),

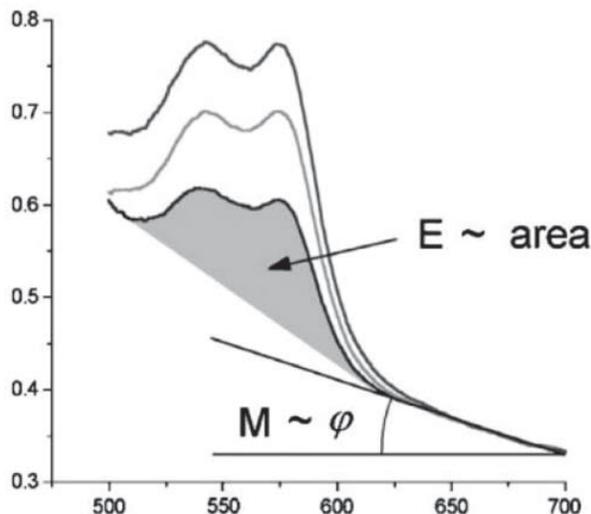
$$OD = OD_1^{mel} + OD_2^{sangre} - \lg(R_{d,3}^{col}) \tag{2}$$

donde $R_{d,3}^{col}$ es la reflectancia del colágeno dermal (tercera capa). Debido a la absorción fuerte de la melanina en la gama espectral UV, el índice M de la melanina, se puede definir como la pendiente del espectro de reflexión entre 365 y 395 nm, que se correlaciona con el contenido de la melanina [3,19].

Debido a la influencia mínima de la hemoglobina, la gama espectral del infrarrojo cercano es una región alternativa para determinar índice de la melanina [Figura 2]. Kollias y Baqer [1,17, 20] divulgaron que la pendiente del espectro de reflexión para la piel, entre las longitudes de onda de 620-720nm, es directamente proporcional al contenido de la melanina en la epidermis. Específicamente, el índice de la melanina es definido por la pendiente de $OD(\lambda)$ entre 650-700nm.



Figura 2: Definición de los Índices de Pigmentación y Eritema.



$$M = 100 \left(\overline{OD}_{650} - \overline{OD}_{700} \right) \quad (3)$$

donde los subíndices denotan las longitudes de onda. Una definición ampliamente utilizada para el índice del eritema, es dada por el área bajo la curva espectral OD(λ), entre 560-650nm [18]. También, se puede determinar la relación entre el coeficiente de absorción y el coeficiente de esparcimiento de la piel, dada por:

$$\frac{K}{S} = \frac{(1-R)^2}{2R} \quad (4)$$

en donde ambos coeficientes de absorción (K) y esparcimiento (S), son funciones de la longitud de onda y se relacionan con la reflectancia del cuerpo o la muestra.

Materiales y Métodos

Espectrofotómetro de Reflexión Difusa

El espectrofotómetro usado posee una esfera integradora, que consiste, básicamente, en iluminar la muestra con luz blanca y concentrar la luz reflejada en todas las direcciones de la esfera, en un dispositivo monocromático que descompone la luz en distintos intervalos de longitudes de onda, para producir un espectro de reflectancia. La reflectancia de una muestra se expresa como una fracción entre 0 y 1, o como un porcentaje entre 0 y 100. Es importante darse cuenta que los valores de reflectancia obtenidos, son valores relativos y, para muestras no fluorescentes, son independientes de la calidad y cantidad de la luz usada para iluminar la muestra.

Para lograr la recolección de datos, se usó un espectrofotómetro MiniScan® XE Plus, que cuenta con una fuente de luz estable y una analizador bajo

en ruido, permitiendo que el proceso de evaluación sea logrado rápidamente, esta adquisición de datos se realizó, teniendo en cuenta las siguientes condiciones: Evitar el movimiento del espectrofotómetro respecto a la superficie de la piel, presión entre el instrumento y la piel debe ser uniforme y temperatura ambiental constante.

Desarrollo de la Interfaz Gráfica

La interfaz gráfica de usuario [Figura 3], fue desarrollada en el entorno de programación MatLab2008b, mediante un algoritmo basado en las expresiones (2) para calcular el índice de pigmentación y el índice de eritema, a partir del área bajo la curva, en la región comprendida entre (560-650) nm [Figura 4]. El algoritmo también permite determinar la densidad óptica y la relación K/S, usando las ecuaciones (1) y (4), respectivamente.

Figura 3: Índice de Melanina.

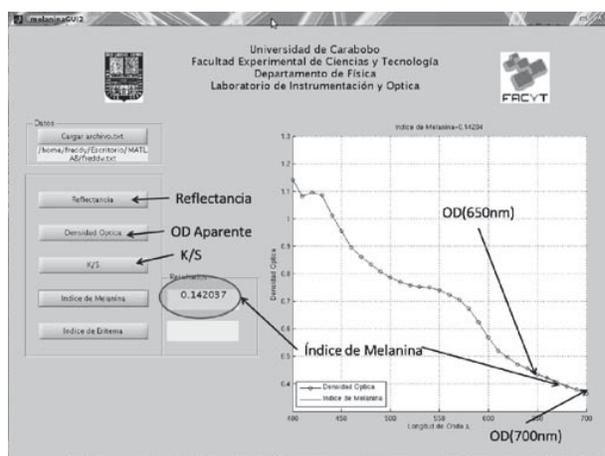
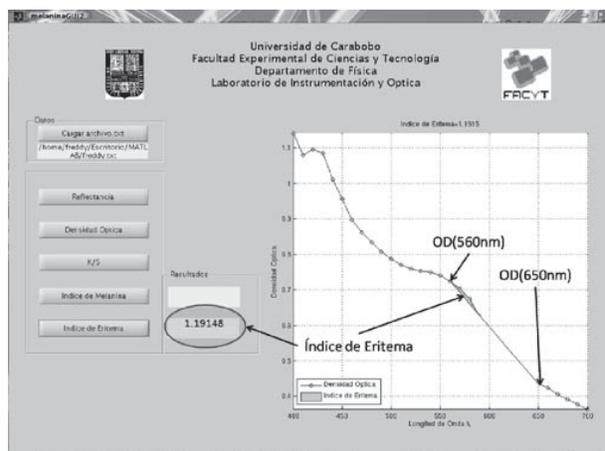


Figura 4: Índice de Eritema.



El ambiente gráfico permite al usuario visualizar el espectro de reflexión difusa en función de la longitud de onda de la radiación incidente. Este tipo de cálculo puede llevar a establecer, a futuro, una clasificación del tipo de



piel, con mayor precisión y exactitud que la escala de Fitzpatrick.

Al presionar "Cargar Archivo.txt" se carga el archivo de texto (extensión.txt) con los datos espectrales suministrados por el espectrofotómetro de reflexión difusa. Estos se recogen en 31 intervalos de longitudes de onda (los cortes van de 400nm, 410nm, 420nm... 700nm). Durante la sesión de análisis de los datos, se indica la ubicación del archivo en la computadora, esto con la finalidad de poder verificar si es el archivo correcto con el cual se está haciendo el procedimiento.

Resultados y Análisis

En la [Tabla 1] se muestran los resultados obtenidos para el índice de melanina y de eritema, determinados con la interfaz para tres sujetos con tonos de pieles diferentes. Se observa que la concentración de melanina y de eritema aumenta, desde un valor de 0,00686, para el caso de piel clara, hasta 0,25038 para el de piel oscura. El índice de eritema muestra un comportamiento inverso al de la melanina, ya que mientras más oscura es la piel este disminuye desde 1,82803, para piel blanca, hasta 0,00895 para la piel oscura.

Tabla 1: Índice de melanina y de eritema determinado con la interfaz.

Tipos de Piel	Índice de Melanina	Índice de Eritema
Blanca	0,00686	1,82803
Morena	0,14204	1,19148
Oscura	0,25038	0,00895

Conclusiones

La técnica desarrollada es promisoría para el análisis y evaluación de la piel humana in vivo y una vía rápida y no invasiva, siendo potencialmente útil para la caracterización de los tipos de piel. La interfaz desarrollada en este trabajo, optimiza el proceso y la evaluación de los datos de reflectancia de la piel a partir de los datos espectrales. Permite observar el comportamiento de la densidad óptica, al determinar los índices, tanto de pigmentación como de eritema, en determinados rangos de longitudes de onda. Con los Índices de Pigmentación y Eritema determinados con el algoritmo de la interfaz, se puede, posteriormente, realizar un estudio detallado y obtener una clasificación del tipo de piel, con mayor exactitud que la escala de Fitzpatrick, esto con el objetivo de poder establecer tratamientos dermatológicos más adecuados.

Referencias

[1] Kollias N, Bager AN. Spectroscopic characteristics of human melanin in vivo. *J. Invest Dermatol* 1985;38-42.

[2] Vasily DB. A report on using reflectance spectrophotometry to achieve highly effective and complication-free ruby laser hair removal. *Cosmet Dermatol* 2002;15:53-56.

[3] McBurney EI. Side effects and complications of laser therapy. *Dermatol Clin* 2002;20:165-176.

[4] Nanni CA, Alster TS. Laser-assisted hair removal: Side effects of Q-switched Nd:YAG, long-pulse diode, and alexandrite lasers. *J Am Acad Dermatol* 1999;41:167-171.

[5] Chan HH, Fung WKK, Ying SY, Kono T. An in vivo trial comparing the use of different types of 532 nm Nd:YAG lasers in the treatment of facial lentigines in oriental patients. *Dermatol Surg* 2000;26:743-749.

[6] Gange RW, Parrish JA. Acute effects of ultraviolet radiation upon the skin. In: Parrish JA, Kripke ML, Morison L, editors. *Photoimmunology*. Chapter 5. New York: Plenum Press; 1983. pp 77-94.

[7] Kingman AM. Solarelastosis in relation to pigmentation. In: Fitzpatrick TB, Pathlak MA, Harber LC, Seiji M, Kukita A, editors. *Sunlight and man*. Tokyo: University of Tokyo Press; 1972. pp 157-163.

[8] Kollias N, Sayer RM, Zeise L, Chedekel MR. Photoprotection by melanin. *J Photochem Photobiol B* 1991;9:135-160.

[9] Asawanonda P, Anderson RR, Chang Y, Taylor CR. 308-nm excimer laser for the treatment of psoriasis. *Arch Dermatol* 2000;136:619-624.

[10] Wan S, Jaenicke KF, Parrish JA. Comparison of the erythemogenic effectiveness of ultraviolet-B (290-320 nm) and ultraviolet-A (320-400 nm) radiation by skin reflectance. *Photochem Photobiol* 1983;37:547-552.

[11] Wan S, Parrish JA, Jaenicke KF. Quantitative evaluation of ultraviolet induced erythema. *Photochem Photobiol* 1983;37: 643-648.

[12] Kollias N, Bager A. An experimental study of the changes in pigmentation in human skin in vivo with visible and near infrared light. *Photochem Photobiol* 1984;39:651-659.

[13] Kollias N, Bager AN. Quantitative assessment of UV-induced pigmentation and Erythema. *Photodermatology* 1988;5: 53-60.

[14] Feather JW, Haijzadeh-Saffar M, Leslie G, Dawson JB. A portable scanning reflectance spectrophotometer using visible wavelengths for rapid measurement of skin pigments. *Phys Med Biol* 1989;34:807-820.

[15] Knudsen A. Prediction of later hyperbilirubinaemia by measurement of skin colour on the first postnatal day and from cord blood bilirubin. *Dan Med Bull* 1992;39:193-196.



- [16] Zonios G, Bykowski J, Kollias N. Skin Melanin, Hemoglobin, and Light Scattering Properties can be Quantitatively Assessed In Vivo Using Diffuse Reflectance Spectroscopy. *The Society for Investigative Dermatology, Inc.* 2001;117:1452-1457
- [17] Dolotov L.E., Sinichkin Yu.P., Tuchin V.V., Utz S.R., Altshuler G.B., and Yaroslavsky I.V. Design and Evaluation of a Novel Portable Erythema-Melanin-Meter. *Lasers in Surgery and Medicine* 34:127–135 (2004)
- [18] Dawson JB, Barker JW, Ellis DJ, Grassam E, Cotterill JA, Fisher G, Feather J. A theoretical and experimental study of light absorption and scattering by in vivo skin. *Phys Med Biol* 1980;25:695–709.
- [19] Bjerring P, Andersen PH. Skin reflectance spectrophotometry. *Photodermatol* 1987;4:167–176.
- [20] Kollias N, Bager AN. On the assessment of melanin human skin in vivo. *Photochem Photobiol* 1986;43:49–54.



LISTA DE ÁRBITROS

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

Aguiar Yaima	González Tibisay	Obediente Mercedes
Allbert María Irene	González Yolé	Ochoa Nilda
Álvarez Dilia	Grimón Francisca	Oliveros Olga
Álvarez Rosyris	Guanipa Luis	Olsum Aramburu
Araujo Leída	Guevara Liliam	Orfila Rosmer
Arcila María	Henry Carmen	Orta Edith
Arguello Emma	Henry Cirilo	Ortiz José
Arraez Guillermo	Heredia Alonso	Pacheco Ximara
Ascanio Rafael	Hermoso Víctor	Padrón María Del Carmen
Balestrini Gilda	Herrera Álvaro	Páez Haydee
Balestrini María Gabriela	Herrera Mariela	Páez Ivel
Barbera Gerardo	Hinojosa Nelly	Parra Gabriel
Benavides Nelly	Iglesias Martha	Pérez Miguel Alejandro
Bizquerra Rafael	Indriago Rosa	Pérez Rubén Darío
Blanco Berenice	Jácome María Isabel	Pérez Veloz José
Blanco Carmen	Jiménez Emir	Pinto Alexander
Bordones Merlina	Jiménez Rocío	Quintero María Estela
Briceño Thairy	Labrador María Elena	Racamonde Minerline
Cabrera Pedro	Larrea María	Rangel Rubén Darío
Camacho Iris	Lesiree Omaira	Raquel Yustys
Campos María Lorena	Liccioni Edith	Reyes Dunia
Casamayor Coromoto	Linarez Zoraida	Ríos Juana
Castellano Andreina	Lizardo Lesbia	Rivera Marisol
Castillo Lisbeth	Logodice Zuleima	Rodríguez Iliana
Castillo María Auxiliadora	López Ana Mercedes	Rojas Luisa
Cejas Magda	López Frank	Rojas Sandra
Chacón Yadira	López José Gregorio	Rufino Juan
Chávez José	Machado Franklin	Ruiz Gerardo
Chourio Natalia	Machado Gregorio	Sanabria Marisol
Corral Yadira	Macías Aída	Sánchez Tovar Ligia
Couto María Dolores	Macías Max	Silva Ludy
Crespo Hanny	Malpica Alida	Smith Rolando
De Abreu Senaida	Marcano Arelis	Soto Luisa
De Agrela Bernardette	Marcano Luzmila	Soto Minerva
De Caires Eusebio	Marrero Anaís	Tadeo Morales José
De Castro María	Martínez Elizabeth	Talavera Gilda
De Gouveia María Graciela	Martínez Manuel	Talavera Ilda
De Muñoz Rosa Morales	Martínez Odalys	Talavera Marlene
Díaz Esmeya	Medina Elsi	Talavera Rosa
Díaz Rosana	Medina Orellan Jhonattan Gabriel	Toro Josefina
Díaz Rubén	Mendible Armando	Torres Damilano Eliana
Dos Santos Aldora	Meneses José Ignacio	Tovar Nancy
El Hambre Samir	Montilla Leticia	Trestini María Luisa
Fagundez Tamara	Mora Ángela	Vallejo Grissel
Fernández Alexis	Morales Vanessa	Valles Zaida
Fernández Gustavo	Morales Vilma	Ventura Maigualida
Flores Mariángela	Morillo Marisela	Villegas Zoraida
Flores Mitzi	Morillo Santa	Yassir Nagib
Giménez Yajaira	Morrueta Marco	Zambrano Aura Ynés
Gómez Wilma	Mota Dorenis	Zambrano Carlos
González Julio	Munar Libardo	
González María Cristina	Naveda Omaira	



FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y SOCIALES

Acevedo Dorias	Figueredo Esther	Núñez Elvis D.
Aguiar Yaima	Flores Mariangela	Obando Laura
Alfaro Alba	Flores Raquel	Oberto Tania
Álvarez Aquiles	Fornegra Ana	Ocando Manuel
Amaya Zoila	Fuentes Flor Alba	Ochoa Hilvimar
Arana Silvia	Galíndez Luis	Orfila Rosmer
Aranguren Williams	Gasparini Víctor	Orozco Cirilo
Araujo Alice	Gómez Giovanni	Ortega Oswaldo
Arevalo Nereida	Gómez Shirley	Osío Lubiza
Arguello Emma	Gómez Wuilman	Pacheco Ximara
Astudillo Eugenia	González María Cristina	Páez Tomás
Avellana Mónica	González Ricardo	Pariente José Luis
Barradas María	González Yole	Parra Fernando
Belmonte Ana	Grau Carlos	Parra Gabriel
Benavides Nelly	Grover Moro Guillén	Parra Rosalba
Bolívar Nancy	Guevara Gustavo	Pereira Lourdes
Bolívar William	Guillén Maribel	Pérez Anibal
Borges Aismara	Gurrola Cesar	Pérez Liliana
Briceño Doris	Hernández Freddy	Pérez Silva Iraidia
Briceño María Auxiliadora	Hernández Gladis	Perrería Lourdes
Cabrera Gerber	Hernández Morayma	Petit Nattaly
Camacaro Marbella	Hernández Oliverio	Poriet Yenitza
Camacaro Wilfredo	Ibáñez De Castillo Neyda M.	Puerta Jesús
Camejo Armando	Ibarra Jaime	Puerta Riera María Isabel
Campos Víctor	Irausquín Caridad	Quintana Dhynaida
Cárdenas Edith	Jácome María Isabel	Ramos Katiuska
Casamayor Coromoto	Juan Pedro Juan	Ramos Marielys
Castro Rebeca	La Madrid Jenni	Rey Nerza
Cejas Ismael	Lago Ana	Richter Jackeline
Cejas Magda	Lamedá Ramón	Rivas Frank
Cejas Mairy	Larrea María	Rivero Carmen Irene
Celis María Teresa	León Franklin	Robles Alexis
Chirinos Nilda	Lira Luis	Rodríguez Miguel
Colina Rojas Alí	Lizardo Lesbia	Rojas Belkys
Colmenarez Marielba	López Ernesto	Rojas Celsa V.
Contreras Ismaira	López Mary	Salazar Amira
Contreras Juan Carlos	López William	Salazar Luz María
Cordero Ana	Mago Gladys	Saldivia Eleana
Cordero Yoskira	Marcano Luzmila	Sambrano Aura
Correa Dalia	Marcano María Luisa	Sánchez Ligia
Correa Marisela	Márquez Luz Marina	Sánchez Mendoza Mayerling
Correia Liliana	Márquez Ysrael	Sarratud Alida
De Álvarez Fátima	Martínez de Tortolero Evelyn	Soto Ligia
De Castillo Alicia	Martínez Emma	Suárez Ahimara
De Hernández Ángela	Martínez Gabriela	Sunico Marcos
Delgado Adriana	Martínez P. Héctor Florencio	Terán Claudia
Delgado de Smith Yamile	Matud Pilar	Terán María Del Pilar
Delpino María José	Medina Mailynd	Toro Josefina
Díaz Esmeya	Meléndez Irima	Torres Gordillo Juan Jesús
Diez Eliett	Mendoza Ermelinda	Tovar Belkys
Escalona Miguel	Mendoza Minerva	Urbina Jesús
Espinoza Alibel	Monserrat Juan	Velásquez Janet
Estrada Elibeth	Morillo Mariesal	Villalba Leonardo
Fernández Gustavo	Navarro Exau	Villasana Pedro



Vivas Arelis
Yanes Leopoldo

Ybarra Jaime
Zaa José Rafael

Zambrano Carlos
Zingales Rosalía

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Abellana Mónica
Aguilera Ana
Altomare P. Vanessa
Aular Mariela
Bertsch Annalisse
Besembel Isabel
Betancourt Figueroa Paulino J.
Blanco Berenice
Bosnjak Seminario Antonio
Bravo Bravo Víctor Rafael
Briceño C. Jorge A.
Brizuela V Julissa Del V
C. E. Vega Y G
Castañeda Antonio
Colmenares María Cristina
Correia Angelina
Dávila Pérez Jesús Enrique
De Abreu María Fátima
Delgado Linarez Desirée
Falcón Nelson
Fernández Celeste
Ferruzca Navarro Marco Vinicio
Gil García Fidel E.

Giugni O. Marilyn
González Aura Marina
González Sánchez Tibisay Cecilia
Grimón Francisca
Guerra Aníbal
Guerra Laura
Guevara M. María Maigualida
Guía Feliche Ronald
Guillén Drija Christian
Gutiérrez Estatio
Hernández Carlos
Herrera Mirella
Izzedelin Noja
Jácome María Isabel
Liccioni Edith
Lizardo Lesbia
Londoño Peggy
Mallia Auxilia
Manganiello Lisbeth
Márquez Adriana
Martínez Olga
Meneses José
Micres Alberto

Moreno Gervanny
Muñoz Rafael Alberto
Ortega Dinarle
Ospina Abelardo
Pacheco S. Lisbeth C.
Pinto Gilberto
Puig Cristián
Raimundez Urrutia Elena
Ramírez Nelson
Rivas Joel
Rivera Rodríguez Yezabel
Rodríguez Gil Josefina Del
Carmen
Romero Antonio
Sánchez Nereida
Sidorovas G. Luis F.
Téllez I. Jesús A.
Teruel Alejandro
Uzcategui Elluz
Vivas A. K.
Windevoxel Reyna
Yamal Turbay Evelyn

FACULTAD DE CIENCIAS JURÍDICAS Y POLÍTICAS

Abellana Chaybub Mónica R.
Acosta Pérez Grushenka Yumair
Aranguren Williams
Bahri Pinto Ramón José
Benavides De Castañeda Luisa E.
Bencomo Escobar Tania Zulay
Bonnemaison Oñate María A.
Camacaro Wilfredo
Castro Soto Rebeca Mercedes
Chacón Peraza Yohan Antonio
Colombeth Cristiam
Delgado Castillo Aura Adriana

Ferrer Camacho Lucy Carmen
Figueredo Vigil Esther Verónica
González María Cristina
Gutiérrez Dáher Scarlett Elena
Jurado Laurentín Daniel Alejandro
Lameda Ramón
Landáez Arcaya Leoncy Verónica
Larrea María
López Pantoja Katiuska Carolina
Melet Padrón Anabel Del Carmen
Montilla Ramonis Leticia C.
Ojeda De Gómez Rosa Graciela

Ollarves Velásquez Lucilda Fátima
Orfila Rosmer
Parra Gabriel
Pernía Hoyo Nuvia Del Carmen
Reyes Gutiérrez María Alejandra
Rivas Frank
Rutman Cisneros David José
Salcedo Medina Aurora Celina
Sánchez Brito Eloisa Del Carmen
Terán Pérez Claudia Mayela
Urdaneta García Argenis Saul

FACULTAD DE INGENIERÍA

Acosta Morella
Albornoz José
Almarza Ángel
Altomare Vanesa
Alvarado Carlos
Aular Aleida
Baricelli Pablo
Barrios Mariana
Belandria José
Belén Douglas
Benigni Gladys

Bermúdez Yeicy
Bojnask Antonio
Bueno Alexander
Cabello Sandra
Caralli Antonino
Carrero María
Cartes Pamela
Castillo Alfredo
Colina Belinda
Colmenares María
Correia Angelina

Cova Ángela
Cruz Marlon
de Fuentes Yudith
De Sousa Luis
Díaz José
Escalona Leyda
Espinoza Tony
Falcón Víctor
Farias Norge
Fernández Celeste
Ferrara Griselda



Figueredo Edith
Florenino Adriana
Flores Carmen
Fransceschi Katiuska
García Teodoro
Geant Carmen
Gil Fidel
Giraldo Marisela
Gómez Ezequiel
González Aura
Grimón Francisca
Guedez Carmen
Guerra Laura
Guevara Edilberto
Gutiérrez Edixon
Hernández Carlos
Hernández Rafael
Izzedelin Noja
Jiménez Carlos
Lameda Ramón
Londoño Peggy
López Nereida
Magarielo Donato
Maldonado Adriana
Mallia Auxillia
Manganiello Lisbeth
Marcano Lily
Márquez Adriana
Marquina Germania
Marrero Anaís

Martínez Olga
Martínez Yadira
Mavares Dimas
Medina Emilsy
Mejías Agustín
Meléan Luis
Mendoza Hermelinda
Meneses José
Meza Alejandra
Millán Antonio
Montaño Lilian
Mujica Vicky
Niño Zulay
Ocannto Freddy
Ojeda David
Ordaz Katty
Ortíz Florangel
Ospina Abelardo
Osta Karelys
Ostos Zaida
Pacheco Lisbeth
Padrón Carlos
Paredes Franklin
Petit Arianna
Piña Reinaldo
Piñero Judith
Pirela Gerardo
Pitre Alberto
Polo Mirna
Posso Fausto

Rey Demetrio
Rodríguez Eliana
Rodríguez María Cristina
Rodríguez Mary Carmen
Rodríguez Richard
Romero Antonio
Romero Carlos
Ruíz Omar
Sáenz Laura
Salcedo Zulay
Sánchez Edgar
Sánchez María
Sánchez Nereida
Seijas Cesar
Sidorovas Luis
Stebolina Charles
Subero Neudis
Sulbarán Betzabé
Torres Mary
Urdaneta Katina
Valencia Federico
Velásquez Janett
Villamar Carlos
Villasana Sergio
Villegas Hyxia
Windevoxhel Reyna
Yabroudi Suher
Yamal Evelyn
Zurita Omar

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Acosta María Gabriela
Bolaños Alba
Briceño Thairy
Burgos Angélica
Calatrava Luis
Campos Ana Cecilia
Carballo Graciela
Castillo Ronald
Castillo Ronald
Couto María Dolores
De Lima Ana Rita
De Pino Elvia
Díaz Nayka
Esser Joyce
Falótico Glenda
Farias Francisco
Fasanella María

Ferrer Elizabeth
Gaester Yoseix Carolina
González María Cristina
Hidalgo Heddy
Labrador María Elena
Laserna Marcelo
Laya Conan
Loayza Yajayra
López Belkis
López Mariela
Luisamelia Pino
Madeleva Aude
Manzur Javier
Méndez Ana
Mora Oscar
Orozco Gladys
Ortega Ana

Padrón Daniela
Pérez Mariela
Puertas Norma
Richani Himan
Rojas Carlos
Rojas Tomás
Romero Ybelisse
Sanabria Zulayma
Sierra Farahila
Tirado Ivis
Uribe Sergio
Vásquez Nora
Viaña Francis
Villalobos Ángela
Villamizar Stella



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

Acosta García Edgar J.	Espinoza Z. Milagros	Ortunio Eduardo
Aguilar Fuentes Javier	Fernández Ana A.	Ortuño Magaly
Alcántara Eudomario	Fernández Magola	Oviedo Gustavo
Alvarado Roberto	Fernández Vicenta	Padrón Daniela
Amaro Martín Mariela	Ferrer Elizabeth	Páez María C.
Araque Wolfan	Gaerste Díaz Yosainix Carolina	Paradisi Irene
Aular Aleida	García Jairo José	Pecorelli Mottola Ángelo
Barrios Emilia E	Goncalves Liliana Mónica	Perdomo Meri
Barrios Yubire	Grimón Francisca	Pérez Amilcar
Bastidas Pacheco Gilberto Antonio	Guarate Yeisy	Pérez Mariela
Bethencourt C. Sarah E	Guerrero Arkady	Puente Rodríguez Eduardo
Blanco Carrillo Mercedes Berenice	Guevara Berta	Ramírez Omaira
Boggio J Manuel J.	Guevara Harold	Reigosa Aldo
Bolaños Alba	Leal H Ulises A.	Rivas Gómez Marianela
Bolívar de Muñoz Marla	Librero Liliana	Rodríguez Henríquez Francisco M.
Borges Aismara	Liccioni Edith	Rodríguez Lilia Graciela
Briceño Milagros Thairy	Lo Presti Ana	Rodríguez Maritza
Brito M. Nubia T.	Lozada Alicia	Rojas Tomas
Buccella Salvador	Luigi Sandoval Teresita	Romero Méndez Ybelisse
Camacho G. Daria Elena	Martínez Glendy Maricela	Rondón de Gómez Rosa del Valle
Campos Ana	Mejía Mónica	Rosas Mirna
Cannova de Barela Doménica	Mejías Marianela	Ruiz F Nelina
Carolina	Melo Hurtado Dora Stella	Sáenz Laura
Cardozo Rosa	Micres Alberto	Sanabria Guerra Zulayma
Casart Quintero Yveth	Monserrat Juan	Sanmiguel Flor
Castillo Carlos	Montoreano Ricardo	Sienra Monge Juan José Luis
Castillo Ronald	Morales Blanca	Sierra M Carlos Alberto
Castro de Rojas Ligia	Morales Haydee	Sutil de Naranjo Rosalía
Contreras Víctor	Moreno Gervanny	Tang Yasmin
Cordero Ana	Moreno Nancy	Tocci Dell Oglío Napoleón
Crespo C Nicolás	Morón Alba	Torres Castro Nayeska Marion
Crespo de Hernández Olga	Murillo Castro Ligia	Tovar Dinoska
De Lima Ana Rita	Navarro de Sáez María	Trivino Alisia
Díaz José	Nicita Graciela	Vargas Arenas Jorge
Díaz Nayka	Nobrega Doris	Vargas Rodríguez Elsa
Donoso Triviño Alicia	Oberto B Delia	Varón Arias Milagros
Escobar Rivero Digna	Orozco Moret Cirilo	Vívenes Merlyn Carolina
Esping Herbert	Ortega Neris	

