



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SITUACIÓN AMBIENTAL DE LOS  
LABORATORIOS DE QUÍMICA ANALÍTICA Y QUÍMICA ORGÁNICA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE CARABOBO**

Tutor:  
Prof. María Cristina Colmenares

Autor:  
Adriana González Madero

Valencia, octubre de 2008



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SITUACIÓN AMBIENTAL DE LOS  
LABORATORIOS DE QUÍMICA ANALÍTICA Y QUÍMICA ORGÁNICA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE CARABOBO**

Trabajo especial de grado presentado ante la ilustre Universidad de Carabobo  
para optar al título de Ingeniero Químico

Tutor:  
Prof. María Cristina Colmenares

Autor:  
Adriana González Madero

Valencia, octubre de 2008



---

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo general proponer mejoras para la situación ambiental de los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo. Para ello, fue necesario realizar un diagnóstico de la situación ambiental de los laboratorios, por lo tanto, se especificó el marco legal que rige la investigación y se identificaron y seleccionaron los aspectos ambientales significativos que se generan en las prácticas de los laboratorios, con base en la norma ISO 14001:2004, a fin de conocer los desechos y parámetros fisicoquímicos que debían analizarse; de igual manera, se revisó el manejo y las condiciones de almacenamiento de los materiales peligrosos empleados en los laboratorios. Posteriormente, se realizó la ubicación de los puntos de muestreo y la captación de muestras de desechos líquidos y gaseosos por práctica; los parámetros fisicoquímicos de las muestras fueron analizados con el objeto de comparar los resultados obtenidos e identificar las fallas respecto a la legislación ambiental vigente. Finalmente, con base en los resultados del diagnóstico ambiental y mediante la revisión de las tecnologías disponibles en la actualidad, se plantearon las alternativas más adecuadas para mitigar la contaminación ambiental causada por las actividades de los laboratorios y mejorar su situación ambiental.

Entre las conclusiones más relevantes obtenidas, se determinó, de acuerdo con los análisis fisicoquímicos realizados a las muestras de agua residual de las prácticas, que los efluentes líquidos de los laboratorios presentan parámetros fisicoquímicos por encima de lo establecido en el decreto 3.219 y requieren tratamiento previo a su descarga a las redes cloacales; por otra parte, la emisión de compuestos orgánicos volátiles a la atmósfera en las prácticas del Laboratorio de Química Orgánica no excede el límite permisible establecido en el decreto 638. Para adecuar el agua residual generada en los laboratorios se realizó la propuesta de dos alternativas de tratamiento, una basada en el tratamiento fisicoquímico del agua residual por coagulación-floculación y la otra en el tratamiento electroquímico de los efluentes mediante



## **Resumen**

---

electrocoagulación; así mismo, se verificó que el tratamiento del agua residual aplicando coagulación-floculación permite una remoción significativa de DBO, DQO, cadmio, cromo, cobre, nitrógeno, fósforo y detergentes. De igual manera, los laboratorios requieren del rediseño de sus almacenes de reactivos, de acuerdo con lo establecido en la Ley 55 y el decreto 2.635.

Se recomienda promover el desarrollo de trabajos de grado orientados al diseño e implementación del plan de gestión ambiental de los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica; dictar charlas de información y concientización acerca de las medidas de seguridad y riesgos ambientales asociados a la manipulación de los reactivos utilizados en las prácticas de los laboratorios, dirigidas a la comunidad de la Facultad de Ingeniería; al igual que realizar reparaciones y mantenimiento pertinente a las campanas extractoras de los laboratorios. Adicionalmente, se recomienda el estudio del lodo generado en el tratamiento del agua residual con la finalidad de acondicionarlos y darles una adecuada disposición.

**Palabras clave:** situación ambiental, vertidos líquidos, materiales y desechos peligrosos.



---

## RESUME

This research has as a principal goal to propose the improvement environmental situation of analytical and organic chemistry laboratory in the engineering faculty of the Carabobo University. To do this, it was necessary to make a diagnosis about the environmental situation of the laboratories, in this way it was specified the laws involved in this research and it was identified and selected the significant environmental situations in the practices at the laboratories, it based in the ISO 14001:2004 rule, to realize the waste and physical chemistry parameters that should be analyze; at the same time, it was review the storage conditions about the dangerous material used in the laboratories. Subsequently, it was made location of the sampling points and to obtain the show of liquids and gaseous garbage by practice; the physical chemistry parameters were studied to compare the results and to identify the missed in the current laws. Finally, based on the results, there were showed the better alternative to mitigate the environmental pollution generated in the laboratories, and to improve the situation.

The most relevant conclusion are; the determination based on physical chemistry analysis made at the residual water (sewage) and effluents liquids in the practices are contaminated and it is needed treatment before going to sewer; the emission of volatile organic compound to the atmosphere in the laboratory practices it doesn't exceed the permissible limit establish in the 638 decree. To adapt the residual water it was figure out two ways for the treatment; first based on physical chemistry treatment by coagulation- flock for the water; second electrochemistry treatment for the effluents; in this way it was verified that the treatment by coagulation- flock for the water establish significant movement of DBO, DQO, cadmium, cadmium, nitrogen, phosphorus and detergent. It is important that the laboratories require the redesign in reagent stores, based on 55 law and 2635 decree.



---

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	3
1.1. Descripción del problema .....	3
1.2. Formulación del problema .....	5
1.2.1. Situación actual .....	5
1.2.2. Situación deseada .....	6
1.3. Objetivos .....	6
1.3.1. Objetivo general .....	6
1.3.2. Objetivos específicos .....	6
1.4. Justificación .....	7
1.5. Limitaciones .....	8
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO-REFERENCIAL</b> .....	9
2.1. Antecedentes de la investigación .....	9
2.2. Bases teóricas .....	18
2.2.1. Definición de términos .....	18
2.2.2. Sistemas de gestión ambiental .....	19
2.2.2.1. Política ambiental .....	20
2.2.2.2. Planificación .....	20
2.2.2.3. Objetivos, metas y programas .....	21
2.2.2.4. Implementación y operación .....	22
2.2.2.5. Verificación .....	23
2.2.2.6. Revisión por la dirección .....	24
2.2.3. Elaboración y aplicación de encuestas .....	24
2.2.3.1. Censo y muestreo .....	26
2.2.3.2. Diseño del muestreo .....	26
2.2.3.3. Tipos de muestreo .....	26
2.2.3.4. Tablas para definir la muestra de una población .....	27



---

2.2.3.5. Diseño de las preguntas del cuestionario .....	27
2.2.3.6. Validación del cuestionario .....	28
2.2.4. Diagrama de Ishikawa o diagrama causa-efecto .....	28
2.2.5. Caracterización de agua residual .....	30
2.2.6. Características de las aguas residuales .....	30
2.2.6.1. Características físicas .....	30
2.2.6.2. Características químicas inorgánicas .....	35
2.2.6.3. Características químicas orgánicas .....	38
2.2.7. Técnicas experimentales .....	41
2.2.7.1. Cromatografía de gases .....	41
2.2.7.2. Absorción atómica .....	42
2.2.8. Métodos de tratamiento de agua residual .....	44
2.2.8.1. Clasificación de los métodos de tratamiento .....	44
2.2.8.2. Coagulación-floculación .....	45
2.2.8.3. Electrocoagulación .....	47
2.2.8.4. Sedimentación por gravedad .....	48
<b>CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>49</b>
3.1. Especificación del marco legal que rige la gestión ambiental .....	50
3.2. Identificación de los aspectos ambientales de los laboratorios .....	51
3.2.1. Seguimiento de las actividades de los laboratorios .....	51
3.2.2. Revisión del manejo y disposición de desechos .....	51
3.2.3. Elaboración y aplicación de encuestas .....	52
3.2.4. Identificación de potenciales focos de contaminación .....	53
3.3. Selección de los aspectos ambientales más significativos que constituyan una fuente de contaminación en las prácticas de los laboratorios .....	53
3.3.1. Análisis cualitativo de los aspectos ambientales .....	53
3.3.2. Selección de los desechos que deben analizarse por práctica .....	54
3.4. Análisis de los resultados obtenidos en la caracterización de los desechos .....	54
3.4.1. Muestreo de efluentes líquidos .....	54
3.4.2. Muestreo de gases .....	59
3.4.3. Recolección de desechos sólidos peligrosos .....	62



---

3.4.4. Comparación de los resultados obtenidos con el marco legal .....	62
3.5. Proposición de alternativas para disminuir y controlar el impacto ambiental .....	63
<b>CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>64</b>
4.1. Especificación del marco legal que rige la gestión ambiental .....	64
4.2. Identificación de los aspectos ambientales de los laboratorios .....	65
4.2.1. Revisión de la gestión de materiales y desechos .....	65
4.2.2. Aplicación de encuestas .....	68
4.2.3. Listado de aspectos ambientales de los laboratorios .....	75
4.3. Selección de los aspectos ambientales más significativos que constituyan una fuente de contaminación en las prácticas de los laboratorios .....	79
4.3.1. Análisis cualitativo de los aspectos ambientales .....	79
4.3.2. Selección de los desechos a analizar .....	83
4.4. Análisis de los resultados obtenidos en la caracterización de los desechos .....	93
4.4.1. Efluentes líquidos .....	93
4.4.2. Emisiones gaseosas .....	102
4.4.3. Desechos sólidos peligrosos .....	104
4.5. Proposición de alternativas para disminuir y controlar el impacto ambiental .....	106
4.5.1. Tratamiento de los efluentes líquidos .....	106
4.5.1.1. Generación de alternativas .....	106
4.5.1.2. Valoración experimental del tratamiento de agua residual..	109
4.5.2. Almacenamiento de reactivos .....	114
4.5.2.1. Características generales para almacenes de sustancias peligrosas .....	114
4.5.2.2. Condiciones de almacenamiento específicas .....	115
4.5.3. Alternativas para mitigar el impacto ambiental .....	117
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>119</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>119</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>121</b>



---

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>123</b>
<b>APÉNDICE A. Características de las sustancias almacenadas en los laboratorios de química analítica y química orgánica .....</b>	<b>127</b>
<b>APÉNDICE B. Variables medidas durante el muestreo de desechos.....</b>	<b>149</b>
<b>APÉNDICE C. Tablas bibliográficas .....</b>	<b>158</b>
<b>APÉNDICE D. Formato y estadísticas de la encuesta .....</b>	<b>159</b>
<b>APÉNDICE E. Estimación de las concentraciones de sólidos disueltos totales .....</b>	<b>195</b>
<b>APÉNDICE F. Resultados obtenidos en el análisis de las muestras de agua residual.....</b>	<b>200</b>
<b>APÉNDICE G. Fundamentos teóricos de las prácticas de los laboratorios de química analítica y química orgánica .....</b>	<b>203</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>214</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Pág.</b>
2.1. Definiciones para sólidos encontrados en agua residual.....	33
2.2. Niveles de tratamiento de agua residual .....	47
2.3. Características de algunos coagulantes .....	49
3.1. Tamaño de la población de profesores y estudiantes de la Escuela de Ingeniería Química, y personal administrativo y obrero de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo .....	56
3.2. Tamaño de la muestra de la población por estrato para la aplicación de la encuesta .....	56
3.3. Preservación de muestras de agua residual según el tipo de análisis .....	63
4.3. Aspectos ambientales asociados a las actividades del Laboratorio de Química Analítica .....	80
4.4. Aspectos ambientales asociados a las actividades del Laboratorio de Química Orgánica .....	82
4.5. Inventario de sustancias químicas por práctica del Laboratorio de Química Analítica .....	88
4.6. Inventario de sustancias químicas por práctica del Laboratorio de Química Orgánica .....	92
4.7. Volúmenes de agua residual descargados por práctica en el Laboratorio de Química Analítica .....	97
4.8. Volúmenes de agua residual descargados por práctica en el Laboratorio de Química Orgánica .....	97
4.9. Tratamiento a aplicar según la biodegradabilidad del vertido .....	98
4.10. Flujo de los parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua residual del LQA .....	104
4.11. Flujo de los parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua residual del LQO .....	105
4.12. Resultados del análisis de las muestras gaseosas captadas en el LQO ..	107



4.13. Cantidades de desechos sólidos peligrosos generadas en el LQA por semana de práctica .....	109
4.14. Cantidades de desechos sólidos peligrosos generadas en el LQO por semana de práctica .....	109
4.15. Comparación de las alternativas de tratamiento de agua residual propuestas .....	112
4.16. Condiciones óptimas para la aplicación del tratamiento de coagulación-floculación .....	114
4.17. Masas de lodo obtenidas luego de la coagulación-floculación .....	114
4.18. Parámetros fisicoquímicos de las muestras crudas y tratadas	115
4.19. Porcentaje de remoción de contaminantes obtenido en las muestras de agua residual tratadas .....	116
C.1. Tamaño de la muestra para una población según diferentes niveles de error con 95% como nivel de confianza .....	161
D.1. Estadística obtenida de las encuestas aplicadas a los profesores .....	164
D.2. Estadística obtenida de las encuestas aplicadas a los estudiantes	165
D.3. Estadística obtenida de las encuestas aplicadas al personal administrativo .....	167
D.4. Estadística obtenida de las encuestas aplicadas al personal obrero .....	168
E.1. Conductancia de las muestras de agua residual captadas en los laboratorios .....	200
E.2. Conductividad específica de las muestras de agua residual captadas en los laboratorios .....	201
E.3. Concentración de sólidos disueltos totales de las muestras de agua residual captadas en los laboratorios .....	202
F.1. Parámetros fisicoquímicos de las muestras recolectadas en el Laboratorio de Química Analítica .....	203
F.2. Parámetros fisicoquímicos de las muestras recolectadas en el Laboratorio de Química Orgánica .....	204



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Pág.</b>
2.1. Esquema para la identificación de las fuentes de información primaria .....	27
2.2. Diagrama de Ishikawa o diagrama causa-efecto .....	31
3.1. Plano de distribución del Laboratorio de Química Analítica .....	61
3.2. Plano de distribución del Laboratorio de Química Orgánica .....	62
3.3. Punto de toma de muestras gaseosas instalado en el ducto de la campana del LQO .....	65
3.4. Equipo utilizado para captar las muestras gaseosas .....	66
4.1. Almacén de reactivos del LQA .....	71
4.2. Almacén de reactivos del LQO .....	72
4.3. Porcentaje del personal que labora en la Facultad de Ingeniería y conoce la toxicología y riesgo ambiental asociado a los reactivos de las prácticas del LQA y LQO. ....	75
4.4. Porcentaje del personal que labora en la Facultad de Ingeniería y conoce las medidas de seguridad para la manipulación de las sustancias químicas que se utilizan en el LQA y LQO .....	76
4.5. Porcentaje del personal que labora en la Facultad de Ingeniería y conoce la disposición final que se le da a los desechos provenientes de las actividades del LQA y LQO .....	77
4.6. Porcentaje del personal que labora en la Facultad de Ingeniería y durante su permanencia en los laboratorios ha sentido que su salud ha resultado perjudicada .....	78
4.7. Diagrama causa-efecto de los aspectos ambientales del LQA .....	85
4.8. Diagrama causa-efecto de los aspectos ambientales del LQO .....	86
4.9. Demanda bioquímica de oxígeno de las muestras de agua residual del LQA y LQO .....	101
4.10. Demanda química de oxígeno de las muestras de agua residual del LQA y LQO .....	101
4.11. Relación entre la demanda bioquímica y química de oxígeno de las muestras de agua residual del LQA y LQO .....	101



## ***Índice de figuras***

---

4.12. pH de las muestras de agua residual del LQA y LQO .....	101
4.13. Nitrógeno presente en las muestras de agua residual del LQA y LQO ....	102
4.14. Fósforo total presente en las muestras de agua residual del LQA y LQO	102
4.15. Detergentes presentes en las muestras de agua residual del LQA y LQO	102
4.16. Sólidos disueltos totales presentes en las muestras de agua residual del LQA y LQO .....	102
4.17. Cloruros presentes en las muestras de agua residual del LQA y LQO ....	103
4.18. Sulfatos presentes en las muestras de agua residual del LQA y LQO .....	103
4.19. Temperatura de las muestras de agua residual del LQA y LQO .....	103
4.20. Metales presentes en las muestras de agua residual del LQA .....	103
4.21. Diagrama de bloque de la alternativa 1 .....	110
4.22. Diagrama de bloque de la alternativa 2 .....	111



---

## **INTRODUCCIÓN**

El objetivo general de la presente investigación es proponer mejoras para la situación ambiental de los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo. Con esta finalidad se plantean los siguientes objetivos específicos: especificar el marco legal que rige la gestión ambiental, identificar y seleccionar los aspectos ambientales de los laboratorios, analizar los resultados obtenidos en la caracterización de los desechos y generar alternativas para contribuir con la mejora de la gestión ambiental.

La investigación se basa en el diagnóstico ambiental, con el fin de realizar la propuesta de alternativas que permitan disminuir la contaminación ambiental causada por los laboratorios, atendiendo a la legislación ambiental vigente.

La metodología para el logro de los objetivos planteados consiste, inicialmente, en la identificación y selección de los aspectos ambientales de los laboratorios con el propósito de reconocer las prácticas y los desechos generados que sean causantes de mayor impacto ambiental; posteriormente, se realiza la captación y análisis fisicoquímico de las muestras de los desechos líquidos y gaseosos, los resultados obtenidos se comparan con el marco legal de la investigación a fin de identificar las fallas y plantear las alternativas de mejora de la situación ambiental más adecuadas a las necesidades de los laboratorios.

La investigación se presenta estructurada en cuatro capítulos: el capítulo I, en el cual se formula el problema en estudio, la situación actual y deseada, el objetivo general y los objetivos específicos, la justificación y limitaciones de la investigación. El capítulo II, donde se muestran los trabajos con fines semejantes a la investigación, así como los fundamentos teóricos relacionados con la gestión ambiental y el manejo, tratamiento y disposición de materiales y desechos peligrosos. En el capítulo III, se desarrolla la metodología llevada a cabo para el cumplimiento de los objetivos planteados. En el capítulo IV, se presenta el análisis de los resultados obtenidos y las



alternativas propuestas para mitigar la contaminación ambiental generada por las actividades de los laboratorios. Finalmente, se exponen las conclusiones, aportes y recomendaciones obtenidas en el desarrollo de la investigación.

Este trabajo permitirá el mejoramiento de la situación ambiental de los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica, a fin de servir como base para el logro posterior del cumplimiento de las normativas en materia ambiental, así como de la implementación de un sistema de manejo y disposición de desechos. Por lo tanto, se espera que los resultados obtenidos promuevan el desarrollo de acciones futuras destinadas a la mejora de la gestión ambiental de la Facultad de Ingeniería.

Es importante hacer mención que el desarrollo de acciones dirigidas a mejorar la situación ambiental de la Facultad de Ingeniería requiere del compromiso de la población que labora dentro de sus instalaciones, así como el establecimiento de una política ambiental orientada a la mejora continua de la gestión ambiental y obediente de los requisitos legales y la legislación nacional.



---

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A continuación se presenta la problemática en estudio y su propósito, así como el objetivo general y objetivos específicos, la justificación, alcance y limitaciones de la investigación.

#### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica están ubicados dentro de las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo en Naguanagua, estado Carabobo, y pertenecen a la Escuela de Ingeniería Química. En ambos laboratorios se desarrollan actividades prácticas supervisadas por el profesor y el preparador de la asignatura, y el técnico del laboratorio. En el Laboratorio de Química Analítica se realizan prácticas relacionadas a la identificación de aniones y cationes, determinación de dureza del agua, electrodeposición, conductimetría, potenciometría, entre otras. Mientras que, en el Laboratorio de Química Orgánica se desarrollan prácticas destinadas a la obtención de hidrocarburos, productos de condensación, colorantes, ésteres de interés industrial, jabones, polímeros de adición y condensación, entre otros.

Para el desarrollo de las experiencias prácticas, mencionadas anteriormente, es necesario el uso de compuestos químicos inorgánicos y orgánicos en altas concentraciones, tales como: ácidos, hidróxidos, alcoholes, ésteres, aldehídos y sales. Muchos de estos compuestos químicos son tóxicos, adicionalmente en el desarrollo de las prácticas se generan nuevas sustancias que constituyen desechos peligrosos; estos pueden ser efluentes líquidos, gaseosos o desechos sólidos. Por otra parte, las instalaciones de ambos laboratorios no cuentan con sistemas de manejo y gestión de desechos, por lo tanto, estos representan un foco de contaminación del ambiente. La



## ***Planteamiento del problema***

---

inadecuada gestión de estos desechos puede causar graves problemas de contaminación ambiental que perjudiquen la salud del personal y de los estudiantes de la facultad, además de causar alteraciones en el ecosistema.

En la actualidad, las normativas en materia ambiental son cada vez más estrictas debido al acelerado deterioro de los recursos naturales provocado por la contaminación en los últimos años. Por lo tanto, todas las instituciones públicas y privadas están obligadas a controlar la generación y disposición de desechos peligrosos, además de poseer un sistema de manipulación de materiales peligrosos, a fin de evitar las sanciones contempladas en las leyes de la República. De igual manera, se debe mantener un ambiente laboral que asegure la salud de las personas que laboran y viven en las comunidades cercanas a la institución.

El uso de sustancias químicas tóxicas y la generación de desechos peligrosos en las prácticas de ambos laboratorios, así como la inexistencia de un plan de gestión ambiental y de disposición final de desechos peligrosos, hace necesario evaluar las fuentes y niveles de contaminación ambiental provocada por las actividades que se desarrollan tanto en el Laboratorio de Química Analítica como en el Laboratorio de Química Orgánica. Cabe destacar que es de carácter indispensable prestar atención a la situación ambiental de los laboratorios debido a que existe un gran número de personas en contacto constante con estas instalaciones que podrían sufrir graves problemas de salud, asimismo, el vertido y disposición inadecuada de estos desechos provoca gastos adicionales, energéticos y económicos, en el tratamiento de aguas y residuos fuera de los requerimientos exigidos en materia legal.

Basándose en lo expuesto anteriormente, se plantea proponer alternativas para mitigar la contaminación ambiental provocada por los desechos de las actividades realizadas en los laboratorios con la finalidad de servir como base a investigaciones



posteriores para elaborar un plan de gestión ambiental que permita a los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica cumplir con la Ley 55, Decreto 3.219, Decreto 638 y las normas COVENIN de gestión ambiental.

### **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

En la actualidad, los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica no cuentan con un plan de gestión de desechos, por lo tanto, los efluentes líquidos y gaseosos resultantes de las experiencias prácticas desarrolladas en estas instalaciones representan una fuente de contaminación ambiental con repercusión directa sobre el personal que labora en la institución, estudiantes, habitantes de comunidades cercanas y ecosistema.

Con base en la situación descrita, se propone diagnosticar la contaminación ambiental resultante del desarrollo de las prácticas de estos laboratorios, con la finalidad de plantear mejoras a su situación ambiental, que proporcionen las bases necesarias a investigaciones futuras destinadas al diseño del plan de manejo y disposición final de los desechos de estos laboratorios.

#### **1.2.1. Situación actual**

La manipulación de compuestos químicos y la generación de desechos peligrosos en las prácticas de los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica, aunado a la inexistencia de un plan de manejo y disposición de desechos, constituye una fuente de contaminación ambiental que puede provocar graves daños sobre el ecosistema y la salud de los estudiantes y del personal que labora en la facultad, así como de los habitantes de comunidades vecinas.



### **1.2.2. Situación deseada**

Los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica requieren la propuesta de alternativas destinadas a disminuir el impacto ambiental causado por los desechos líquidos y gaseosos, provenientes de las actividades desarrolladas dentro de sus instalaciones, con la finalidad de conocer las fuentes de contaminación y diseñar posteriormente un plan de gestión de desechos que les permita el cumplimiento de la Ley 55, Decreto 3.219, Decreto 638 y las normas COVENIN de gestión ambiental.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Proponer mejoras para la situación ambiental de los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, con la finalidad de servir como base para el desarrollo del sistema de gestión ambiental.

#### **1.3.2. Objetivo específicos**

1. Especificar el marco legal que rige la gestión ambiental, con el fin de conocer las normativas que comprenden el manejo y disposición de desechos peligrosos.
2. Identificar los aspectos ambientales de los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica, con la finalidad de conocer las potenciales fuentes de contaminación.
3. Seleccionar los aspectos ambientales más significativos que constituyan una fuente de contaminación en las prácticas de los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica, con el fin de conocer los desechos que deben ser analizados.
4. Analizar los resultados obtenidos en la caracterización de los desechos, con la finalidad de definir la situación actual en materia ambiental de los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica.



5. Generar alternativas para disminuir y controlar el impacto ambiental causado por los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica, orientadas al manejo y disposición de desechos, con la finalidad de contribuir con la mejora de la gestión ambiental.

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN**

La relevancia a nivel social y ambiental de la investigación se basa en el aporte de información destinada al posterior diseño del plan de gestión y manejo de desechos lo que permitirá reducir la contaminación causada por las actividades desarrolladas en los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica, y asegurar la salud de los estudiantes, del personal que labora en la facultad y de los habitantes de comunidades vecinas.

En cuanto a la conveniencia de la investigación, ésta permitirá proponer mejoras a la situación ambiental de los laboratorios mencionados anteriormente, a fin de servir como base para el logro posterior del cumplimiento de las normativas en materia ambiental, así como de la implementación de un sistema de manejo y disposición de desechos. Por lo tanto, se espera que los resultados arrojados por la presente investigación contribuyan significativamente en las acciones futuras destinadas a la mejora de la gestión ambiental de la Facultad de Ingeniería. Es importante mencionar que en el desarrollo de la investigación se pondrán en práctica aspectos académicos relacionados principalmente con el análisis químico y la determinación de propiedades fisicoquímicas.

Acerca del valor teórico, la investigación pretende dar a conocer la situación actual en materia ambiental de los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica, con la finalidad de fundamentar las acciones futuras de gestión de desechos, de igual manera, esta investigación podría aplicarse a otros laboratorios de la Universidad de



Carabobo, a fin de contribuir con la preservación del ambiente y de la vida a nivel nacional.

En cuanto a las implicaciones metodológicas, la investigación estará orientada al análisis de los desechos provenientes de los laboratorios, por lo que será necesaria la selección de las técnicas y tecnologías más adecuadas para el análisis que se llevará a cabo, tomando en cuenta las herramientas disponibles en la actualidad.

### **1.5. LIMITACIONES**

La principal limitación de la presente investigación es el factor económico, ya que debido a los altos costos de los análisis de las muestras de desechos líquidos y gaseosos se seleccionaron las prácticas y los desechos más significativos para llevar a cabo los análisis; por lo tanto, el número de muestras analizadas para cada desecho es reducido.

De igual manera, no se contaba con un acceso seguro para subir al techo de la Escuela de Ingeniería Química a tomar las muestras de gases; y la estructura del ducto de las campanas extractoras no era la adecuada para la ubicación de los puntos de toma de muestra según la norma COVENIN 1649:1996.

En cuanto al muestreo de los efluentes líquidos, otra de las limitaciones de la investigación estuvo referida a la carencia de información relacionada a los planos de los sistemas cloacales y de alcantarillado de los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica.



---

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO- REFERENCIAL

En este capítulo se exponen los antecedentes de la investigación, los cuales persiguen fines semejantes a la misma, además se presentan los conceptos básicos y fundamentos teóricos que sustentan la investigación.

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Méndez, T. (1994). **Evaluación de los niveles de contaminación por metales pesados en las aguas residuales de Pachuca, Tizayuca y Ciudad Sahagún.** Universidad Nacional Autónoma de México. Departamento de Geología. México.

Para el desarrollo de esta investigación se utilizó un monitoreo del agua residual de las localidades de Pachuca, Tizayuca y Ciudad Sahagún, que consistió en cuatro muestreos justo en los sitios donde confluyen los drenajes urbanos en el Río de las Avenidas. Las muestras obtenidas fueron analizadas mediante técnicas fisicoquímicas para detectar la presencia de iones calcio y magnesio, cloro, metales pesados, sulfatos y nitratos, así como pH, conductividad eléctrica, DQO, DBO y temperatura.

El objetivo del trabajo fue evaluar los niveles de contaminación por metales pesados en las aguas residuales de las localidades de Pachuca, Tizayuca y Ciudad Sahagún, con la finalidad de identificar los contaminantes que son vertidos al Río de las Avenidas y su impacto ambiental.

Como conclusiones se obtuvo que las aguas residuales analizadas son medianamente alcalinas, con ciertos problemas de salinidad originados principalmente por cloruros, sulfatos, nitratos y los iones calcio y magnesio; en cuanto a la presencia de metales pesados, éstos se encuentran dentro de los límites permisibles, pero su



acumulación podría causar daños sobre el ecosistema ya que el agua del Río de las avenidas es utilizada para el riego de cultivos agrícolas.

Entre las semejanzas, las técnicas utilizadas en la evaluación de los niveles de contaminación de los desechos, podría aplicarse al análisis y caracterización de desechos líquidos que se llevará a cabo en la presente investigación. La principal diferencia es que en el presente trabajo se llevará a cabo un análisis de desechos líquidos de los laboratorios y no de un cauce de agua, tal como es planteado en el artículo; y adicionalmente, se analizarán desechos gaseosos y sólidos con la finalidad de conocer su impacto sobre el ambiente.

2.1.2. Busquets, E. (1999). **Caracterización de vertederos y detección de penachos contaminantes mediante la utilización de métodos geofísicos.** Universidad de Barcelona. Departamento de Geoquímica, Petrología y Prospección Geológica. España.

Esta investigación se basó en el estudio de reconocimiento de los procesos contaminantes resultantes de la proliferación de vertederos clandestinos que afectan a los suelos y aguas. Para ello, se analizaron algunos métodos geofísicos que permiten la evaluación del grado de peligrosidad de los residuos, con el fin de determinar las estrategias posteriores de saneamiento. A partir del análisis de los resultados obtenidos por los diferentes métodos geofísicos aplicados sobre distintos vertederos fue posible el estudio del nivel de efectividad de cada uno de ellos, de igual manera, se logró la identificación de los residuos contaminantes de suelos y aguas.

Los objetivos de este trabajo fueron determinar la utilidad de la prospección geofísica para caracterizar los residuos de los vertederos, con la finalidad de detectar la existencia de penachos contaminantes. Las ventajas del uso de métodos geofísicos es



que actúan de forma rápida y no destructiva, adicionalmente son más económicos que otros métodos.

Las principales conclusiones fueron que los perfiles de georadar y los sondeos eléctricos verticales dieron buenos resultados para determinar la profundidad del vertedero, mientras que la existencia de penachos contaminantes quedó mejor definida usando el calicateo electromagnético.

Entre las semejanzas, la evaluación y reconocimiento de desechos contaminantes mediante la aplicación de métodos geofísicos podría aplicarse a la identificación de residuos que se llevará a cabo en la presente investigación. La principal diferencia es que en el presente trabajo no se analizarán vertederos, sino que se estudiarán los focos de contaminación.

2.1.3. Salas, A. y Salazar M. (2001). **Diagnóstico ambiental como base para el establecimiento de un sistema de gestión ambiental**. Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.

En esta investigación se identificaron los aspectos ambientales generados durante las actividades de producción de una empresa ensambladora de asientos, con la finalidad de verificar el cumplimiento de la normativa ambiental; de igual manera, se logró el establecimiento de las alternativas destinadas a mejorar la situación ambiental de la empresa y adaptarla a los requerimientos relacionados con la protección ambiental.

El objetivo de este trabajo fue realizar un diagnóstico ambiental en una ensambladora de asientos a fin de conocer y mejorar su situación ambiental. Con este propósito, se realizó la identificación de los aspectos ambientales de las actividades de producción mediante herramientas como el análisis cualitativo.



Entre las conclusiones más relevantes del estudio se demostró que la empresa no cumplía con las normativas ambientales, se detectaron como áreas de mejora de desempeño ambiental, las de: material textil, desechos de embalaje, pegamento amarillo, desechos producto del mantenimiento de equipos, vapores orgánicos y manipulación de material químico. Adicionalmente, se pudo constatar que 3-A Johnson Controls Andina, presentaba un mal desempeño ambiental, siendo sus principales fuentes de contaminación las emisiones atmosféricas, desechos peligrosos y no peligrosos.

En cuanto a las semejanzas, algunas de las propuestas realizadas en materia de gestión de desechos pueden ser aplicadas en el desarrollo de la presente investigación; igualmente, pueden ser utilizadas las técnicas de diagnóstico ambiental. La principal diferencia es que la presente investigación pretende realizar el diagnóstico ambiental en dos laboratorios simultáneamente, mientras que este trabajo se enfocó en el diagnóstico de una planta ensambladora, por lo tanto, los tipos de desechos y actividades estudiadas son distintos.

2.1.4. Galán, M. (2003). **Caracterización de partículas en la atmósfera**. Universidad de Cádiz. Departamento de Ingeniería Química y Tecnologías del Medio Ambiente. España.

En este artículo se presentó la descripción de los métodos y elementos más usados en el muestreo de partículas, tanto en el foco de contaminación atmosférica como en el ambiente receptor, haciendo énfasis en los aspectos metodológicos que considerados cruciales para los análisis morfológicos y químicos de las partículas recogidas. Estas tecnologías fueron muy útiles a nivel industrial para la determinación de partículas contaminantes liberadas a la atmósfera en un determinado proceso productivo.

El objetivo de la investigación fue analizar las técnicas de toma de muestras de partículas en la atmósfera, con la finalidad de dar a conocer los métodos de muestreo más adecuados tomando en cuenta el tamaño de las partículas.



Las conclusiones de la investigación fueron que los elementos más eficientes para la toma de muestras en el foco de contaminación atmosférica son los soportes de captación, el “muestreador” isocinético y el impactador en cascada, mientras que para la toma de muestras en el ambiente receptor son el muestreo de partículas sedimentables y los captadores de partículas en suspensión.

La principal semejanza que presenta es que el artículo describe los elementos y tecnologías usadas para la caracterización de partículas en la atmósfera, algunos de los métodos de toma de muestras podrían ser aplicados en la caracterización de desechos gaseosos provenientes de los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica que se realizará en la presente investigación. Este antecedente no presenta diferencias con el trabajo a realizar, ya que expone elementos y métodos usados para la caracterización de partículas en la atmósfera.

2.1.5. Galvan, V. (2003). **Caracterización fisicoquímica de las aguas residuales de la industria de curtición**. Universidad de Alicante. Departamento de Ingeniería Química. España.

En este trabajo se detallaron los principales contaminantes encontrados en las aguas residuales provenientes de las diferentes etapas de tintura y vertido final en una industria de acabado de pieles para calzado, los cuales fueron determinados a través de métodos fisicoquímicos normalizados, establecidos por APHA, AWWA y WPCF; algunos de ellos obedecen a procedimientos electrométricos, colorimétricos, gravimétricos combustión –IR, entre otros.

El objetivo general de la investigación fue caracterizar las aguas residuales de la industria de curtición, mediante métodos fisicoquímicos, con la finalidad de determinar los contaminantes químicos y biológicos que debían eliminarse o tratarse a fin de cumplir con los controles en la calidad del agua vertida.



Entre las principales conclusiones de la investigación se obtuvo que las aguas vertidas se caracterizan por una elevada conductividad, demanda química de oxígeno, turbidez y presencia de grasas y aceites; por otra parte, el valor medio encontrado para los parámetros color, DBO, DQO y cromo, sobrepasan las concentraciones máximas establecidas por la normativa de calidad de aguas de vertido española.

La semejanza más relevante es que el artículo plantea la caracterización fisicoquímica de aguas residuales, mediante métodos de análisis que podrían ser aplicados en la caracterización de efluentes líquidos provenientes de los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica que se realizará en la presente investigación. Como principal diferencia, los efluentes analizados en la presente investigación provienen de actividades diferentes a la tintura de pieles de calzado, por lo que los métodos de análisis variarán de acuerdo a la composición y propiedades del efluente.

2.1.6. Terront, E. (2003). **Bases para establecer un sistema de gestión ambiental en el Laboratorio de Fisicoquímica de la Escuela de Ingeniería Química.** Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.

En este trabajo se identificaron y analizaron aspectos ambientales del Laboratorio de Fisicoquímica, tales como: emisiones gaseosas al aire, descarga de aguas residuales y clasificación de los materiales peligrosos; con la finalidad de proponer alternativas que constituyan las bases para la implementación del sistema de gestión ambiental del laboratorio.

El objetivo general de la investigación fue diagnosticar la situación ambiental del Laboratorio de Fisicoquímica de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de Carabobo, con el fin de plantear medidas para mitigar y controlar el impacto ambiental.

Entre las conclusiones de relevancia cabe destacar que los valores promedio de los parámetros DBO, DQO y pH se encontraban fuera de los límites máximos permitidos



por las regulaciones ambientales, esto a su vez, resultó un indicativo de que dichos parámetros fisicoquímicos estaban generando un impacto ambiental significativo. De igual manera, se detectó que el aspecto ambiental que provoca mayor grado de contaminación en el Laboratorio de Fisicoquímica es la descarga de aguas residuales.

En cuanto a las semejanzas, las técnicas utilizadas para el muestreo de los desechos y su posterior análisis, así como las propuestas realizadas en materia de gestión de desechos pueden ser aplicadas en el desarrollo de la presente investigación. La principal diferencia es que los reactivos utilizados en las prácticas de los laboratorios son diferentes, por lo tanto, las técnicas de análisis de desechos y las propuestas de gestión ambiental serán distintas, adicionalmente, la presente investigación pretende realizar el diagnóstico ambiental en dos laboratorios simultáneamente.

2.1.7. Fernández, D. y Jiménez, D. (2004). **Diseño del sistema de tratamiento de efluentes y disposición de desechos sólidos del Laboratorio de Fisicoquímica de la Universidad de Carabobo**. Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.

En este trabajo se realizó la caracterización de los efluentes líquidos descargados por el laboratorio para conocer la concentración de los contaminantes presentes; a su vez, se efectuó la caracterización de los efluentes tratados con las alternativas seleccionadas y se clasificaron los desechos peligrosos generados, con la finalidad de establecer el plan de gestión de manejo de desechos y su disposición final.

El objetivo general de la investigación fue diseñar un sistema de tratamiento de efluentes líquidos provenientes del Laboratorio de Fisicoquímica de la Universidad de Carabobo y diseñar un plan de manejo y disposición final de los desechos sólidos generados por el mismo.

Entre las conclusiones más importantes se obtuvo que los efluentes descargados por el laboratorio eran contaminantes al ambiente ya que sus parámetros



fisicoquímicos, tales como: DBO, DQO, aceites y grasas, detergentes y pH, se encontraban fuera de los rangos permitidos por las regulaciones ambientales. Por otro lado, se obtuvo que el sistema de tratamiento propuesto a escala piloto proporciona un porcentaje de reducción del 90,03% de sólidos sedimentables, 100% de aceites y 99,86% de detergentes, 93,10% de DQO y 62,61% de reducción de DBO.

En cuanto a las semejanzas, algunas de las propuestas realizadas en materia de gestión de desechos y las técnicas de caracterización de desechos pueden ser aplicadas en el desarrollo de la presente investigación. La principal diferencia es que la presente investigación no pretende diseñar el plan de gestión ambiental, sino diagnosticar la situación ambiental de los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica, con la finalidad de plantear alternativas para la mejora de la gestión ambiental y la disposición de desechos peligrosos.

2.1.8. Calera, A. (2005). **Riesgo químico laboral: Elementos para un diagnóstico.** Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud. España.

En este trabajo se explicó la importancia del conocimiento preciso de las propiedades intrínsecas de cada agente químico y la prevención derivada de su uso con la finalidad de evitar y controlar riesgos a la salud y daños sobre el ambiente en los puestos de trabajo; para ello, se realizó un diagnóstico de la situación de riesgo de contaminación química y se verificó el cumplimiento de las leyes españolas.

El objetivo de la investigación fue diagnosticar la situación de riesgo de contaminación química, con la finalidad de verificar el cumplimiento de las normativas ambientales en España; con este fin, se utilizaron métodos de análisis químicos y estadísticos relacionados a la higiene y seguridad laboral.

Como conclusión se obtuvo la identificación de fuentes de información y procedimientos de análisis que permitieron el diagnóstico de la situación de riesgo



químico laboral, así como, la elaboración de una matriz de exposición a riesgos relacionados con la exposición a sustancias químicas por sectores de producción.

Entre las semejanzas, el artículo plantea métodos de diagnóstico, estadísticos y de análisis químico, que podrían ser aplicados a la problemática planteada; en cuanto a las diferencias, la presente investigación está orientada al diagnóstico de la contaminación de dos laboratorios, mientras que el artículo se refiere a una investigación llevada a cabo a nivel nacional en España.

2.1.9. Miranda, G. (2006). **Monitoreo de la calidad del agua en el río Texcoco mediante sensores selectivos de iones**. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Irrigación. México.

Este trabajo resaltó la importancia del monitoreo de la calidad del agua, ya que las poblaciones vierten, cada vez más, sus residuos a los ríos sin ser tratados previamente, contaminándolos hasta hacerlos peligrosos para la salud humana y provocando un impacto sobre el medio ambiente; tal es el caso del río Texcoco. Para el monitoreo del agua se utilizaron sensores iónicos selectivos que permitieron medir conductividad eléctrica, amoníaco, temperatura, calcio, nitratos, oxígeno disuelto, pH y cloro, en diez puntos diferentes del río.

El objetivo de la investigación fue monitorear la calidad del agua del río Texcoco a través del uso de sensores iónicos selectivos, con la finalidad de detectar y controlar la contaminación en el río mediante la aplicación del tratamiento más adecuado.

Entre las conclusiones que se obtuvieron están: el monitoreo permitió determinar los sitios de mala calidad del agua del río; entre los iones más activos que fueron identificados se encontró el cloro; los nitratos alcanzaron niveles superiores a 5 ppm; el oxígeno disuelto resultó muy bajo y riesgoso para los peces; los sensores fueron efectivos pero necesitaron ser calibrados cada dos horas.



La principal diferencia es que se llevará a cabo un análisis de desechos líquidos de los laboratorios y no de un cauce de agua, tal como es planteado en el artículo; en cuanto a las semejanzas, el uso de sensores selectivos puede ser aplicado para la determinación de los contaminantes presentes en los desechos líquidos que serán analizados a fin de cumplir con los objetivos de la presente investigación.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. Definición de términos**

- **Desecho peligroso:** material simple o compuesto, en estado sólido, líquido o gaseoso que presenta propiedades peligrosas o que está constituido por sustancias peligrosas, que conserva o no sus propiedades físicas, químicas o biológicas y para el cual no se encuentra ningún uso por lo que debe implementarse un método de disposición final. El término incluye los recipientes que los contienen o los hubieren contenido (Ley 55, 2001).
- **Almacenamiento de desechos peligrosos:** depósito temporal de desechos peligrosos bajo condiciones controladas y ambientalmente seguras, sin que se contemple ninguna forma de tratamiento ni transformación inducida de los desechos almacenados (Ley 55, 2001).
- **Disposición final de desechos peligrosos:** operación de depósito permanente que permite mantener minimizadas las posibilidades de migración de los componentes de un desecho peligroso al ambiente (Ley 55, 2001).
- **Material peligroso:** sustancia o mezcla de sustancias que por sus características físicas, químicas o biológicas sea capaz de producir daños a la salud, a la propiedad o al ambiente (Ley 55, 2001).



- **Reciclaje de materiales peligrosos:** el empleo de materiales peligrosos recuperables para ser utilizados de nuevo como materia útil, a fin de obtener productos que puedan ser o no similares al producto original (Ley 55, 2001).
- **Vertido líquido:** descarga de aguas residuales que se realice directa o indirectamente a los cauces, mediante canales, desagües o drenajes de agua; descarga directa sobre el suelo o inyección en el subsuelo, descarga a redes cloacales, descarga al medio marino-costero y descargas submarinas (Decreto 3.219, 1999).
- **Evaluación de la calidad del aire:** procedimiento mediante el cual se captan muestras de aire ambiental y se analizan para determinar las concentraciones de contaminantes en el aire (Decreto 638, 1995).
- **Solvente orgánico volátil (COV):** compuesto orgánico líquido con una presión de vapor mayor que 76 mmHg bajo condiciones normales de almacenamiento (26°C y 1 atm) (Decreto 638, 1995).
- **Aspecto ambiental:** elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el medio ambiente (COVENIN-ISO 14001, 2004).
- **Impacto ambiental:** cualquier cambio en el medio ambiente, ya sea adverso o beneficioso, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales de una organización (COVENIN-ISO 14001, 2004).

### **2.2.2. Sistemas de gestión ambiental**

El sistema de gestión ambiental (SGA) es parte del sistema de gestión de una organización, empleada para desarrollar e implementar su política ambiental y gestionar sus aspectos ambientales.



La implementación de un sistema de gestión ambiental pretende dar como resultado la mejora del desempeño ambiental. Por lo tanto, la organización deberá revisar y evaluar periódicamente su sistema de gestión ambiental para identificar las oportunidades de mejora y su implementación. Las mejoras en el sistema de gestión ambiental de una organización están previstas para que den como resultado mejoras adicionales en el desempeño ambiental.

Una organización sin un sistema de gestión ambiental debería inicialmente establecer su posición actual con relación al medio ambiente, por medio de una evaluación. El propósito de esta evaluación debe ser considerar todos los aspectos ambientales de la organización como base para establecer el sistema de gestión ambiental. La evaluación debería cubrir cuatro áreas clave:

- La identificación de los aspectos ambientales.
- La identificación de los requisitos legales aplicables y otros requisitos que la organización suscriba.
- Un examen a todas las prácticas y procedimientos de gestión ambiental existentes.
- Una evaluación de las situaciones previas de emergencia.

La organización debe definir y documentar el alcance de su sistema de gestión ambiental. La definición del alcance tiene como fin aclarar los límites de la organización dentro de los cuales se aplicará el sistema de gestión ambiental, especialmente si la organización es parte de otra más grande en un lugar dado. Una vez que se haya definido el alcance, todas las actividades, productos y servicios de la organización que se encuentren dentro de ese alcance deben incluir el sistema de gestión ambiental (COVENIN-ISO 14001, 2004).

### **2.2.2.1. Política ambiental**

La política ambiental es la que impulsa la implementación y la mejora del sistema de gestión ambiental de una organización, de tal forma que puede mantener y



potencialmente mejorar su desempeño ambiental. Esta política debe reflejar el compromiso de la alta dirección de cumplir con los requisitos legales aplicables y otros requisitos, de prevenir la contaminación, y de mejorar continuamente. La política ambiental constituye la base sobre la cual la organización establece sus objetivos y metas (COVENIN-ISO 14001, 2004).

#### **2.2.2.2. Planificación**

La organización debe establecer, implementar y mantener uno o varios procedimientos para identificar sus aspectos ambientales y los requisitos legales relacionados asociados a ellos (COVENIN-ISO 14001, 2004).

- **Aspectos ambientales**

La organización deberá identificar sus aspectos ambientales y determinar los que son significativos y deberían atenderse como prioritarios por el sistema de gestión ambiental. Una organización debería identificar sus aspectos ambientales dentro del alcance de su sistema de gestión ambiental, teniendo en cuenta los elementos de entrada y los resultados (previstos o no) a sus actividades, productos y servicios. Se pueden seleccionar categorías de actividades, productos y servicios para identificar los aspectos ambientales. Aunque no hay un solo enfoque para identificar aspectos ambientales, el enfoque seleccionado podría considerar:

- Emisiones a la atmósfera.
- Vertidos de agua.
- Descargas al suelo.
- Uso de materias primas.
- Uso de energía.
- Residuos y subproductos.
- Gestión de residuos.



La relación entre los aspectos ambientales y sus impactos es de causa y efecto. Puesto que la organización podría tener muchos aspectos ambientales e impactos asociados, debería establecer los criterios y un método para determinar los que considera significativos (COVENIN-ISO 14001, 2004).

- **Requisitos legales y otros requisitos**

La organización necesita identificar los requisitos legales que son aplicables a sus aspectos ambientales. Estos pueden incluir: requisitos legales nacionales e internacionales, requisitos legales estatales y requisitos legales gubernamentales locales (COVENIN-ISO 14001, 2004).

### **2.2.2.3. Objetivos, metas y programas**

Los objetivos y metas deben ser específicos y medibles. Estos deben abarcar temas a corto y largo plazo. Cuando una organización considere sus opciones tecnológicas, debería considerar el uso de las mejores técnicas disponibles cuando sea económicamente viable, eficiente desde el punto de vista de costos, y se juzgue apropiada (COVENIN-ISO 14001, 2004).

### **2.2.2.4. Implementación y operación**

Para la implementación y operación del sistema de gestión ambiental de una organización la dirección debe asegurarse de la disponibilidad de recursos, documentación y compromisos esenciales para establecer, implementar y mantener el sistema de gestión ambiental (COVENIN-ISO 14001, 2004).

- **Recursos, funciones, responsabilidad y autoridades**

La implementación con éxito de un sistema de gestión ambiental requiere un compromiso de todas las personas que trabajan para la organización o en su nombre.



Este compromiso debe comenzar en los niveles superiores de la dirección. En consecuencia, la alta dirección debería establecer la política ambiental de la organización y asegurar que el sistema de gestión ambiental se implemente (COVENIN-ISO 14001, 2004).

- **Competencia, formación y toma de conciencia**

La organización debe identificar la toma de conciencia, los conocimientos, comprensión y habilidades requeridas por la persona con responsabilidad y autoridad para realizar tareas en su nombre. La toma de conciencia, el conocimiento, la comprensión y la competencia se pueden obtener o mejorar a través de formación, educación o experiencia laboral (COVENIN-ISO 14001, 2004).

- **Comunicación**

La comunicación interna es importante para asegurarse de la implementación eficaz del sistema de gestión ambiental. Los métodos de comunicación interna pueden incluir reuniones regulares de los grupos de trabajo, boletines internos, tableros de noticias (COVENIN-ISO 14001, 2004).

- **Documentación**

El nivel de detalle de la documentación debería ser suficiente para describir el sistema de gestión ambiental y la forma en que sus partes interrelacionan, y proporcionar indicadores acerca de dónde obtener información más detallada sobre el funcionamiento de las partes específicas del sistema de gestión ambiental (COVENIN-ISO 14001, 2004).



- **Control de documentos**

Las organizaciones deben crear y mantener la documentación necesaria y suficiente para asegurar la implementación del sistema de gestión ambiental (COVENIN-ISO 14001, 2004).

- **Control operacional**

La organización debe evaluar aquellas de sus operaciones asociadas con sus aspectos significativos identificados, y asegurarse de que se realicen de tal forma que permita el control o la reducción de los impactos adversos asociados a ellos, para alcanzar los objetivos de su política, y cumplir con los objetivos y metas ambientales (COVENIN-ISO 14001, 2004).

- **Preparación y respuesta ante emergencias**

Es responsabilidad de cada organización desarrollar uno o varios procedimientos de preparación y respuesta ante emergencias que se ajuste a sus propias necesidades particulares (COVENIN-ISO 14001, 2004).

#### **2.2.2.5. Verificación**

La organización debe establecer, implementar y mantener uno o varios procedimientos para hacer el seguimiento y evaluación del cumplimiento legal de su sistema de gestión ambiental, con el objeto de determinar las no conformidades con respecto a sus requisitos legales y establecer las acciones correctivas y preventivas necesarias (COVENIN-ISO 14001, 2004).



- **Seguimiento y medición**

Los datos recopilados del seguimiento y medición del sistema de gestión ambiental pueden analizarse para identificar su patrón de comportamiento y obtener información. El conocimiento que se genera de esta información puede usarse para implementar acciones correctivas y acciones preventivas (COVENIN-ISO 14001, 2004).

- **Evaluación del cumplimiento legal**

La organización debe poder demostrar que ha evaluado el cumplimiento de los requisitos legales identificados, incluidos permisos y licencias (COVENIN-ISO 14001, 2004).

- **No conformidad, acción correctiva y acción preventiva**

Mediante el establecimiento de procedimientos que traten los requisitos legales identificados, la organización puede ser capaz de cumplirlos, dependiendo de la naturaleza de la no conformidad, con un mínimo de planificación formal o con una actividad más compleja a largo plazo (COVENIN-ISO 14001, 2004).

- **Control de registros**

Los registros ambientales pueden incluir, entre otros: registro de quejas, registro de seguimiento de procesos, resultados de auditorías, registro de los requisitos legales aplicables, registro de aspectos ambientales significativos, información sobre desempeño ambiental, registro de cumplimiento legal (COVENIN-ISO 14001, 2004).

- **Auditoría interna**

Las auditorías internas del sistema de gestión ambiental pueden realizarse por personal interno de la organización o por personas externas seleccionadas por la



organización. En cualquier caso, las personas que realizan la auditoria deben ser competentes y estar en posición de hacerlo en forma imparcial y objetiva (COVENIN-ISO 14001, 2004).

#### **2.2.2.6. Revisión por la dirección**

La revisión por dirección debería cubrir el alcance del sistema de gestión ambiental, aunque no todos los elementos del sistema necesitan revisarse a la vez y el proceso de revisión puede realizarse durante un período de tiempo (COVENIN-ISO 14001, 2004).

#### **2.2.3. Elaboración y aplicación de encuestas**

Cuando el investigador acude al uso de fuentes primarias (como la observación y los cuestionarios), es esencial que identifique a las personas que poseen la información. Cada investigación, de acuerdo con los objetivos, la formulación del problema y los alcances tiene que definir claramente de quién requiere información. Para ello se deben tener en cuenta aspectos tales como:

- Género
- Edad
- Actividad que desarrolla
- Educación y profesión
- Características particulares

Una vez que el investigador ha identificado a quién se le puede requerir información primaria para la investigación, define las características de estas personas. Para el caso de los cuestionarios o encuestas, es necesario conocer el número de personas a las que se les solicitará información (Méndez, 2002).

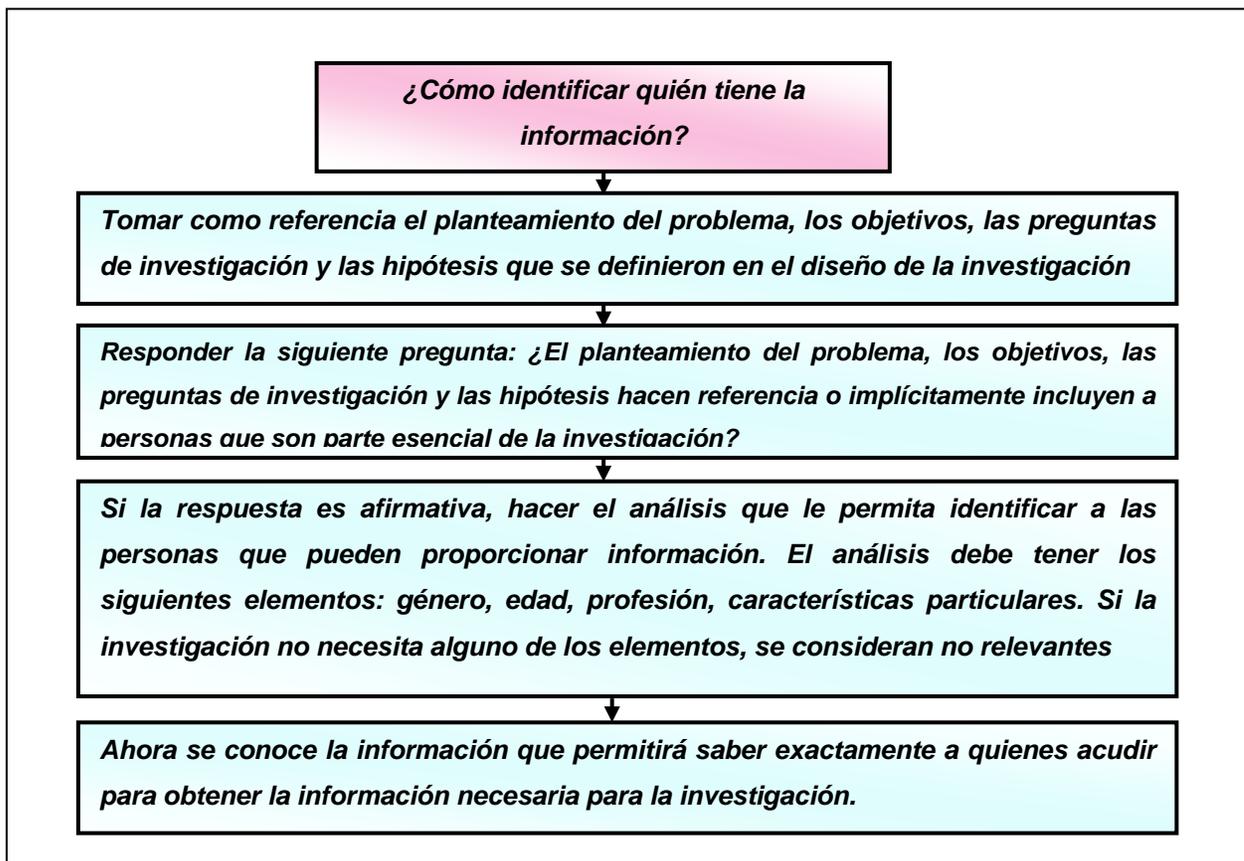


Figura 2.1. Esquema para la identificación de las fuentes de información primaria.

Fuente: Méndez, 2002

Para la elaboración y aplicación de encuestas es necesaria la determinación de la población de interés, el diseño del muestreo y del cuestionario a aplicar, así como su correspondiente validación.

### 2.2.3.1. Censo y muestreo

Al aplicar encuestas es necesario definir el número de personas de las cuales se espera obtener información. En este momento se debe precisar si se hace un censo que incluye a toda la población o si se define una muestra de la misma. Una muestra comprende el estudio de una parte de los elementos de una población, mientras que el censo consiste en estudiar todos los elementos de ésta. Una muestra puede ser más



conveniente que un censo, en especial cuando se requiere información inmediata sobre una población, ya que por su tamaño demanda demasiado tiempo obtenerla.

El muestreo permite al investigador seleccionar las unidades de la población a las que se les solicitará información e interpretar los resultados con el fin de estimar los parámetros de la población sobre la cual se determina la muestra para probar la hipótesis (Méndez, 2002).

### **2.2.3.2. Diseño del muestreo**

El diseño de un estudio por muestreo exige tener en cuenta aspectos tales como: (Méndez, 2002).

- Determinar de manera clara y precisa la población objeto de estudio con el propósito de establecer los elementos que la conforman.
- Establecer los parámetros de interés de la población que es objeto de estimación.
- Seleccionar el marco de muestreo en una lista o algún procedimiento que le permite identificar todos los elementos de la población.
- Definir el tipo de muestreo que será utilizado.
- Establecer el tamaño de la muestra.

### **2.2.3.3. Tipos de muestreo**

Existen dos tipos básicos de muestreo: el muestreo probabilístico y el muestreo no probabilístico.

El muestreo no probabilístico, llamado también muestreo circunstancial, se caracteriza porque a los elementos de la muestra no se les ha definido la probabilidad de ser incluidos en la misma. Los principales tipos de muestreo no probabilístico son: muestreo por conveniencia, muestreo por criterio y muestreo por cuotas.



En el muestreo probabilístico, los elementos se seleccionan mediante la aplicación de procedimientos al azar. Cada elemento de la población tiene una probabilidad conocida de ser seleccionada. Los principales tipos de muestreo probabilístico son: muestreo aleatorio simple, muestreo aleatorio estratificado, muestreo sistemático y muestreo por conglomerados (Méndez, 2002).

#### **2.2.3.4. Tablas para definir la muestra en una población**

Existen tablas de autores reconocidos como Krejcie y Morgan en las cuales se determinan muestras de una población dada. La principal característica de estas tablas es que cuanto menor sea la población, más se acerca a ésta la muestra, y cuanto mayor sea la población, menor será la muestra. En estas tablas, los autores determinan la muestra para una población total, considerando diferentes niveles de errores de muestreo (Méndez, 2002).

#### **2.2.3.5. Diseño de las preguntas del cuestionario**

Para construir un cuestionario se tiene que definir su objetivo; es importante que se establezca lo que se pretende alcanzar con la información que se obtendrá por la aplicación del mismo. Una vez definido el objetivo, se deben precisar las variables del cuestionario, éstas comprenden aquellos aspectos que permitirán alcanzar los objetivos.

El investigador elige el tipo de preguntas del cuestionario, para ello debe tener en cuenta a quién va dirigido el cuestionario, las características de las personas, como nivel educativo, género, edad, entre otros. Las preguntas deben ser de fácil comprensión para quién lee y responde el cuestionario. Los tipos de preguntas que pueden hacerse en un cuestionario son: (Méndez, 2002).



- Cuestionario con preguntas abiertas: En éstas, se da a quién responde la opción de escribir sus apreciaciones personales acerca del aspecto sobre el cual se desea obtener información.
- Cuestionario con preguntas cerradas: Las opciones que se dan a quién responde no le permiten expresar opinión diferente a la que se le solicita en la pregunta. Pueden ser planteadas dentro de un esquema dicotómico, e incluso de carácter excluyente.

#### **2.2.3.6. Validación del cuestionario**

Una vez que se construye el cuestionario, debe ser validado dentro de lo que se llama prueba piloto; ésta debe aplicarse a personas que tengan las mismas características de las personas de la población o muestra identificada. Esta aplicación previa permite hacer ajustes a cada pregunta en su lenguaje, redacción y opciones que deben utilizarse.

Para que un cuestionario sea confiable debe medir realmente el rasgo o rasgos que se intentan estimar. Debe dar medidas confiables de manera que puedan obtenerse los mismos resultados de su múltiple aplicación en situaciones similares. Este aspecto de la validez es bastante importante y deseable en un trabajo de investigación, y garantiza al investigador que la información obtenida le podrá ayudar en su propósito (Méndez, 2002).

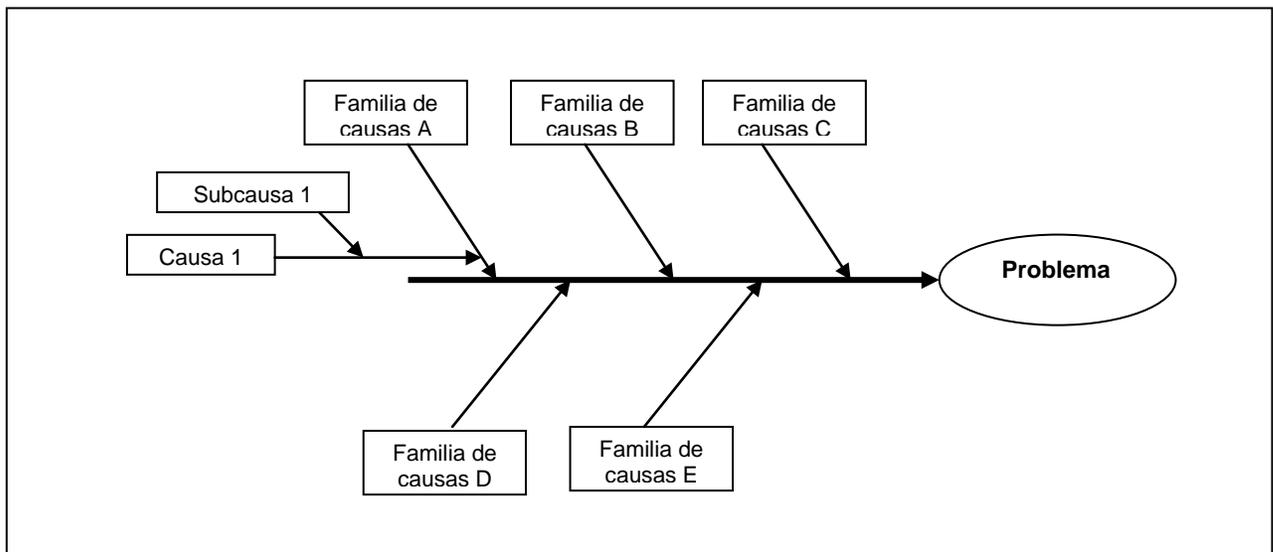
#### **2.2.4. Diagrama de Ishikawa o diagrama causa-efecto**

El diagrama de Ishikawa, también llamado diagrama causa-efecto, es una herramienta utilizada para el análisis de problemas y sus posibles soluciones; consiste en una representación gráfica sencilla en la que puede verse de manera relacional una



especie de eje central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar, que se escribe a su derecha.

El problema analizado puede provenir de diversos ámbitos. A este eje horizontal van llegando líneas oblicuas, que representan las causas del problema; a su vez, cada una de estas líneas que representa una posible causa, recibe otras líneas perpendiculares que representan las causas secundarias. Cada grupo formado por una posible causa primaria y las causas secundarias que se le relacionan forman un grupo de causas con naturaleza común. Este tipo de herramienta facilita un resultado óptimo en el entendimiento de las causas que originan un problema, con lo que puede ser posible obtener la solución del mismo.



**Figura 2.2. Diagrama de Ishikawa o diagrama causa-efecto. Fuente: Méndez, 2002**

La primera parte de este diagrama muestra todos aquellos posibles factores que puedan estar originando alguno de los problemas que se presentan, la segunda fase es centralizarse específicamente sobre los problemas principales, esta clasificación puede realizarse ya sea por la experiencia de quienes participan o mediante investigaciones (Méndez, 2002).



### **2.2.5. Caracterización de agua residual**

Los estudios de caracterización de agua residual están encaminados a determinar las características físicas, químicas y biológicas y las concentraciones de los constituyentes del agua residual, al igual que los medios óptimos para reducir las concentraciones de contaminantes.

Las técnicas de muestreo utilizadas en un estudio de agua residual deben asegurar la obtención de muestras representativas, ya que los datos que se deriven de los análisis de dichas muestras serán, en definitiva, la base para el proyecto de las instalaciones de tratamiento.

No existen procedimientos universales de muestreo; las campañas de muestreo deben diseñarse específicamente para cada situación. En el caso de que las aguas a muestrear presenten considerables variaciones en su composición, será preciso emplear procedimientos especiales. Por lo tanto, es necesario seleccionar adecuadamente los puntos de muestreo, y determinar el tipo y frecuencia de muestra a tomar.

Una campaña de muestreo llevada a cabo de manera minuciosa puede carecer de todo valor si no se conservan las condiciones físicas, químicas y biológicas de las muestras durante los períodos de tiempo entre la toma de muestra y su análisis. Cuando las condiciones analíticas y de muestreo obligan al transcurso de cierto tiempo entre ambas etapas, es necesario tomar precauciones para prevenir la degradación de las muestras. Deben emplearse métodos usuales de preservación de muestras para el análisis de de aquellas propiedades que puedan verse afectadas por el deterioro de la muestra (Metcalf y Eddy, 1996).



## **2.2.6. Características de las aguas residuales**

### **2.2.6.1. Características físicas**

Las principales características físicas de un agua residual son su contenido de sólidos, turbiedad, color, transmitancia, olor, temperatura, densidad y conductividad. (Crites y Tchobanoglous, 2000)

- **Sólidos:**

El agua residual contiene una variedad de materiales sólidos que varían desde hilachas hasta materiales coloidales. En la caracterización de las aguas residuales, los materiales gruesos son removidos generalmente antes de analizar sólidos en la muestra. La clasificación de los diferentes tipos de sólidos identificados en aguas residuales se muestra en la tabla 2.1 (Crites y Tchobanoglous, 2000).

**Tabla 2.1. Definiciones para sólidos encontrados en agua residual**

<b>Sólidos</b>	<b>Descripción</b>
Sólidos totales (ST)	Residuo remanente después de que la muestra ha sido evaporada y secada a una temperatura específica (103 a 105 °C)
Sólidos volátiles totales (SVT)	Sólidos que pueden ser volatilizados e incinerados cuando los ST son calcinados (500 ± 50) °C
Sólidos fijos totales (SFT)	Residuo que permanece después de incinerar los ST (500 ± 50) °C
Sólidos suspendidos totales (SST)	Fracción de ST retenido sobre un filtro con un tamaño de poro específico medido después de que ha sido secado a una temperatura específica.



**Tabla 2.1. Definiciones para sólidos encontrados en agua residual (continuación)**

<b>Sólidos</b>	<b>Descripción</b>
Sólidos suspendidos volátiles (SSV)	Estos sólidos pueden ser volatilizados e incinerados cuando los SST son calcinados ( $500 \pm 50$ ) °C
Sólidos suspendidos fijos (SSF)	Residuo remanente después de calcinar SST ( $500 \pm 50$ ) °C
Sólidos disueltos totales (SDT) (ST-SST)	Sólidos que pasan a través del filtro y luego son evaporados y secados. La medida de SDT comprende coloides y sólidos disueltos. Los coloides son de tamaño 0,001 a 1 $\mu\text{m}$
Sólidos disueltos volátiles (SDV) (SVT-SST)	Sólidos que pueden ser volatilizados e incinerados cuando los SDT son calcinados ( $500 \pm 50$ ) °C
Sólidos disueltos fijos (SDF)	Residuo remanente después de calcinar los SDT ( $500 \pm 50$ ) °C
Sólidos sedimentables	Sólidos suspendidos, que se sedimentarán por fuera de la suspensión dentro de un período de tiempo específico.

Fuente: Crites y Tchobanoglous, 2000

- **Turbiedad:**

La turbiedad como una medida de las propiedades de dispersión de la luz de las aguas, es otro parámetro usado para indicar la calidad de las aguas naturales y las aguas residuales tratadas con relación al material residual en suspensión coloidal. La medición de la turbiedad se realiza por comparación entre la intensidad de la luz dispersa en una muestra y la luz dispersa por una suspensión de referencia bajo las



mismas condiciones. El material coloidal impide la transmisión de la luz, ya que la absorbe o la dispersa. En general, no hay una relación definida entre la turbiedad y la concentración de sólidos suspendidos en aguas residuales sin tratamiento (Crites y Tchobanoglous, 2000).

- **Color:**

El color en aguas residuales es causado por sólidos suspendidos, el material coloidal y sustancias en suspensión. El color causado por sólidos suspendidos se llama color aparente mientras que el color causado por sustancias disueltas y coloidales se denomina color verdadero. El color verdadero se obtiene sobre una muestra filtrada. Dado que la medida depende del tamaño del poro del filtro, se debe especificar el tipo del filtro usado y el tamaño del poro. El color en una muestra de agua residual se determina comparando el color de la muestra y el color producido por soluciones de diferente concentración de cloroplatinato de potasio.

En forma cualitativa, el color puede ser usado para estimar la condición general del agua residual. Si el color es marrón claro, el agua residual lleva aproximadamente 6 horas desde su descarga. Un color gris claro es característico de aguas que han sufrido algún grado de descomposición o que han permanecido un tiempo corto en los sistemas de recolección. Si el color es gris oscuro o negro, se trata en general de aguas sépticas que han sufrido una fuerte descomposición bacterial bajo condiciones anaerobias. El oscurecimiento de las aguas residuales se da con frecuencia debido a la formación de varios sulfuros, en particular el sulfuro ferroso. La formación de sulfuros ocurre cuando el ácido sulfhídrico, producido a partir de la reducción de sulfato bajo condiciones anaerobias, se combina con metales divalentes que pueden estar presentes en las aguas residuales, como el hierro (Crites y Tchobanoglous, 2000).



- **Transmitancia:**

La transmitancia se define como la capacidad de un líquido de transmitir luz de una longitud de onda específica a través de una solución de espesor conocido. El porcentaje de transmitancia es afectado por todas las sustancias presentes en las aguas residuales capaces de absorber o dispersar luz. Las principales sustancias que afectan el porcentaje de transmitancia en aguas residuales incluyen algunos compuestos inorgánicos (cobre, hierro, etc.), compuestos orgánicos (tintes orgánico, sustancias húmicas, benceno, tolueno, etc.) y sólidos suspendidos totales (Crites y Tchobanoglous, 2000).

- **Olor:**

El olor de un agua residual fresca es en general inofensivo, pero una gran variedad de compuestos malolientes son liberados cuando se produce la degradación biológica de las aguas residuales bajo condiciones anaerobias. El principal compuesto de olor indeseable es el sulfuro de hidrógeno. Los olores pueden ser medidos mediante métodos sensoriales e instrumentales. La medición sensorial de olores empleando el sentido del olfato de los humanos puede generar información importante en niveles de detección muy bajos (Crites y Tchobanoglous, 2000).

- **Temperatura:**

La temperatura del agua residual es generalmente mayor que la temperatura del agua para abastecimiento como consecuencia de la incorporación de agua caliente. La medición de la temperatura es importante, ya que muchos de los sistemas de tratamiento de aguas residuales incluyen procesos biológicos que dependen de la temperatura.

La temperatura del agua es un parámetro muy importante porque afecta directamente las reacciones químicas y las velocidades de reacción, la vida acuática y



la adecuación del agua para fines benéficos. Un incremento en la temperatura puede causar cambios en las especies de peces que existan en un cuerpo de agua receptor. Además, el oxígeno es menos soluble en el agua caliente que en agua fría. El aumento en la velocidad de las reacciones bioquímicas, como consecuencia de incrementos en las temperaturas de las aguas superficiales, puede ocasionar una drástica disminución en la concentración del oxígeno disuelto (Crites y Tchobanoglous, 2000).

- **Densidad:**

La densidad es una característica física de gran importancia a la hora de establecer la formación potencial de corrientes de densidad en sedimentadores, humedales artificiales y otras unidades de tratamiento. La densidad de aguas residuales varía en función de la temperatura y de la cantidad de sólidos totales presentes (Crites y Tchobanoglous, 2000).

- **Conductividad:**

La conductividad eléctrica del agua (CE), es la medida de la capacidad de una solución para conducir la corriente eléctrica. Como la corriente eléctrica es transportada por iones en solución, el aumento en la concentración de iones provoca un aumento en la conductividad. Por lo tanto, el valor de la medida de conductividad eléctrica es usado como un parámetro sustituto de la concentración de sólidos disueltos totales. Con la ecuación (1) es posible estimar la concentración de SDT en una muestra de agua haciendo uso de la conductividad eléctrica y una constante con un valor comprendido entre 550 y 700, que varía de acuerdo a la procedencia del agua residual (Crites y Tchobanoglous, 2000).

$$\text{SDT (mg/L)} \approx \text{CE (mmho/cm)} * (550-700) \quad (2.1)$$



### **2.2.6.2. Características químicas inorgánicas**

Los constituyentes químicos inorgánicos de interés comprenden nutrientes, constituyentes no metálicos, metales y gases. Otras pruebas como pH, alcalinidad, cloruros y sulfatos son realizadas para estimar la capacidad de reutilización de aguas residuales tratadas y también como pruebas para el control de varios procesos de tratamiento (Crites y Tchobanoglous, 2000).

- **pH:**

El intervalo adecuado de pH para la existencia de la mayor parte de la vida biológica es relativamente estrecho, en general entre pH 5 y 9. Las aguas residuales con valores de pH menores a 5 y superiores a 9 son de difícil tratamiento mediante procesos biológicos. Si el pH de un agua residual no es ajustado antes de ser vertido, el pH de la fuente receptora puede ser alterado; por ello, la mayoría de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales deben ser descargados dentro de límites específicos de pH (Crites y Tchobanoglous, 2000).

- **Nitrógeno:**

Dado que el nitrógeno es esencial para el crecimiento biológico, recibe el nombre de nutriente o bioestimulante. Debido a que el nitrógeno es esencial para la síntesis de proteínas, se necesitan conocer datos sobre la presencia de este nutriente a la hora de evaluar la tratabilidad del agua residual mediante procesos biológicos. El contenido total de nitrógeno está compuesto por nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos y nitrógeno orgánico.

En aguas residuales con contenidos bajos de sólidos suspendidos, el nitrógeno amoniacal puede medirse por métodos colorimétricos al adicionarse el reactivo de Nessler y posteriormente observarse la intensidad del color amarillo impartido a la solución por el coloide formado. El nitrógeno amoniacal también puede ser determinado por titulación o por electrodos de ión específico.



El nitrógeno en forma de nitrito, determinado por métodos colorimétricos es bastante inestable y fácilmente oxidado a la forma de nitrato. A pesar de estar presentes en concentraciones bajas, los nitritos son de gran importancia en estudios de aguas residuales porque son altamente tóxicos para muchos peces y otras especies acuáticas. Los nitritos presentes en aguas residuales tratadas son oxidados por la adición de cloro, lo cual ocasiona un aumento en la demanda de cloro y en los costos de desinfección. El nitrógeno en forma de nitrato, se determina comúnmente por métodos colorimétricos.

El nitrógeno orgánico se determina por el método de Kjeldahl, en el cual una muestra acuosa es primero hervida para eliminar el amoníaco y posteriormente se realiza una digestión por ebullición en ácido sulfúrico. El nitrógeno orgánico presente en la muestra se convierte en amoníaco para luego ser destilado y medido por Nesslerización (Crites y Tchobanoglous, 2000).

- **Fósforo:**

El fósforo también es importante en el crecimiento de algas y otros organismos biológicos. Las formas más frecuentes en que se puede encontrar el fósforo en soluciones acuosas incluyen ortofosfatos, polifosfatos y fósforo orgánico. Debido al nocivo crecimiento incontrolado de algas en aguas superficiales es necesario controlar las concentraciones de fósforo en aguas residuales (Crites y Tchobanoglous, 2000).

- **Alcalinidad:**

La alcalinidad del agua se define como su capacidad para neutralizar ácidos. En aguas residuales, la alcalinidad se debe a la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos como potasio, calcio, magnesio, sodio o ión de amonio. Los boratos, silicatos, fosfatos y compuestos similares pueden contribuir también a la alcalinidad; sin embargo, rara vez son significativos. La alcalinidad en aguas residuales ayuda a regular los cambios de pH causados por la adición de ácidos. La alcalinidad se determina por titulación con un ácido normalizado (Crites y Tchobanoglous, 2000).



- **Cloruros:**

La concentración de cloruros en aguas residuales es un parámetro importante relacionado con su reutilización. Los cloruros en aguas naturales provienen de los cloruros lixiviados de las rocas y los suelos con los que están en contacto. En áreas costeras, las concentraciones de cloruros pueden provenir de la intrusión de las aguas salinas y salobres. Otras fuentes potenciales de cloruros son las descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agrícolas a las aguas superficiales. Debido a que los métodos convencionales de tratamiento no eliminan cloruros en cantidades significantes, concentraciones superiores a las normales pueden tomarse como un indicio de que la fuente de agua está siendo usada para el vertido de aguas residuales (Crites y Tchobanoglous, 2000).

- **Sulfatos:**

El ión sulfato se encuentra en forma natural tanto en aguas de abastecimiento como en aguas residuales. El azufre es un elemento indispensable para la síntesis de proteínas, y por eso se libera cuando ocurre la degradación de las mismas. Los sulfatos se reducen biológicamente a sulfuros bajo condiciones anaerobias y pueden formar sulfuro de hidrógeno al combinarse con el hidrógeno (Crites y Tchobanoglous, 2000).

- **Metales:**

Todos los organismos vivos requieren, para su adecuado crecimiento, elementos como hierro, cobre, zinc en cantidades diferentes. Aunque los metales son esenciales para un normal desarrollo de la vida biológica, estos elementos pueden llegar a ser tóxicos cuando se presentan en cantidades elevadas. La determinación de metales se puede realizar por absorción atómica o colorimétricamente (Crites y Tchobanoglous, 2000).



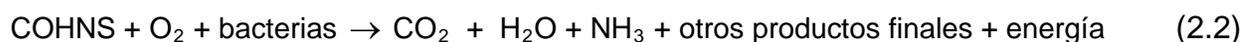
### 2.2.6.3. Características químicas orgánicas

Los análisis de compuestos orgánicos se hacen para caracterizar aguas residuales tratadas y no tratadas, para estimar el desempeño de los procesos de tratamiento y estudiar su comportamiento en las fuentes receptoras (Crites y Tchobanoglous, 2000).

- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO):**

La DBO es el método usado con mayor frecuencia en el campo de tratamiento de aguas residuales. Si existe suficiente oxígeno disponible, la descomposición biológica aerobia de un desecho orgánico continuará hasta que el desecho se haya consumido. Tres actividades más o menos diferenciadas pueden ocurrir. Primero, una parte del desecho se oxida a productos finales y con ellos los microorganismos obtienen energía para el mantenimiento de las células y la síntesis de un nuevo tejido celular. Simultáneamente, otra fracción del desecho se convierte en tejido celular nuevo empleando la energía liberada durante la oxidación. Por último, cuando se consume la materia orgánica, las nuevas células comienzan a consumir su propio tejido celular con el fin de obtener energía para el mantenimiento celular; este tercer proceso es llamado respiración endógena. El término usado para representar los desechos orgánicos es COHNS (el cual representa los elementos carbono, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno y azufre), y para el tejido celular es  $C_5H_7NO_2$ ; los tres procesos se definen por las siguientes reacciones químicas:

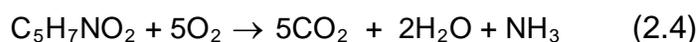
Oxidación:



Síntesis:



Respiración endógena:





En la prueba estándar de DBO, una pequeña muestra de agua residual se coloca en una botella de DBO (volumen de 300 mL). La botella se completa a volumen usando agua saturada con oxígeno y los nutrientes requeridos para el crecimiento biológico. Antes de tapar la botella se mide la concentración de oxígeno. Después de incubar la botella por 5 días a 20°C, la concentración de oxígeno disuelto se mide de nuevo. La DBO de la muestra es la diferencia entre los valores de concentración de oxígeno disuelto, expresado en miligramos por litro, dividido por la fracción decimal del volumen de la muestra usada (Crites y Tchobanoglous, 2000).

- **Demanda química de oxígeno (DQO):**

La prueba de DQO es usada para medir el material orgánico presente en las aguas residuales, susceptible de ser oxidado químicamente con una solución de dicromato en medio ácido. La DQO mide la totalidad de la materia orgánica presente en agua residual y la DBO mide sólo la materia orgánica biodegradable por medio de microorganismos o bacterias. Por lo tanto, se puede obtener una relación o razón entre ellas que permita orientar la ingeniería conceptual del tipo de tratamiento a realizar (Crites y Tchobanoglous, 2000).

- **Grasas y aceites:**

El contenido de grasas y aceites en agua residual se determina por extracción de la muestra de residuo con triclorotrifluoroetano. Debido a sus propiedades, la presencia de grasas y aceites en aguas residuales puede causar muchos problemas en tanques sépticos, en sistemas de recolección y en el tratamiento de aguas residuales. La formación de natas sobre la superficie de tanques sépticos debe ser removida periódicamente; de no ser así el espacio comprendido entre la superficie y la zona de lodos se ve reducido, provocando el arrastre de sólidos al segundo compartimiento o a los sistemas de vertimiento. Si las grasas y aceites no se remueven en los procesos de pretratamiento de aguas residuales, tenderán a acumularse posteriormente en los procesos siguientes. De igual manera, si las grasas no se remueven antes de descargar



las aguas residuales tratadas, podrían interferir con la vida biológica en las fuentes receptoras (Crites y Tchobanoglous, 2000).

- **Tensoactivos:**

Los tensoactivos son moléculas orgánicas grandes que se componen de un grupo fuertemente hidrofóbico y uno fuertemente hidrofílico. Su presencia en aguas residuales proviene de la descarga de detergentes domésticos, industriales y otras operaciones de limpieza. Los tensoactivos tienden a acumularse en la interfase aire-agua y pueden causar la aparición de espumas en las plantas de tratamiento de aguas residuales y en la superficie de los cuerpos receptores de los vertimientos de agua residual tratada. La determinación de elementos tensoactivos se realiza por el análisis de cambio de color de una muestra estándar de azul de metileno (Crites y Tchobanoglous, 2000).

- **Compuestos orgánicos individuales:**

Los compuestos orgánicos individuales se determinan para evaluar la presencia de polutantes prioritarios. Los polutantes prioritarios se caracterizan por las sospechas acerca de su efecto carcinógeno, mutagénico y teratogénico o de toxicidad aguda. Los compuestos orgánicos más representativos se clasifican en las siguientes categorías: compuestos orgánicos volátiles, compuestos orgánicos aromáticos volátiles, halocarbonos volátiles, trihalometanos y solventes orgánicos clorados, hidrocarburos aromáticos policlorados, pesticidas y herbicidas (Crites y Tchobanoglous, 2000).

## **2.2.7. Técnicas experimentales**

### **2.2.7.1. Cromatografía de gases**

La cromatografía es un método físico de separación, en el cual los componentes que se van a separar se distribuyen entre dos fases; una de estas fases constituye una capa



estacionaria de gran área superficial, la otra es un fluido que eluye a través o a lo largo de la fase estacionaria. El cromatógrafo de gases está formado básicamente por: el gas acarreador, sistema para introducir la muestra, la columna y el detector.

El gas acarreador o gas portador debe ser un gas inerte, para prevenir su reacción con el analito o la columna. Generalmente se emplean gases como el helio, argón, nitrógeno, hidrógeno o dióxido de carbono, y la elección de este gas en ocasiones depende del tipo de detector empleado.

El sistema de inyección de muestra es un instrumento crítico, ya que se debe inyectar una cantidad adecuada, y debe introducirse de forma rápida para evitar el ensanchamiento de las bandas de salida; este efecto se da con cantidades elevadas de analito. El método más utilizado emplea una jeringa para introducir el analito a la cámara del cromatógrafo.

En la columna se encuentra la fase estacionaria; en la cromatografía gas-líquido la fase estacionaria es un líquido. Este líquido se reparte uniformemente en forma de una capa delgada. La forma más común es impregnar un material sólido pulverizado con la fase líquida antes de empacar la columna. Sin embargo, se emplean, además de columnas empaquetadas o de relleno, las tubulares abiertas o capilares. El proceso de separación ocurre en la columna y por ello se debe considerar que este componente es el corazón del instrumento. Pero la separación tendría muy poco valor sin una forma para detectar y medir los solutos que se separan y van saliendo de la columna.

El gas acarreador pasa por un lado del detector y después entra a la columna. Cerca de la entrada de la columna está un instrumento por medio del cual se pueden introducir las muestras en la corriente de gas acarreador; las muestras pueden ser gases o líquidos volátiles. El puerto de inyección está caliente para que las muestras líquidas se vaporicen con rapidez. En seguida la corriente de gas se encuentra con la columna, la cual está montada en un horno a temperatura constante. Este es el corazón del instrumento, el lugar donde se lleva a cabo el proceso cromatográfico básico. Cuando la corriente de gas sale de la columna, pasa a través del otro lado del detector. De esta



forma, la elución de un soluto de la columna establece un desequilibrio entre los dos lados del detector y éste lo registra en forma eléctrica (Day y Underwood, 2000).

### **2.2.7.2. Absorción atómica**

La espectroscopia de absorción atómica es una técnica de análisis instrumental, capaz de detectar y determinar cuantitativamente la mayoría de los elementos comprendidos en el sistema periódico. Este método consiste en la medición de las especies atómicas por su absorción a una longitud de onda particular.

La fuente de luz de un espectrómetro de absorción atómica es usualmente una lámpara de cátodo hueco con vacío de los elementos a ser medidos; ésta es una fuente de energía radiante. Los espectrómetros usan monocromadores y detectores de luz visible y UV.

En la absorción atómica, la cantidad de luz absorbida después de pasar a través de la llama determina la cantidad de analito en la muestra. En un atomizador con llama, la disolución de la muestra es nebulizada mediante un flujo de gas oxidante mezclado con el gas combustible y se transforma en una llama donde se produce la atomización. El primer paso es la desolvatación, donde se evapora el disolvente hasta producir un aerosol molecular sólido finamente dividido. Luego la disociación de la mayoría de estas moléculas produce un gas atómico.

El aerosol formado por el flujo del gas oxidante, se mezcla con el combustible y se pasa a través de una zona de flectores que eliminan las gotitas que no sean muy finas. Como consecuencia de la acción de éstas, la mayor parte de la muestra se recoge en el fondo de una cámara y se drena hacia un contenedor de desechos. El aerosol, el oxidante y el combustible se queman en un mechero provisto de una ranura de 1 mm de ancho por 5 mm de longitud. Estos mecheros proporcionan una llama relativamente estable y larga, estas propiedades aumentan la sensibilidad y la reproducibilidad. Los átomos se excitan con la luz que pasa a través de ellos y, de este modo, al volver al estado fundamental emiten su radiación característica.



El detector es el dispositivo encargado de captar la señal óptica proveniente del monocromador y transformarlo en una señal electrónica capaz de ser convertida en un valor legible. El más común es el fotomultiplicador, tubo de vacío provisto de placas fotosensibles que recibe los fotones, los convierte en impulsos electrónicos y multiplica hasta obtener la suficiente intensidad eléctrica.

Los caudales de oxidante y combustible constituyen variables importantes que requieren un control preciso, es deseable poder variar cada uno de ellos en un intervalo amplio para poder encontrar experimentalmente las condiciones óptimas para la atomización. Los métodos analíticos basados en la absorción atómica son muy específicos, ya que las líneas de absorción atómica son considerablemente estrechas (de 0.002 a 0.0005nm) y las energías de transición electrónica son específicas para cada elemento (Day y Underwood, 2000).

### **2.2.8. Métodos de tratamiento de agua residual**

La elección de los métodos y procesos de tratamiento depende de los constituyentes a remover y del grado de remoción de los mismos (Crites y Tchobanoglous, 2000).

#### **2.2.8.1. Clasificación de los métodos de tratamiento**

Los constituyentes presentes en el agua residual se remueven por mecanismos de tipo físico, químico y biológico. Los métodos se clasifican por lo general en operaciones físicas unitarias, procesos químicos unitarios y procesos biológicos unitarios. En los sistemas de tratamiento se realizan combinaciones de estas operaciones y procesos.

Los métodos de tratamiento en los cuales predomina la aplicación de fuerzas físicas se conocen como operaciones físicas unitarias; se cuentan como ejemplos de operaciones físicas unitarias la floculación, sedimentación, flotación, filtrado, tamizado, mezcla y transferencia de gases. Los métodos de tratamiento en los cuales la remoción



o transformación de los contaminantes se produce por adición de insumos químicos o por reacciones químicas se conocen como procesos químicos unitarios. Los procesos de precipitación, adsorción y desinfección se catalogan como procesos químicos unitarios. Los métodos de tratamiento en donde la remoción de contaminantes se lleva a cabo gracias a la actividad biológica se denominan procesos biológicos unitarios. La principal aplicación de los procesos biológicos unitarios es la remoción de los constituyentes orgánicos biodegradables de las aguas. Estas sustancias se transforman en gases que escapan a la atmósfera, y en tejido celular biológico que puede ser removido por sedimentación. Los tratamientos biológicos se emplean también para remover nutrientes (nitrógeno y fósforo) de las aguas residuales.

Los procesos y operaciones unitarias se combinan y complementan para dar lugar a diferentes niveles de tratamiento de las aguas residuales, estos niveles se muestran a continuación en la tabla 2.2 (Crites y Tchobanoglous, 2000).

**Tabla 2.2. Niveles de tratamiento de agua residual**

<b>Nivel de tratamiento</b>	<b>Descripción</b>
Preliminar	Remoción de constituyentes del agua residual que puedan causar problemas operacionales o de mantenimiento con los procesos y operaciones de tratamiento, y sistemas auxiliares.
Primario	Remoción de parte de los sólidos y materia orgánica suspendidos.
Primario avanzado	Remoción intensiva de los sólidos y materia orgánica suspendidos, en general llevada a cabo mediante la adición de sustancias químicas o filtración.
Secundario	Remoción de compuestos orgánicos biodegradables y sólidos suspendidos.
Secundario con remoción	Remoción de materia orgánica biodegradable, sólidos suspendidos y nutrientes.
Terciario	Remoción de sólidos suspendidos residuales, en general por filtración en medio granular.



**Tabla 2.2. Niveles de tratamiento de agua residual (continuación)**

Nivel de tratamiento	Descripción
Avanzado	Remoción de materiales disueltos o en suspensión que permanecen después del tratamiento biológico convencional. Este nivel se aplica en casos donde se requiere reutilizar el agua tratada.

Fuente: Crites y Tchobanoglous, 2000

### **2.2.8.2. Coagulación-floculación**

En muchos casos la materia suspendida en el agua residual conforma una suspensión coloidal. Las suspensiones coloidales suelen ser muy estables, generalmente debido a interacciones eléctricas entre las partículas; por tanto, tienen una velocidad de sedimentación extremadamente lenta. Para la eliminación de la materia en suspensión se adicionan reactivos químicos (coagulantes) que, en primer lugar, desestabilicen la suspensión coloidal (coagulación) y a continuación favorezcan la aglomeración de los sólidos para formar partículas de mayor tamaño (floculación), fácilmente sedimentables.

Los coagulantes suelen ser productos químicos que en solución aportan carga eléctrica contraria a la del coloide. Habitualmente, se utilizan sales con cationes con una alta relación carga/masa ( $Fe^{+3}$ ,  $Al^{+3}$ ), junto con polielectrolitos orgánicos, cuyo objetivo también es favorecer la floculación.

No hay reglas generales para determinar cuál es el coagulante más adecuado. Por tanto, para un agua residual concreta, se lleva a cabo un ensayo denominado prueba de jarras, donde se analiza la eficacia de distintos coagulantes, así como el pH y la dosificación óptima. En la tabla 2.3 se presentan los coagulantes usados comúnmente para el tratamiento de aguas residuales.



**Tabla 2.3. Características de algunos coagulantes**

<b>Coagulante</b>	<b>pH óptimo</b>	<b>Aplicaciones</b>
Cal	9-11	Eliminación de coloides. Agua con alta concentración de fósforo.
Sulfato de aluminio	4,5-7	Eliminación de coloides. Agua con alta concentración de fósforo.
Cloruro férrico	4-7	Eliminación de coloides. Agua con baja concentración de fósforo.
Cloruro ferroso	4-7	Eliminación de coloides. Agua con baja concentración de fósforo.
Sulfato ferroso	4-7	Eliminación de coloides. Agua con baja concentración de fósforo.
Polímero catiónico	-----	Eliminación de coloides. Ayudante con coagulantes metálicos.
Polímero aniónico y no iónico	1	Ayudante de floculación y sedimentación.

Fuente: Rodríguez, Letón y Rosal, 2007

Los equipos en los que se lleva a cabo este proceso, suelen constar de dos partes bien diferenciadas; una donde se adicionan los reactivos, y se somete en agua a una fuerte agitación durante un período corto de tiempo, con el objetivo de conseguir una mezcla rápida de reactivos y coloides para provocar la coagulación. Seguidamente, se somete el agua a una agitación mucho menos intensa, durante un período de tiempo más largo. En este caso el objetivo es que se produzca la floculación. De esta forma la materia en suspensión presenta unas características más adecuadas para su eliminación mecánica (Rodríguez, Letón y Rosal, 2007).

### **2.2.8.3. Electrocoagulación**

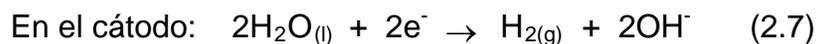
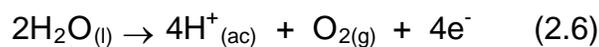
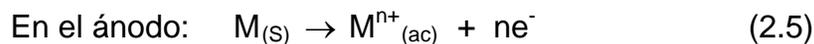
La electrocoagulación es un método electroquímico de tratamiento de aguas residuales donde un ánodo de sacrificio se oxida para que se lleve a cabo la



coagulación. Los electrodos empleados en la electrocoagulación suministran los iones necesarios para la clarificación del agua residual. Este proceso involucra tres etapas:

- Formación de los coagulantes por oxidación electrolítica del electrodo de sacrificio.
- Desestabilización de los contaminantes y partículas en suspensión.
- Agregación de las fases desestabilizadas para formar flóculos.

Cuando un potencial es aplicado por una fuente externa de energía, en el ánodo se lleva a cabo una oxidación mientras que en el cátodo ocurre una reducción. La reacción electroquímica con el metal (M) como ánodo se puede resumir:



En el ánodo metálico, fabricado generalmente de hierro o aluminio, se llevan a cabo dos reacciones. Inicialmente, el ánodo se disuelve y produce de manera continua hidróxidos metálicos que actúan como agentes coagulantes; las especies catiónicas aportadas se unen mediante un enlace iónico a los coloides cargados opuestamente y ocurre la coagulación. También se lleva a cabo la electrólisis del agua, en una reacción paralela, produciendo oxígeno gaseoso en el ánodo e hidrógeno gaseoso en el cátodo. Estas burbujas promueven el movimiento de las partículas floculadas y proveen mayor área superficial para que las partículas se adhieran al lodo acuoso resultando así una separación eficiente. En un proceso de electrocoagulación el electrodo es usualmente conectado a una fuente de corriente continua. La cantidad de metal disuelto o depositado depende de la cantidad de electricidad que pase a través del agua. El lodo que se genera puede ser removido por flotación o sedimentación (Aristizábal y Bermúdez, 2007).



#### **2.2.8.4. Sedimentación por gravedad**

Sedimentación es el término aplicado a la separación de partículas suspendidas con peso específico mayor al del agua por acción de la fuerza de gravedad. La sedimentación se usa para la remoción de arenas en unidades de pretratamiento, de SST en sedimentadores primarios, de flóculos biológicos en sedimentadores de lodo activado y de flóculos químicos formados en el proceso de coagulación con agentes químicos. Así mismo, se usa para la concentración de sólidos en espesadores de lodos.

Esta operación será más eficaz a medida que sea mayor el tamaño y densidad de las partículas a separar del agua. En los sedimentadores, la eliminación del sólido asentado debe hacerse de manera de no afectar negativamente el proceso de sedimentación; algunos tanques poseen tolvas de sedimentos para acumular los sólidos y evitar la salida excesiva de agua junto a los mismos. La eliminación de sólidos de los tanques puede hacerse de manera continua o semicontinua.

En cuanto a la sedimentación de partículas floculentas, a medida que ocurre la coalescencia o floculación, la masa de partículas aumenta y se sedimentan más rápido. El desarrollo de la floculación depende de la colisión entre las partículas, que a su vez es función de la carga superficial, de la profundidad del sedimentador, del gradiente de velocidad del sistema, de la concentración de partículas y el tamaño de las mismas (Crites y Tchobanoglous, 2000).



---

### **CAPÍTULO III**

## **MARCO METODOLÓGICO**

En este capítulo se especifica el tipo y diseño de investigación, así como la metodología aplicada para el logro de los objetivos planteados en el presente trabajo.

De acuerdo al nivel de profundidad, la presente investigación es de tipo diagnóstica ya que pretende la identificación y descripción detallada de la situación ambiental de los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica, así como el planteamiento de alternativas que permitan avanzar en la gestión ambiental y el manejo y disposición de desechos peligrosos (Méndez, 2002).

En cuanto al diseño de la investigación, es de campo, debido a que se basa en la recolección de muestras de desechos líquidos y gaseosos generados en las prácticas de los laboratorios, los cuales serán analizados a fin de cumplir con los objetivos planteados en la investigación (Méndez, 2002).

En el mismo orden de ideas, la investigación es de campo-diagnóstica, ya que pretende mediante la recolección de muestras de desechos provenientes de las actividades de los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica, la descripción de su situación ambiental actual y el planteamiento de alternativas adecuadas para la gestión de sus desechos.

Las fases para el desarrollo sistemático de la investigación (DSI) son las siguientes:

- Especificación del marco legal que rige la gestión ambiental.
- Identificación de los aspectos ambientales de los laboratorios.
- Selección de los aspectos ambientales más significativos que constituyan una fuente de contaminación en las prácticas de los laboratorios.
- Análisis de los resultados obtenidos en la caracterización de los desechos.



- Generación de alternativas para disminuir y controlar el impacto ambiental generado por los laboratorios.

### **3.1. Especificación del marco legal que rige la gestión ambiental**

Para especificar el marco legal de la investigación se realizó la revisión de las leyes, decretos y normativas vigentes en materia ambiental. La identificación del marco legal se basó en la consulta de la legislación relacionada a la generación, almacenamiento y gestión de desechos peligrosos (líquidos y gaseosos), así como, límites permisibles de sustancias químicas liberadas al ambiente.

Una vez identificadas las leyes y decretos con aplicación en el diagnóstico ambiental, se procedió al reconocimiento de los artículos que contenían la información necesaria para el desarrollo de los objetivos planteados en la presente investigación. De igual manera, se investigaron las condiciones y parámetros establecidos legalmente para la generación y vertido de efluentes líquidos y las emisiones gaseosas, así como generación, manejo y disposición de desechos peligrosos.

### **3.2. Identificación de los aspectos ambientales de los laboratorios**

#### **3.2.1. Seguimiento de las actividades de los laboratorios**

Se realizó una visita a los laboratorios con la finalidad de entrevistar a los profesores y técnicos para obtener información acerca de las prácticas que se desarrollan durante el semestre, los reactivos utilizados y productos generados en cada una de ellas. De igual manera, se recabó información contenida en las guías de práctica de los laboratorios.

Se revisó el almacén e inventario de reactivos de cada laboratorio, con el objeto de conocer las condiciones de almacenamiento a las cuales están sometidos. El



Laboratorio de Química Orgánica no poseía inventario de reactivos, razón por la cual fue necesaria la elaboración del mismo. Se verificó el estado de las campanas extractoras, depósitos de residuos y drenaje de los lavaderos.

Con base en los inventarios de cada laboratorio, se elaboró un listado de reactivos, en el cual se muestran las características de las sustancias almacenadas en los laboratorios.

### **3.2.2. Revisión del manejo y disposición de desechos peligrosos**

Se consultó a los técnicos de los laboratorios con el fin de conocer el tipo de desechos generados y las actividades realizadas en cuanto a su manejo y disposición. Para ello, se obtuvo información relacionada al tratamiento y descarga de los desechos generados, basándose en las regulaciones establecidas en el decreto 2.635 y la Ley 55. De igual manera, la observación durante el desarrollo de las prácticas permitió verificar el manejo y disposición de desechos llevada a cabo en cada laboratorio.

### **3.2.3. Elaboración y aplicación de encuestas**

Inicialmente se estableció el objetivo de la encuesta de acuerdo a lo establecido por Méndez (2002), con la finalidad de determinar la población objeto de estudio, es decir, aquellas personas de las que se podía obtener información de interés. De acuerdo con el objetivo de la encuesta y los objetivos de la investigación, se elaboraron los renglones que la conforman (apéndice D).

La aplicación de las encuesta se llevó a cabo con la finalidad de determinar el grado de conocimiento que tiene la población en estudio sobre el impacto ambiental que pueden causar las actividades desarrolladas, así como los riesgos asociados a la manipulación de materiales y desechos generados en los laboratorios. De esta manera,



es posible la identificación de aquellos aspectos ambientales que pueden ser generados o verse afectados por el desconocimiento por parte de la población que está en contacto con los laboratorios y, adicionalmente, permite la implementación y desarrollo de actividades destinadas a mejorar el desempeño ambiental de los laboratorios basados en la concientización, información y compromiso de la población que se desenvuelve dentro de sus instalaciones y adyacencias.

Para la elaboración de la encuesta, se deben tomar en cuenta aspectos relacionados al desarrollo de las actividades de los laboratorios y la gestión ambiental llevada a cabo en ellos; tales como:

- Reactivos utilizados.
- Desechos generados.
- Manipulación de materiales peligrosos.
- Gestión de desechos.
- Impacto ambiental.

Luego, es necesario determinar la población objeto de estudio y la muestra a la que se le aplicará la encuesta. La población seleccionada para la obtención de información son los profesores y estudiantes de la Escuela de Ingeniería Química, así como el personal administrativo y obrero que labora en la Facultad de Ingeniería, ya que están en contacto frecuente con las instalaciones de los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica.

En cuanto al tipo de muestreo, es necesario realizar un muestreo aleatorio estratificado (Méndez, 2002), debido a que se estudiarán grupos que ocupan distintos cargos dentro de la facultad; por lo tanto, cada estrato es homogéneo internamente y heterogéneo respecto a otros estratos. Entonces, se requiere conocer la cantidad de personas que conforma cada estrato. Según datos facilitados por la Dirección de Control de Estudios de la Facultad de Ingeniería, la cantidad de personas para cada uno de los estratos seleccionados se presenta en la tabla 3.1.



**Tabla 3.1. Tamaño de la población de profesores y estudiantes de la Escuela de Ingeniería Química, y personal administrativo y obrero de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo**

<b>Estrato</b>	<b>Tamaño de la población por estrato (número de personas)</b>
Profesores (Escuela de Ingeniería Química) (*)	18
Estudiantes (Escuela de Ingeniería Química)	2.115
Personal administrativo	184
Personal obrero	54

(\*) No incluye profesores contratados.

Fuente: Dirección de Control de estudios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, mayo de 2008.

Una vez conocido el tamaño de la población de interés, se determina el tamaño de la muestra a estudiar, asegurando que ésta sea significativa. Con este fin, se utilizan las tablas para la determinación de tamaño de muestra (apéndice C), con un nivel de error de muestreo de 0,05 y un nivel de confianza del 95%, según Méndez, 2002. Para el caso de los profesores, como el tamaño de la población es pequeño, no es necesario trabajar con una muestra, ya que es posible analizar a la totalidad de la población. En la tabla 3.2 se señala el tamaño de la muestra de la población para cada uno de los estratos.

**Tabla 3.2. Tamaño de la muestra de la población por estrato para la aplicación de la encuesta**

<b>Estrato</b>	<b>Tamaño de la muestra (número de personas)</b>
Profesores (Escuela de Ingeniería Química) (*)	18
Estudiantes (Escuela de Ingeniería Química)	325



**Tabla 3.2. Tamaño de la muestra de la población por estrato para la aplicación de la encuesta (continuación)**

<b>Estrato</b>	<b>Tamaño de la muestra (número de personas)</b>
Personal administrativo	132
Personal obrero	44

(\*) No incluye profesores contratados.

La encuesta elaborada fue sometida a un proceso de validación, el cual fue llevado a cabo por los profesores Tony Espinosa, Eliana Rodríguez y Crisdalith Cachutt (apéndice D), ya que están capacitados para la validación de instrumentos primarios de muestreo. Una vez validada la encuesta, se procedió a su aplicación. Posteriormente, se analizó la información obtenida en cada uno de los renglones de los cuestionarios y se recogieron los aspectos de interés para la investigación.

#### **3.2.4. Identificación de potenciales focos de contaminación**

A fin de conocer el proceso para la identificación de los aspectos ambientales de cada laboratorio, se revisó la norma COVENIN-ISO 14001, (2004). Basándose en esta información, se elaboró un listado de los aspectos ambientales generados por el desarrollo de las prácticas de los laboratorios, que pudieran considerarse potenciales focos de contaminación debido al impacto ambiental que generan.

### **3.3. Selección de los aspectos ambientales más significativos que constituyan una fuente de contaminación en las prácticas de los laboratorios**

#### **3.3.1. Análisis cualitativo de los aspectos ambientales**

Mediante la elaboración de un diagrama causa-efecto se determinaron las posibles causas que dan origen a cada uno de los aspectos ambientales considerados para los laboratorios. Así mismo, se clasificaron dando prioridad a aquellos que generan un



mayor impacto ambiental de acuerdo a las actividades realizadas por práctica de laboratorio y de conformidad con lo expuesto en la norma ISO 14001:2004.

Las variables consideradas para la construcción del diagrama son:

- **Medición:** Se consideran los desechos generados que serán estudiados, al igual que el seguimiento de la gestión ambiental llevado a cabo en los laboratorios.
- **Medio ambiente:** Se presentan las condiciones ambientales que pueden influir en las actividades de los laboratorios.
- **Maquinaria:** Esta variable está referida a los equipos utilizados en el desarrollo de las prácticas.
- **Método:** Incluye a los procedimientos de las prácticas, tratamiento y disposición de desechos, y manejo de equipos.
- **Materiales:** Considera los reactivos empleados, detergentes, suministro de agua, gasto de energía.
- **Mano de obra:** Esta variable se refiere al adiestramiento y conocimiento de los estudiantes en cuanto a la metodología de las prácticas, manipulación de materiales y desechos.

### **3.3.2. Selección de los desechos que deben ser analizados por práctica**

Con base en los aspectos ambientales significativos que fueron identificados para cada laboratorio de conformidad con la norma COVENIN-ISO 14001, (2004) y en el impacto ambiental que generan, se elaboró un inventario de los desechos que debían ser analizados por práctica de laboratorio, indicando los parámetros fisicoquímicos a ser



considerados en los análisis de desechos líquidos y gaseosos, ya que debido a limitaciones económicas no podían analizarse en su totalidad.

En este sentido, se seleccionaron aquellas prácticas que generan mayor impacto ambiental, de acuerdo a la toxicidad y cantidades de los reactivos utilizados y desechos generados. En cuanto a los parámetros fisicoquímicos que debían analizarse en cada muestra de desechos, tanto líquidos como gaseosos, se seleccionaron aquellos que causaban mayor degradación ambiental, de acuerdo al desarrollo de cada práctica.

### **3.4. Análisis de los resultados obtenidos en la caracterización de los desechos**

#### **3.4.1. Muestreo de efluentes líquidos**

Para llevar a cabo el muestreo de los efluentes líquidos, se realizó la ubicación de los puntos de recolección de muestras. Debido a la inexistencia de planos de sistemas cloacales y alcantarillado de los laboratorios, además de la limitación económica para realizar modificaciones relacionadas con trabajos de plomería; se ubicaron los puntos de muestreo en los desagües de los lavaderos de cada uno de los laboratorios. En el Laboratorio de Química Analítica (LQA) los puntos de muestreo se nombraron A-1, A-2, A-3 y A-4; mientras que en el Laboratorio de Química Orgánica (LQO) se nombraron O-1 y O-2. En las figuras 3.1 y 3.2, se muestran los planos de distribución de los laboratorios y se indican los puntos de muestreo para efluentes líquidos que fueron seleccionados.

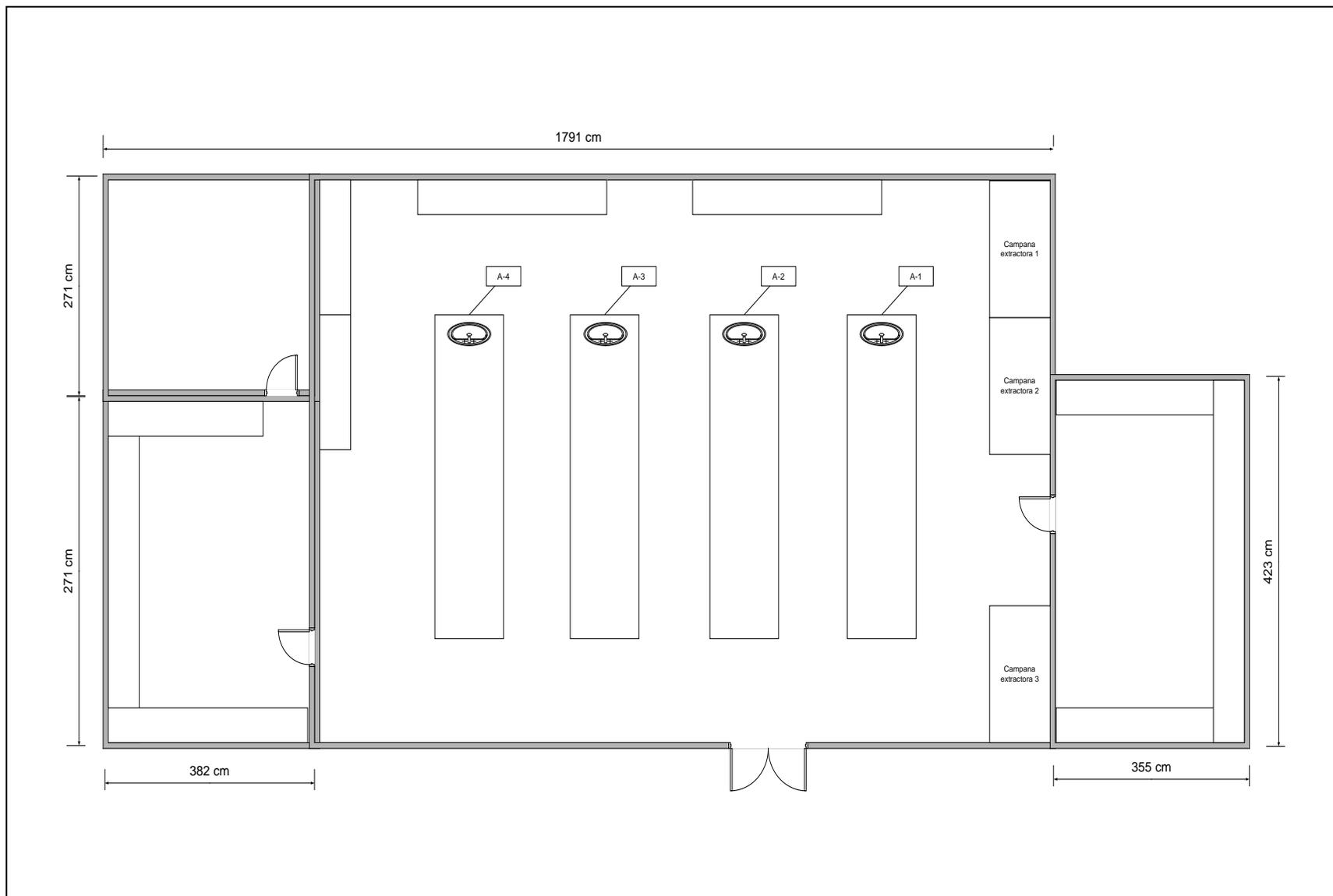
Utilizando tapones de goma, se obstruyeron los desagües de cada lavadero, permitiéndose así la recolección del agua residual generada en cada una de las prácticas de los laboratorios. El proceso de toma de muestras consistió en esperar que el volumen de agua acumulado en los lavaderos fuese de 40 litros para tomar una



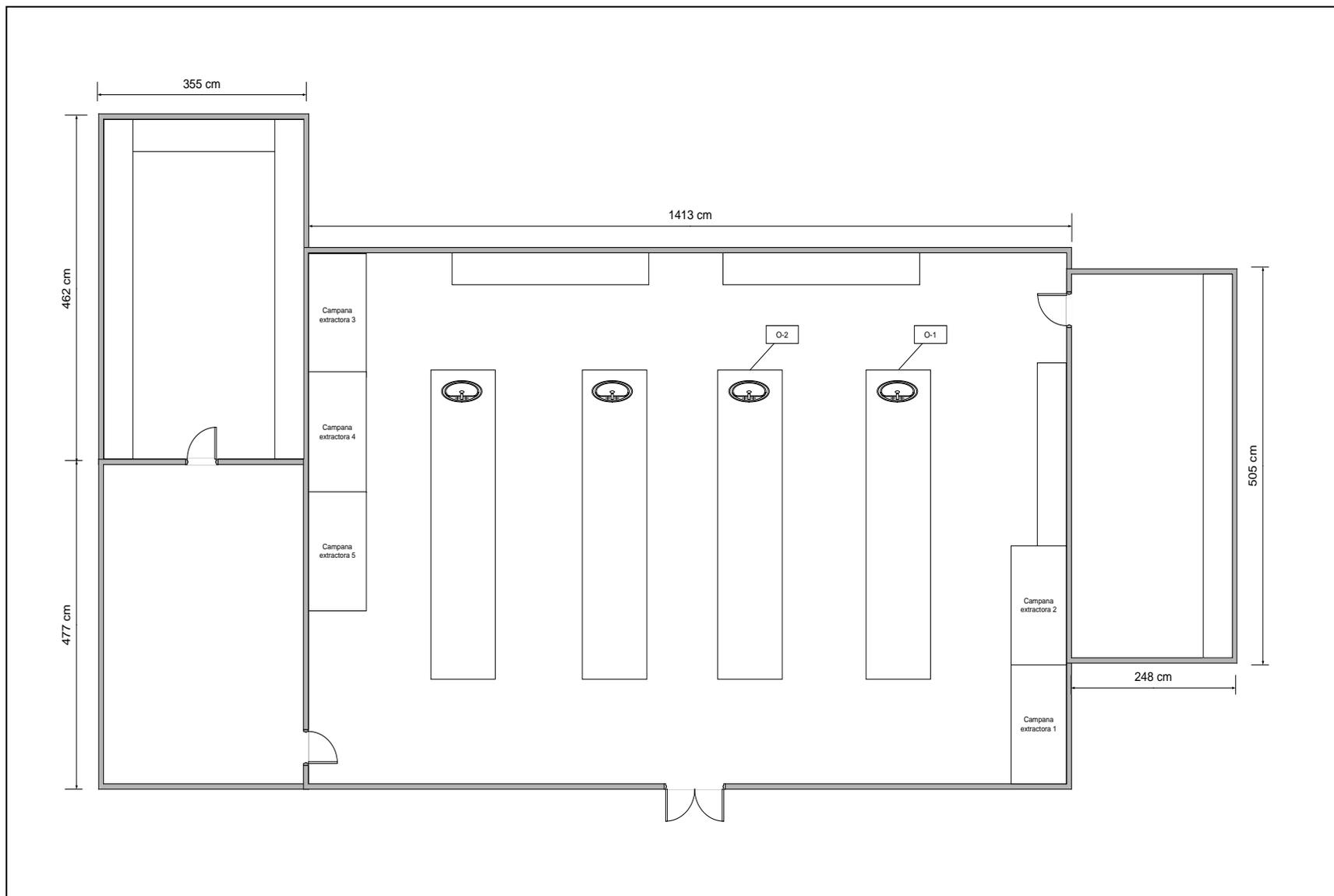
alícuota de agua residual y, posteriormente, mezclar las alícuotas recogidas durante el período de muestreo a fin de obtener una muestra significativa respecto a los efluentes descargados durante cada práctica. Dependiendo de los volúmenes generados en las prácticas, se tomaron alícuotas de 500 ó 1500 mL; en las prácticas del LQA se tomaron alícuotas de 500 mL, a excepción de la práctica de análisis instrumental; mientras que en las prácticas del LQO las alícuotas de agua residual fueron de 1500 mL.

Con el fin de identificar cuando se acumulaban 40 litros en los lavaderos, se marcó la altura en el lavadero correspondiente a ese volumen. Inmediatamente después de la recolección de cada submuestra se midió su temperatura. En aquellos casos en que el volumen de agua recolectada era inferior a 40 litros, la alícuota tomada era proporcional al volumen de agua recolectado.

Luego, de la muestra compuesta obtenida se recolectaban 3 litros, con la finalidad de disponer de un volumen suficiente para el posterior análisis fisicoquímico. El período de muestreo fue igual a la duración de una práctica, es decir de 4 horas.



**Figura 3.1. Plano de distribución del Laboratorio de Química Analítica**



**Figura 3.2. Plano de distribución del Laboratorio de Química Orgánica**



Como consecuencia del alto costo de los análisis de aguas residuales, sólo se recolectó una muestra por práctica de laboratorio, siendo en total trece (13) muestras de efluentes líquidos; de las cuales ocho (8) corresponden al LQO y cinco (5) al LQA.

La recolección y preservación de las muestras se realizó según el procedimiento y las condiciones establecidas por APHA-AWWA-WPCF, (1995); en su publicación titulada Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater. Estas especificaciones varían de acuerdo a los parámetros que se analizarán en la muestra; la tabla 3.3 muestra las condiciones de preservación respectivas a los parámetros estudiados en los efluentes de los laboratorios.

**Tabla 3.3. Preservación de muestras de agua residual según el tipo de análisis**

<b>Análisis</b>	<b>Contenedor</b>	<b>Tamaño mínimo de la muestra (mL)</b>	<b>Preservación</b>	<b>Tiempo máximo de almacenaje</b>
Sulfatos	P,V	_____	Refrigerar	28 días
Cloruros	P	_____	Ninguna	28 días
Nitrógeno total	P,V	500	Analizar lo antes posible o añadir H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH 2. Refrigerar	28 días
DBO	P,V	1000	Refrigerar	6 h / 48 h
DQO	P,V	100	Analizar lo antes posible o añadir H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH 2. Refrigerar	7 días / 28 días
Metales	P(A), V(A)	_____	Filtrar de inmediato. Añadir HNO <sub>3</sub> hasta pH 2	6 meses
Aceites y grasas	P	1000	Añadir H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH 2. Refrigerar	28 días
Fósforo total	V(A)	100	Filtrar inmediato. Refrigerar	48 h



Tabla 3.3. Preservación de muestras de agua residual según el tipo de análisis (continuación)

Análisis	Contenedor	Tamaño mínimo de la muestra (mL)	Preservación	Tiempo máximo de almacenaje
pH	P,V	_____	Analizar inmediato	24 h
Temperatura	P,V	_____	Analizar inmediato	Inmediato

Fuente: APHA-AWWA-WPCF, 1995.

\* Refrigerar a 4°C. V: Vidrio, P: Plástico, P(A) y V(A): Enjuagado con 1+1 HNO<sub>3</sub>

Inmediatamente luego de la recolección de la muestra de cada práctica, se midió su conductancia y pH (apéndice B), y se almacenó en tres contenedores de 1 L, dos de plástico y uno de vidrio; con la finalidad de cumplir con las condiciones establecidas para el análisis de cada parámetro; posteriormente, se trasladó uno de los contenedores plásticos al Laboratorio Tecnológico del ambiente (LabTA) para el análisis de aquellas muestras que requerían determinación de metales. La determinación de metales se llevó a cabo mediante espectrometría de absorción atómica (norma COVENIN 2139, 1984). Los contenedores restantes fueron transportados de inmediato al Laboratorio Toxicológico del Ambiente para la determinación del resto de los parámetros de acuerdo a la muestra.

Las muestras destinadas a la determinación de metales fueron filtradas luego de su recolección y acidificadas hasta pH 2, ya que se mantuvieron almacenadas durante un mes antes de su análisis. El traslado de las muestras se realizó en cavas térmicas con hielo, con la finalidad de garantizar que la muestra estuviese refrigerada a 4 °C.

Con los valores de conductancia medidos para cada muestra, fue posible aproximar la concentración de sólidos disueltos totales contenidos en la muestra de agua residual (apéndice E).



### **3.4.2. Muestreo de gases**

Para la ubicación de los puntos de toma de muestra de gases se revisaron las normas COVENIN 1649, (1996) y 3513, (1999), que se refieren a la ubicación del número mínimo de puntos de muestreo en chimeneas y ductos para la determinación de compuestos orgánicos gaseosos. Sin embargo, la chimenea del Laboratorio de Química Orgánica no posee la estructura adecuada para cumplir con lo estipulado en las normas, y su modificación es muy costosa. Por lo tanto, se instaló un niple enroscado de 1 pulgada de diámetro en la sección del ducto que se encuentra sobre el techo de la Escuela de Ingeniería Química (correspondiente a las campanas 1 y 2, figura 3.2), de forma tal, que permitiera la toma de muestras gaseosas (figura 3.3), según recomendación del personal técnico del Laboratorio Tecnológico del Ambiente.



**Figura 3.3. Punto de toma de muestras gaseosas instalado en el ducto de la campana del LQO**

Según la norma COVENIN 3513, (1999), la recolección de muestras gaseosas para la determinación de compuestos orgánicos volátiles se lleva a cabo en bolsas Tedlar de capacidad entre 8-12 litros; sin embargo, como no se contaba con bolsas de esa capacidad, la recolección de las muestras gaseosas se realizó en bolsas Tedlar con una capacidad de 5 L, las cuales fueron facilitadas por el Laboratorio Tecnológico del



Ambiente; al igual que el equipo utilizado para su captación, el cual consta de una bomba de diafragma dotada con una válvula de aguja que permite regular el flujo de gases, y está conectada a una varilla de vidrio que permite la recolección de los gases. Adicionalmente, es importante resaltar que la investigación pretende realizar un diagnóstico, por lo tanto, la rigurosidad es menor en lo que respecta al volumen captado en la recolección de las muestras gaseosas. En la figura 3.4 se muestra el equipo de captación utilizado.



**Figura 3.4. Equipo utilizado para captar las muestras gaseosas**

El procedimiento para la captación de las muestras gaseosas consistió en purgar el gas que pudieran contener las bolsas, posteriormente, se encendió la bomba con la finalidad de aplicar succión y purgar las conexiones plásticas durante cinco minutos; se reguló el caudal a 2 L/min. Luego, se introdujo la varilla de vidrio dentro del ducto a través del niple instalado; se conectó la bolsa a la descarga de la bomba y se procedió a llenarlas y vaciarlas en dos oportunidades, con el objeto de eliminar cualquier contaminante contenido en ésta. Posteriormente, se captaron dos muestras gaseosas siguiendo el procedimiento anterior, con diez minutos de diferencia entre cada llenado.



Las bolsas se llenaron aproximadamente hasta un 80% de su volumen (norma COVENIN 3513, 1999).

El proceso de captación de las muestras se realizó durante los procesos de calentamiento y destilación en las prácticas de laboratorio, en promedio a las dos horas de iniciada la práctica. Las muestras recolectadas se trasladaron inmediatamente a Hidrolab Toro Consultores C.A., para ser analizadas mediante cromatografía de gases en los sesenta minutos posteriores a la captación de la muestra (norma COVENIN 3513, 1999). Debido al elevado costo de los análisis de las muestras gaseosas sólo se estudiaron dos de las ocho prácticas del LQO por considerarse las más contaminantes; estas son: preparación de hidrocarburos y oxidación de compuestos orgánicos. En el LQA no se estudiaron los desechos gaseosos ya que las prácticas no se realizan dentro de las campanas extractoras y, éstas son usadas únicamente para el almacenamiento de los ácidos e hidróxidos concentrados que se emplean en las prácticas de laboratorio.

### **3.4.3. Recolección de desechos sólidos peligrosos**

Los desechos sólidos contaminados generados en cada práctica, se recolectaron en recipientes plásticos identificados para tal fin, y posteriormente, se pesaron, con la finalidad de comparar las cantidades de desechos peligrosos resultantes de las actividades de los laboratorios con lo estipulado en el decreto 2.635 referido al manejo de desechos peligrosos. De igual manera, se identificó el nivel de riesgo asociado a los desechos peligrosos generados en las prácticas de los laboratorios, basándose en el decreto 2.635 y la Ley 55.

### **3.4.4. Comparación de los resultados obtenidos con el marco legal**

Los resultados obtenidos en el análisis de las muestras de efluentes líquidos y emisiones gaseosas de los laboratorios se compararon con los límites permisibles de



contaminantes liberados al ambiente establecidos en los decretos 3.219 y 638, respectivamente; con la finalidad de identificar las fallas respecto a lo estipulado en la legislación ambiental vigente. Así mismo, las condiciones de almacenamiento y manejo de reactivos y la manipulación y disposición de desechos que se llevan a cabo en los laboratorios fueron comparadas con las especificaciones del decreto 2.635 y la Ley 55; con el objeto de diagnosticar la situación ambiental actual de los laboratorios.

### **3.5. Proposición de alternativas para disminuir y controlar el impacto ambiental**

Con base en los resultados obtenidos en los análisis de los desechos líquidos y gaseosos y las fallas respecto al marco legal de la investigación, se plantearon alternativas en busca de mejorar el desempeño ambiental de los laboratorios. Las alternativas generadas están dirigidas a disminuir la contaminación ambiental causada por las actividades desarrolladas en el LQA y el LQO. Para ello, se realizó una revisión bibliográfica que permitiera conocer las tecnologías disponibles en la actualidad y proponer las más adecuadas para el tratamiento de los desechos líquidos de los laboratorios. A su vez, se realizó la propuesta de medidas para mejorar el almacenamiento de los materiales peligrosos utilizados en los laboratorios.

En cuanto a los efluentes líquidos generados en las prácticas de los laboratorios, se plantearon dos posibles alternativas de tratamiento y se compararon; los aspectos que se consideraron para la comparación de las alternativas de tratamiento fueron: producción de lodos, la necesidad de adición de químicos, condiciones finales del efluente, costos operacionales del tratamiento. Posteriormente, se realizó el montaje experimental de una de las alternativas de tratamiento y se analizaron las muestras de agua tratadas con la finalidad de determinar la eficiencia del tratamiento propuesto en la remoción de contaminantes.



---

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se presenta el análisis de los resultados obtenidos en el desarrollo de los objetivos planteados por la investigación.

#### **4.1. Especificación del marco legal que rige la gestión ambiental**

Con la finalidad de especificar el marco legal aplicable a la investigación es necesaria la revisión de las leyes, decretos y normas de la República en materia ambiental. Luego de la identificación de la legislación ambiental involucrada y la verificación de los artículos con aplicabilidad en la investigación, se lleva a cabo la selección del marco legal ambiental que deben cumplir los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica, el cual se presenta a continuación:

- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela; en su capítulo IX, artículos 127, 128 y 129, referido a los derechos ambientales, señala que "...las leyes y decretos del Estado regularán el uso, manejo, transporte y almacenamiento de sustancias tóxicas y peligrosas". La Constitución de la República establece los pilares que sustentan la aplicación de las leyes y decretos vinculados con el diagnóstico ambiental de los laboratorios que se lleva a cabo.
- Ley sobre sustancias, materiales y desechos peligrosos (Ley 55), Gaceta Oficial N° 5.554, de fecha 13 de noviembre de 2001; establece las regulaciones referidas a la generación, uso, recolección, almacenamiento, tratamiento y disposición final de materiales y desechos peligrosos. De igual manera, se indican las sanciones por incumplimiento de lo establecido en la ley. La Ley 55 se aplica en la revisión de las condiciones de manejo y gestión de materiales y desechos peligrosos en los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica.



- Decreto 3.219, Gaceta Oficial N° 5.305, de fecha 13 de enero de 1999; indica los límites máximos permisibles de parámetros fisicoquímicos en los efluentes líquidos que vayan a ser descargados, directa o indirectamente, al Lago de Valencia. En este decreto se presentan los parámetros que deben cumplir los efluentes líquidos generados en las actividades de los laboratorios según lo establecido por la legislación venezolana, por tanto, es esencial para el tratamiento de los resultados de la presente investigación.
- Decreto 2.635, Gaceta Oficial N° 5.245, de fecha 3 de agosto de 1998; establece las normas para el manejo, almacenamiento, transporte, control y recuperación de materiales y desechos peligrosos. Este decreto sirve como base referencial para la revisión de la gestión de materiales y desechos peligrosos llevada a cabo por los laboratorios, con el fin de dar cumplimiento a los objetivos de la investigación.
- Decreto 638, Gaceta Oficial N° 4.899, de fecha 19 de mayo de 1995; referida al mejoramiento de la calidad del aire y la prevención y control de la contaminación atmosférica, así como los límites permisibles de emisión de contaminantes al aire para las fuentes fijas y móviles. En este decreto se establecen los límites permisibles de contaminantes atmosféricos que deben cumplir los laboratorios, y que servirán para el análisis de los resultados relacionados a emisiones gaseosas de la investigación.

## **4.2. Identificación de los aspectos ambientales de los laboratorios**

### **4.2.1. Revisión de la gestión de materiales y desechos**

Inicialmente, es necesario realizar una revisión de las prácticas que se llevan a cabo en los laboratorios, con la finalidad de conocer los reactivos utilizados y productos generados en cada una de ellas; así como las condiciones de almacenamiento, manejo y disposición de materiales y desechos peligrosos.



El Laboratorio de Química Analítica (LQA), cuenta con un área definida para el almacenamiento de los reactivos. En el almacén, los reactivos se encuentran organizados según el tipo de sustancia y separados de materiales incompatibles. Así mismo, el laboratorio cuenta con un inventario que refleja los reactivos que se encuentran en existencia dentro del almacén. Los envases que contienen los reactivos se encuentran debidamente identificados. Sin embargo, el laboratorio carece de capacidad acorde a la cantidad de reactivos que son almacenados, ya que se observa la presencia de recipientes colocados en el piso. El almacén está desprovisto de una identificación adecuada y de medidas de seguridad y equipos de protección. Los reactivos que son de uso frecuente en las prácticas están organizados en estantes dentro del área de práctica del laboratorio. Las tres (3) campanas extractoras del laboratorio están en funcionamiento.

Las prácticas del LQA se realizan fuera de las campanas extractoras; éstas sólo son utilizadas para el almacenamiento de los reactivos (ácidos e hidróxidos) empleados en las prácticas. Esto se debe a que, en general, durante el desarrollo de las prácticas no se generan gases tóxicos. De igual manera, el flujo de gases liberados por volatilización de ácidos e hidróxidos concentrados es muy bajo y, por lo tanto, no se considera relevante para su análisis cromatográfico.



**Figura 4.1. Almacén de reactivos del LQA**



Por otra parte, el Laboratorio de Química Orgánica (LQO) no cuenta con un almacén adecuado, ya que el espacio disponible no es suficiente para la cantidad de reactivos almacenados, se observan reactivos en el piso, sobre los mesones del laboratorio y almacenados dentro de las campanas extractoras. Existen reactivos que no están debidamente identificados. El LQO no posee un inventario de reactivos, por lo tanto, fue necesaria su elaboración. Existen cinco (5) campanas extractoras en el laboratorio, de las cuales sólo dos (2) están en funcionamiento.



**Figura 4.2. Almacén de reactivos del LQO**

Se elaboró un listado de los reactivos almacenados en cada laboratorio, en el cual se clasifican según sus características peligrosas, de acuerdo con el número de identificación de Naciones Unidas correspondiente (apéndice A). Los reactivos utilizados y productos generados en las prácticas de laboratorio se detallan posteriormente en la investigación.

En cuanto al tratamiento y disposición de desechos, es importante destacar que ninguno de los dos laboratorios cuenta con un sistema de gestión ambiental. Los desechos líquidos son vertidos sin recibir tratamiento alguno; de igual manera ocurre con los gases que son emitidos a la atmósfera durante las prácticas y con los desechos sólidos generados.



En este sentido, las condiciones de almacenamiento y manejo de materiales y desechos llevada a cabo por los laboratorios no se ajustan a las regulaciones establecidas en el decreto 2.635 (artículos 16 y 40) y la Ley 55 (artículo 40).

De acuerdo a la información obtenida relacionada con el desempeño ambiental de los laboratorios, es posible la identificación de los aspectos ambientales asociados a las actividades y gestión de desechos que se lleva a cabo en ellos.

### **4.2.2. Aplicación de encuestas**

A fin de determinar el grado de conocimiento de los estudiantes y profesores de la Escuela de Ingeniería Química y del personal administrativo y obrero, respecto al potencial impacto ambiental generado por las prácticas de los laboratorios, se aplican encuestas a una muestra de cada uno de estos estratos. La información obtenida a través del cuestionario permite generar alternativas para el mejoramiento del desempeño ambiental de los laboratorios con base en la toma de conciencia y colaboración de las personas que laboran en la Facultad de Ingeniería.

Los resultados obtenidos en la aplicación de la encuesta a cada estrato se describen a continuación:

En la figura 4.3 se observa que el 88,9% de los profesores, el 56% de los estudiantes y el 16,7% del personal administrativo encuestado manifestaron conocer la toxicología y riesgo ambiental asociado al uso de reactivos en las prácticas; por otra parte, el personal obrero mostró un 100% de desconocimiento.

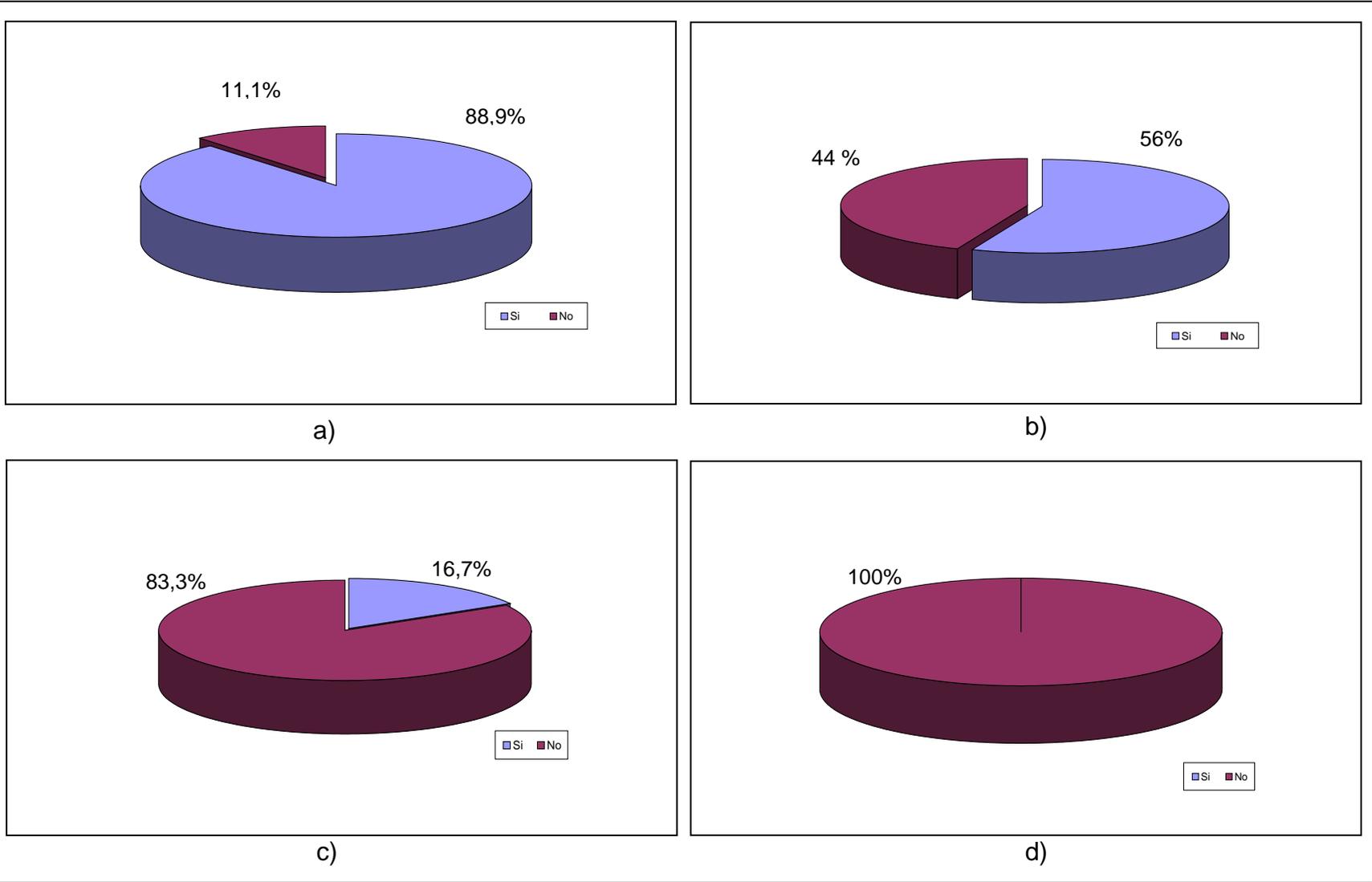
Así mismo, en la figura 4.4 se presenta que el 100% de los profesores, el 16,2% de los estudiantes y el 15,9% del personal administrativo conoce las medidas de seguridad



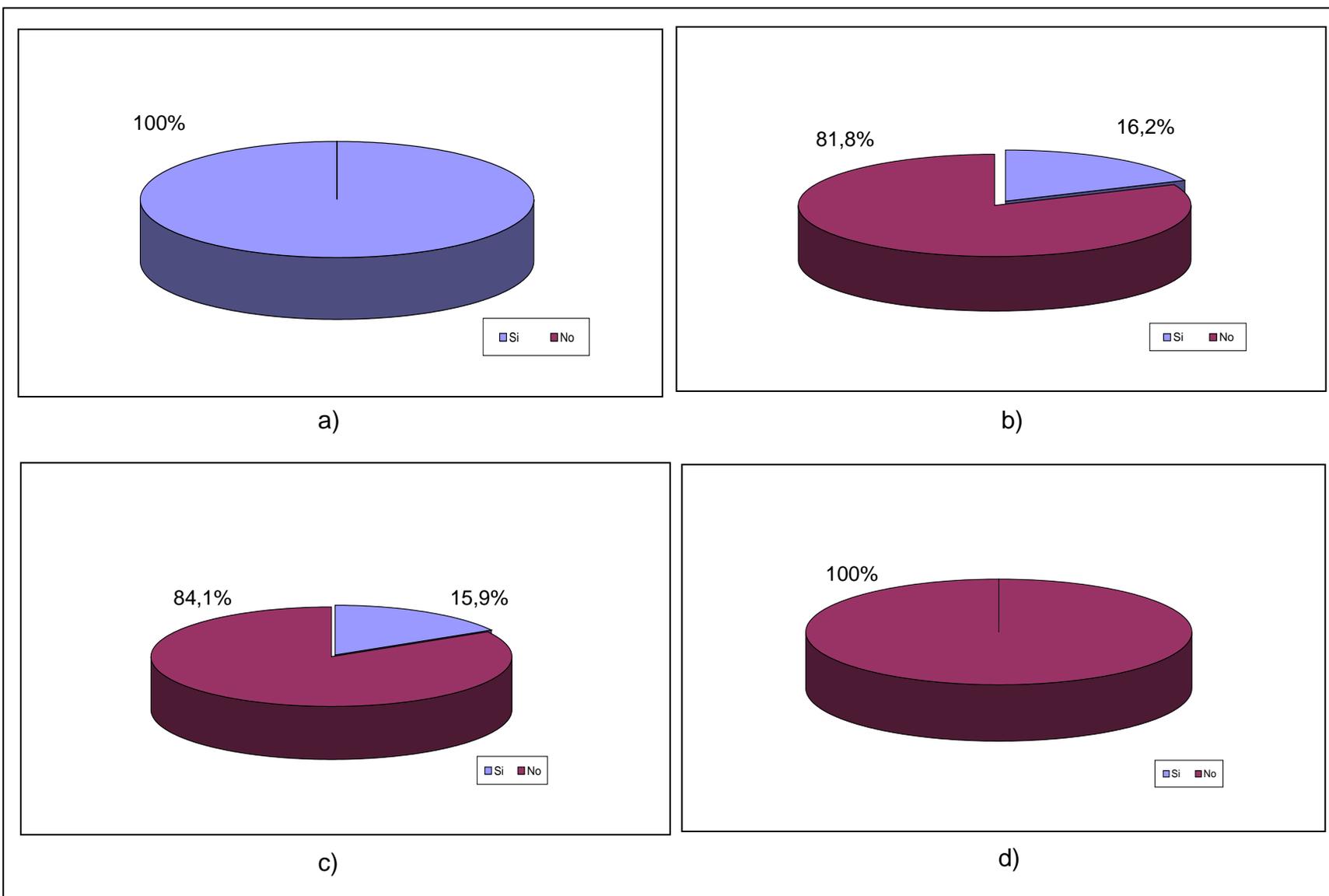
para la manipulación de las sustancias químicas que se utilizan en los laboratorios. Igualmente, el personal obrero expresa un 100% de desconocimiento.

Respecto a la disposición final que se da a los desechos provenientes de las actividades de los laboratorios (figura 4.5), el 33% de los profesores y el 2,3% del personal administrativo encuestado manifestaron estar en conocimiento; mientras que el 100% de los estudiantes y el personal obrero expresaron no conocer la disposición final dada a los desechos generado en las prácticas de los laboratorios.

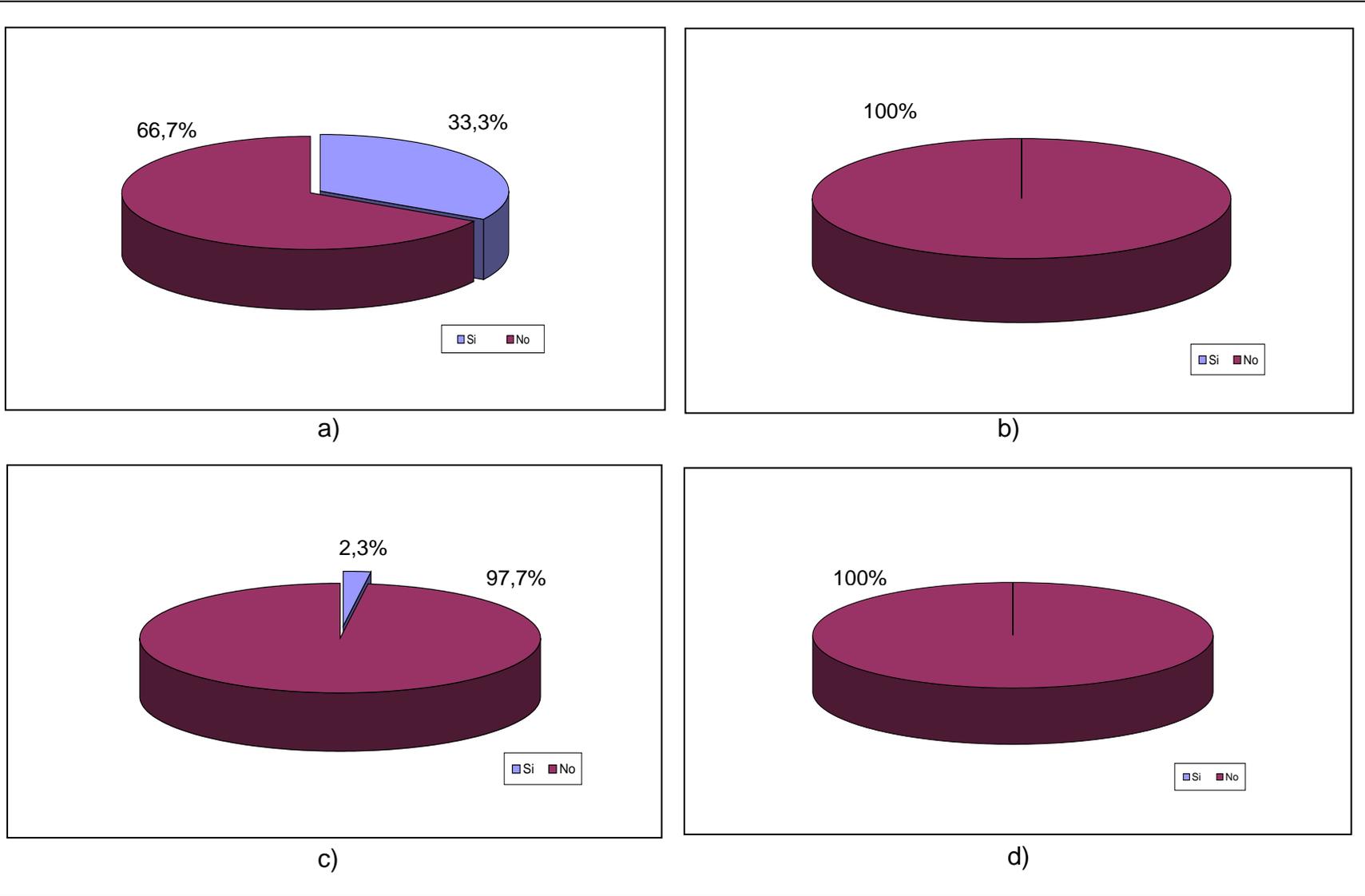
En el mismo orden de ideas, el 27,8% de los profesores, el 54,2% de los estudiantes y el 12,1% del personal administrativo encuestado señalaron que su salud se ha visto perjudicada durante su permanencia en los laboratorios; sin embargo, el 100% del personal obrero encuestado asegura no haber sufrido daños a su salud (figura 4.6).



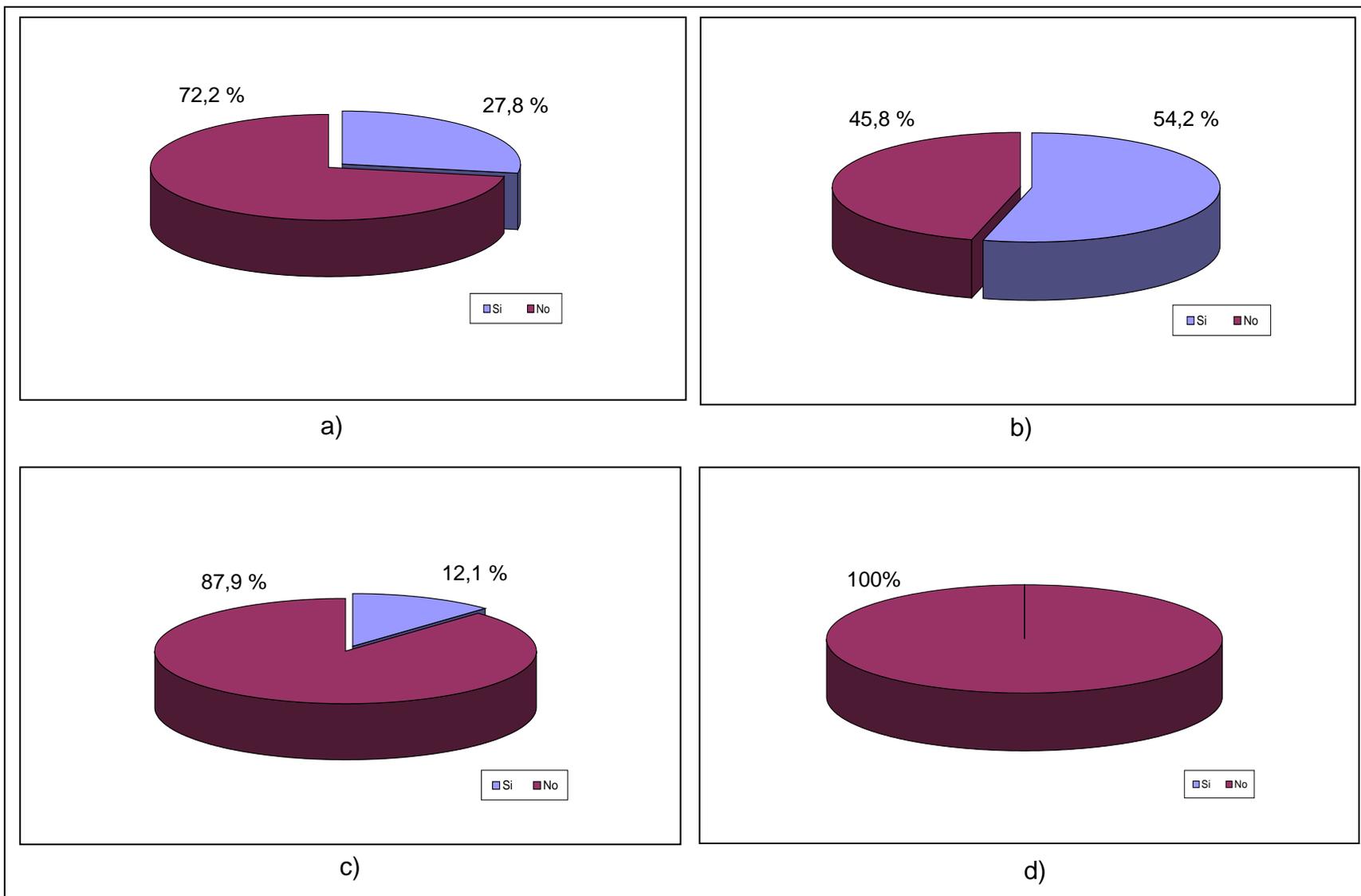
**Figura 4.3. Porcentaje del personal que labora en la Facultad de Ingeniería y conoce la toxicología y riesgo ambiental asociado a los reactivos de las prácticas del LQA y LQO. a) Profesores, b) estudiantes, c) personal administrativo, d) personal obrero**



**Figura 4.4. Porcentaje del personal que labora en la Facultad de Ingeniería y conoce las medidas de seguridad para la manipulación de las sustancias químicas que se utilizan en el LQA y LQO. a) Profesores, b) estudiantes, c) personal administrativo, d) personal obrero**



**Figura 4.5. Porcentaje del personal que labora en la Facultad de Ingeniería y conoce la disposición final que se le da a los desechos provenientes de las actividades del LQA y LQO. a) Profesores, b) estudiantes, c) personal administrativo. d) personal obrero**



**Figura 4.6. Porcentaje del personal que labora en la Facultad de Ingeniería y durante su permanencia en los laboratorios o áreas cercanas ha sentido que su salud ha resultado perjudicada. a) Profesores, b) estudiantes, c) personal administrativo, d) personal obrero**



Al comparar los resultados obtenidos para cada estrato de la población encuestada, se observa que los profesores y estudiantes encuestados manifiestan, en mayor porcentaje, tener conocimiento acerca de las actividades que se desarrollan en los laboratorios y los riesgos asociados a éstas; sin embargo, el porcentaje sigue siendo bajo. En contraste, el personal administrativo y obrero encuestado muestra un porcentaje importante de desconocimiento acerca de los riesgos a los cuales están expuestos. Los resultados obtenidos sugieren la necesidad de desarrollar campañas de información y concientización que promuevan la formación de un compromiso en la población de la Facultad de Ingeniería con la finalidad de lograr la mejora de la gestión ambiental llevada a cabo en el LQA y en el LQO.

La aplicación de la encuesta permite la identificación de los aspectos ambientales que pueden ser generados o verse afectados como consecuencia del desconocimiento de la población que labora en la facultad acerca de la situación ambiental y gestión de desechos desarrollada en los laboratorios. Los aspectos ambientales de una organización, como es el caso de la Facultad de Ingeniería, dependen directamente de la conciencia, los conocimientos y comprensión de las personas que se desarrollan en sus instalaciones; por lo tanto, la aplicación de la encuesta demuestra la necesidad de promover la toma de conciencia y compromiso dirigido a mejorar la situación ambiental de los laboratorios y crear condiciones ambientalmente seguras.

### **4.2.3. Listado de aspectos ambientales de los laboratorios**

Con base en la revisión de los potenciales focos de contaminación de los laboratorios y en la consulta de la norma COVENIN-ISO 14001, (2004), es posible la identificación de los aspectos ambientales relacionados al desarrollo de sus actividades. Los aspectos ambientales seleccionados para los laboratorios de acuerdo a la norma COVENIN-ISO 14001, (2004), se muestran a continuación:

- Emisiones a la atmósfera: Generadas por el uso, calentamiento y destilación de sustancias volátiles.



- Vertidos de líquido: Descargas de reactivos y desechos líquidos a las redes cloacales, sin tratamiento previo.
- Generación de residuos sólidos: Pueden ser residuos sólidos contaminados y no contaminados generados en las prácticas.
- Uso de materias primas: Incluye el almacenamiento y manejo de reactivos, suministro de agua.
- Gestión de desechos peligrosos: Inexistencia de un plan de gestión de desechos peligrosos.

En las tablas 4.3 y 4.4 se detallan los aspectos ambientales asociados a las prácticas de los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica respectivamente.

**Tabla 4.3. Aspectos ambientales asociados a las actividades del Laboratorio de Química Analítica**

<b>Práctica</b>	<b>Aspectos ambientales</b>
Identificación de cationes de una muestra	<ul style="list-style-type: none"><li>• Evaporación de ácidos e hidróxidos en la campana extractora.</li><li>• Los residuos de las muestras de cationes se descargan por los desagües.</li><li>• Los residuos de reactivos se descargan por los desagües.</li><li>• Los desechos líquidos generados se descargan por los desagües.</li><li>• Las servilletas contaminadas con reactivos se depositan en las papeleras.</li><li>• Los residuos de reactivos sólidos son depositados en las papeleras.</li><li>• No se reciclan residuos de reactivos.</li><li>• Inexistencia de almacenamiento de desechos peligrosos.</li></ul>
Identificación de aniones de una muestra	<ul style="list-style-type: none"><li>• Evaporación de ácidos e hidróxidos en la campana extractora.</li><li>• Los residuos de las muestras de aniones se descargan por los desagües.</li><li>• Los residuos de reactivos se descargan por los desagües.</li><li>• Los desechos líquidos generados se descargan por los desagües.</li><li>• Las servilletas contaminadas con reactivos se depositan en las papeleras.</li><li>• Los residuos de reactivos sólidos son depositados en las papeleras.</li><li>• No se reciclan residuos de reactivos.</li><li>• Inexistencia de almacenamiento de desechos peligrosos.</li></ul>
Identificación de sales	<ul style="list-style-type: none"><li>• Evaporación de ácidos e hidróxidos en la campana extractora.</li><li>• Los residuos de reactivos se descargan por los desagües.</li><li>• Los desechos líquidos generados se descargan por los desagües.</li><li>• Las servilletas contaminadas con reactivos se depositan en las papeleras.</li><li>• Los residuos de reactivos sólidos son depositados en las papeleras.</li><li>• No se reciclan residuos de reactivos.</li><li>• Inexistencia de almacenamiento de desechos peligrosos.</li></ul>



**Tabla 4.3. Aspectos ambientales asociados a las actividades del Laboratorio de Química Analítica (continuación)**

<b>Práctica</b>	<b>Aspectos ambientales</b>
Determinación de dureza del agua	<ul style="list-style-type: none"><li>• Evaporación de ácidos e hidróxidos en la campana extractora.</li><li>• Los residuos de EDTA y solución buffer amoníaco-hidróxido de amonio se descargan por los desagües.</li><li>• Los desechos líquidos generados se descargan por los desagües.</li><li>• Las servilletas contaminadas con reactivos se depositan en las papeleras.</li><li>• Los residuos de reactivos sólidos son depositados en las papeleras.</li><li>• No se reciclan residuos de reactivos.</li><li>• Inexistencia de almacenamiento de desechos peligrosos.</li></ul>
Electrodeposición	<ul style="list-style-type: none"><li>• Evaporación de ácidos e hidróxidos en la campana extractora.</li><li>• Los residuos de ácido y sulfato de cobre se descargan por los desagües.</li><li>• Los desechos líquidos generados se descargan por los desagües.</li><li>• Las servilletas contaminadas con reactivos se depositan en las papeleras.</li><li>• No se reciclan residuos de reactivos.</li><li>• Inexistencia de almacenamiento de desechos peligrosos.</li></ul>
Potenciometría	<ul style="list-style-type: none"><li>• Evaporación de ácidos e hidróxidos en la campana extractora.</li><li>• Los residuos de ácido fosfórico y clorhídrico se descargan por los desagües.</li><li>• Los residuos de hidróxido de amonio se descargan por los desagües.</li><li>• Los desechos líquidos generados se descargan por los desagües.</li><li>• Las servilletas contaminadas con reactivos se depositan en las papeleras.</li><li>• No se reciclan residuos de reactivos.</li><li>• Inexistencia de almacenamiento de desechos peligrosos.</li></ul>
Conductimetría	<ul style="list-style-type: none"><li>• Evaporación de ácidos e hidróxidos en la campana extractora.</li><li>• Los residuos de ácido clorhídrico e hidróxido de sodio se descargan por los desagües.</li><li>• Los desechos líquidos generados se descargan por los desagües.</li><li>• Las servilletas contaminadas con reactivos se depositan en las papeleras.</li><li>• No se reciclan residuos de reactivos.</li><li>• Inexistencia de almacenamiento de desechos peligrosos.</li></ul>
Determinación espectrofotométrica usando curva de calibración	<ul style="list-style-type: none"><li>• Evaporación de ácidos e hidróxidos en la campana extractora.</li><li>• Los residuos de ácido sulfúrico y dicromato de potasio se descargan por los desagües.</li><li>• Las servilletas contaminadas con reactivos se depositan en las papeleras.</li><li>• No se reciclan residuos de reactivos.</li><li>• Inexistencia de almacenamiento de desechos peligrosos.</li></ul>
Titulación colorimétrica	<ul style="list-style-type: none"><li>• Evaporación de ácidos e hidróxidos en la campana extractora.</li><li>• Los residuos de solución amortiguadora acetato de sodio-ácido clorhídrico se descargan por los desagües.</li><li>• Los residuos de sulfato de cobre y EDTA se descargan por los desagües.</li><li>• Los desechos líquidos generados se descargan por los desagües.</li><li>• Las servilletas contaminadas con reactivos se depositan en las papeleras.</li><li>• No se reciclan residuos de reactivos.</li><li>• Inexistencia de almacenamiento de desechos peligrosos.</li></ul>



Tabla 4.4. Aspectos ambientales asociados a las actividades del Laboratorio de Química Orgánica

Práctica	Aspectos ambientales
Identificación de compuestos orgánicos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Evaporación de solventes en la campana extractora.</li><li>• Los residuos de las muestras de compuestos orgánicos y reactivos se descargan por los desagües.</li><li>• Los desechos líquidos generados se descargan por los desagües.</li><li>• Las servilletas contaminadas con reactivos se depositan en las papeleras.</li><li>• Los residuos de reactivos sólidos son depositados en las papeleras.</li><li>• No se reciclan residuos de reactivos.</li><li>• Inexistencia de almacenamiento de desechos peligrosos.</li></ul>
Preparación y propiedades de los hidrocarburos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Evaporación de solventes en la campana extractora.</li><li>• Generación de emisiones gaseosas por calentamiento de reactivos volátiles.</li><li>• Los residuos de ciclohexanol, ácido fosfórico y tetracloruro de carbono se descargan por los desagües. El producto generado se desecha.</li><li>• Las servilletas contaminadas con reactivos se depositan en las papeleras.</li><li>• Los residuos de reactivos sólidos son depositados en las papeleras.</li><li>• Inexistencia de almacenamiento de desechos peligrosos.</li></ul>
Preparación de un producto de condensación	<ul style="list-style-type: none"><li>• Evaporación de solventes en la campana extractora.</li><li>• Generación de emisiones gaseosas por calentamiento de reactivos volátiles.</li><li>• Los residuos de benzaldehído, bromo, heptanal, etanol, hidróxido de sodio y tetracloruro de carbono se descargan por los desagües.</li><li>• El producto obtenido en la práctica se almacena.</li><li>• Los desechos líquidos generados se descargan por los desagües.</li><li>• Las servilletas contaminadas con reactivos se depositan en las papeleras.</li><li>• Los residuos de reactivos sólidos son depositados en las papeleras.</li><li>• No se reciclan residuos de reactivos.</li><li>• Inexistencia de almacenamiento de desechos peligrosos.</li></ul>
Preparación y propiedades de un colorante	<ul style="list-style-type: none"><li>• Evaporación de solventes en la campana extractora.</li><li>• Generación de emisiones gaseosas por calentamiento de reactivos volátiles.</li><li>• Los residuos de ácido clorhídrico, nitrito de sodio, hidróxido de sodio, hidróxido de amonio, ácido sulfanílico y <math>\beta</math>-naftol se descargan por los desagües.</li><li>• Los desechos líquidos generados se descargan por los desagües.</li><li>• Las servilletas contaminadas con reactivos se depositan en las papeleras.</li><li>• El colorante preparado es depositado en las papeleras.</li><li>• Inexistencia de almacenamiento de desechos peligrosos y residuo de reactivos.</li></ul>
Polímeros de adición y condensación	<ul style="list-style-type: none"><li>• Evaporación de solventes en la campana extractora.</li><li>• Los residuos de etanol, acetona, formol, tetracloruro de carbono, urea, éter de petróleo se descargan por los desagües.</li><li>• Los desechos líquidos generados se descargan por los desagües.</li><li>• Las servilletas contaminadas con reactivos se depositan en las papeleras.</li><li>• La resina preparada es depositada en las papeleras.</li><li>• No se reciclan residuos de reactivos.</li><li>• Inexistencia de almacenamiento de desechos peligrosos.</li></ul>
Preparación de ésteres de interés industrial	<ul style="list-style-type: none"><li>• Evaporación de solventes en la campana extractora.</li><li>• Generación de emisiones gaseosas por calentamiento de reactivos volátiles.</li><li>• Los residuos de ácido salicílico, ácido sulfúrico, metanol, cloruro de metileno y desechos líquidos se descargan por los desagües.</li><li>• El producto obtenido en la práctica (salicilato de metilo) se descarga por los desagües.</li><li>• Las servilletas contaminadas con reactivos se depositan en las papeleras.</li><li>• Los residuos de reactivos sólidos son depositados en las papeleras.</li><li>• Inexistencia de almacenamiento de desechos peligrosos.</li></ul>



**Tabla 4.4. Aspectos ambientales asociados a las actividades del Laboratorio de Química Orgánica (continuación)**

<b>Práctica</b>	<b>Aspectos ambientales</b>
Obtención y propiedades de grasas, aceites y jabones	<ul style="list-style-type: none"><li>• Evaporación de solventes en la campana extractora.</li><li>• Generación de emisiones gaseosas por calentamiento de reactivos volátiles.</li><li>• Los residuos de cloruro de sodio, etanol, ácido clorhídrico, fosfato trisódico, hidróxido de sodio, aceites se descargan por los desagües.</li><li>• Los desechos líquidos generados se descargan por los desagües.</li><li>• Las servilletas contaminadas con reactivos se depositan en las papeleras.</li><li>• Inexistencia de almacenamiento de desechos peligrosos.</li></ul>
Oxidación de compuestos orgánicos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Evaporación de solventes en la campana extractora.</li><li>• Generación de emisiones gaseosas por calentamiento de reactivos volátiles.</li><li>• Los residuos de ácido sulfúrico, butanol, dicromato de sodio, cloruro de sodio y sulfato de sodio se descargan por los desagües.</li><li>• Los desechos líquidos generados se descargan por los desagües.</li><li>• Las servilletas contaminadas con reactivos se depositan en las papeleras.</li><li>• No se reciclan residuos de reactivos.</li><li>• Inexistencia de almacenamiento de desechos peligrosos.</li><li>• El producto generado se almacena.</li></ul>

### **4.3. Selección de los aspectos ambientales más significativos que constituyan una fuente de contaminación en las prácticas de los laboratorios**

#### **4.3.1. Análisis cualitativo de los aspectos ambientales**

Con la finalidad de seleccionar los aspectos ambientales más significativos, se elabora un diagrama causa-efecto, que permite analizar las causas que generan cada uno de los aspectos ambientales asociados a las prácticas de los laboratorios. La elaboración del diagrama se basa en la relación de causa-efecto que existe entre los aspectos ambientales y el impacto ambiental generado por estos.

De acuerdo al seguimiento de las actividades de los laboratorios realizado y a lo expuesto en la norma COVENIN-ISO 14001, (2004), se estudian las causas planteadas en los diagramas causa-efecto como generadoras de los aspectos ambientales de los



## ***Análisis de resultados***

---

laboratorios, con el objeto de determinar cuales ocasionan mayor contaminación y, por lo tanto, pueden provocar un mayor impacto ambiental. Para ello, se verifica la influencia que tiene cada uno de los aspectos ambientales identificados por práctica de laboratorio y, posteriormente, se realiza una clasificación dando prioridad a aquellos aspectos ambientales que generan mayor impacto ambiental.

En este sentido, los aspectos ambientales más significativos para los laboratorios, de conformidad con lo establecido en la norma COVENIN-ISO 14001, (2004), son la descarga de vertidos líquidos, las emisiones gaseosas a la atmósfera y el uso y manipulación de materias primas; debido a que las causas relacionadas a estos aspectos ambientales no son objeto de control ni regulación en la actualidad y, adicionalmente, pueden ocasionar un mayor impacto sobre el ambiente.

En las figuras 4.7 y 4.8, se muestra los diagrama causa-efecto referidos al impacto ambiental causado por los aspectos ambientales del LQA y el LQO respectivamente.

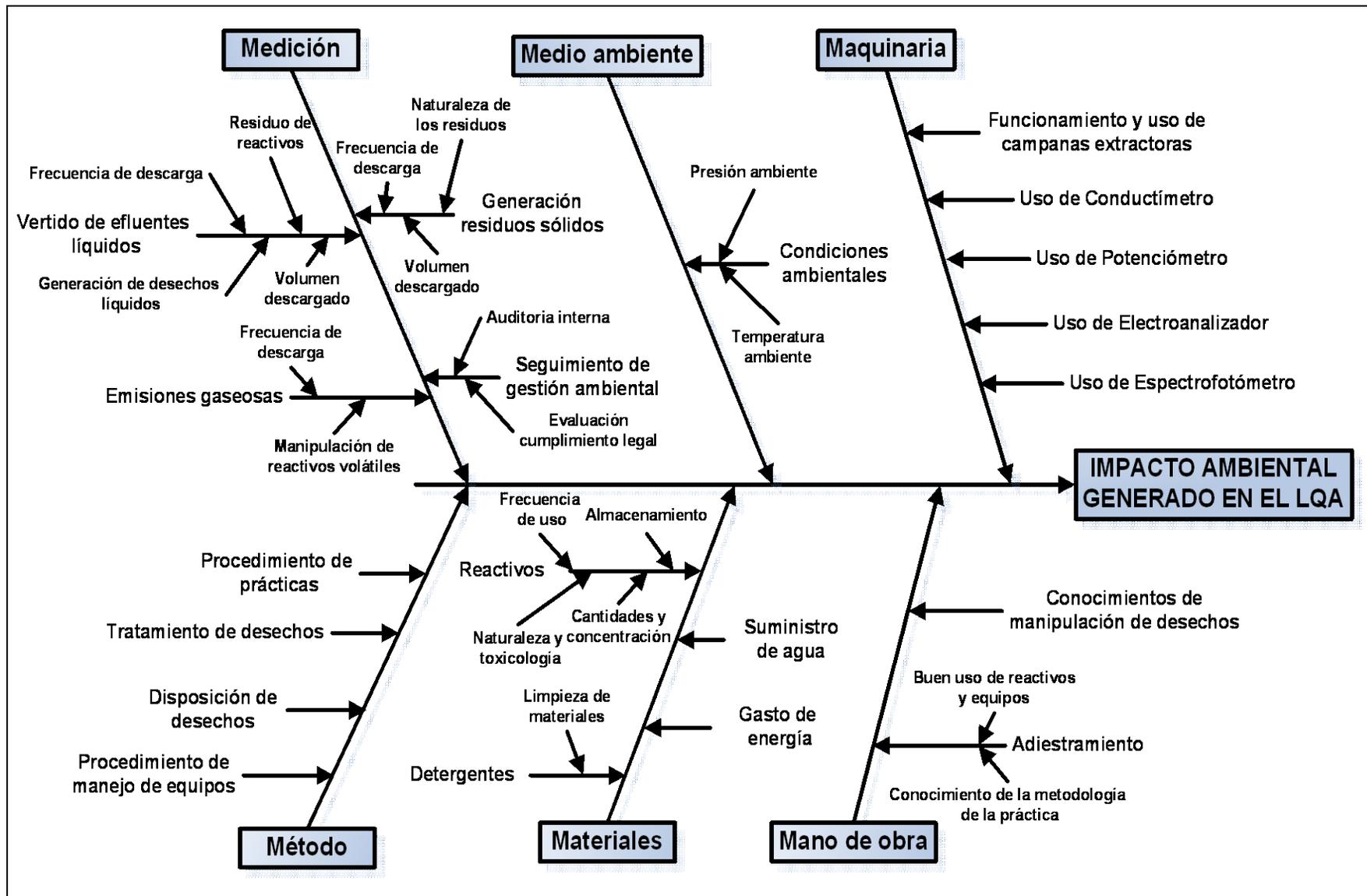


Figura 4.7. Diagrama causa-efecto de los aspectos ambientales del LQA

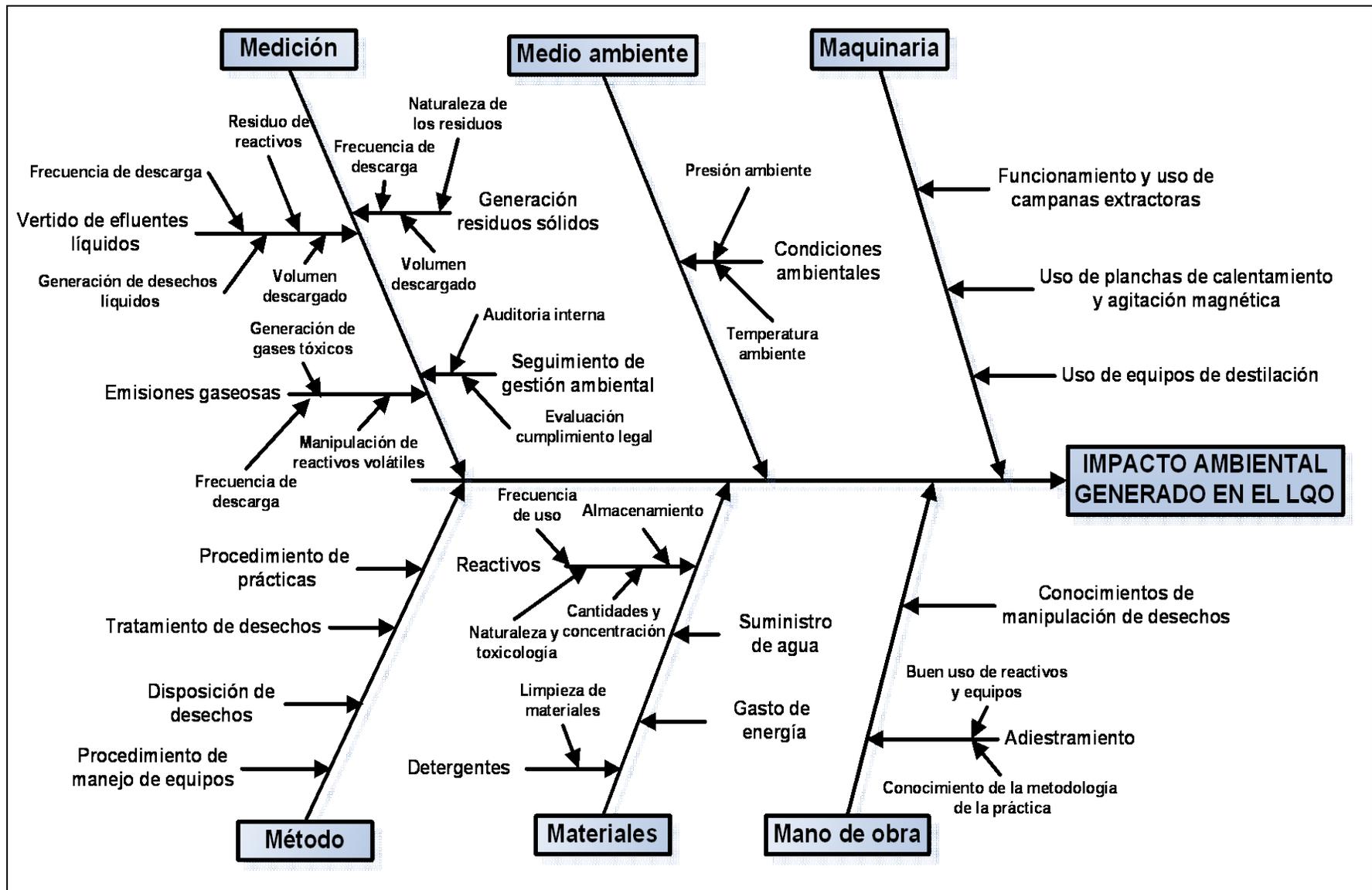


Figura 4.8. Diagrama causa-efecto de los aspectos ambientales del LQO



### **4.3.2. Selección de los desechos a analizar**

De acuerdo a los aspectos ambientales significativos para los laboratorios, se elabora un inventario de reactivos por práctica, el cual permite seleccionar las prácticas críticas para el análisis de los desechos generados. De esta forma, es posible identificar los desechos que causan mayor impacto y que, por lo tanto, deben ser analizados, al igual que los parámetros fisicoquímicos considerados para su análisis.

Con respecto a los desechos líquidos, en las tablas 4.5 y 4.6 se presentan los parámetros fisicoquímicos a analizar en las muestras de agua residual captadas en cada una de las prácticas. Debido a limitaciones económicas, se toma una muestra por práctica de laboratorio, por lo tanto, se seleccionan para el estudio las secciones con mayor número de estudiantes, ya que éstas presentan las condiciones más críticas en cuanto a generación de desechos.

Así mismo, en las tablas 4.5 y 4.6 se muestran los parámetros considerados en el análisis de las muestras gaseosas. Cabe señalar que debido al alto costo de los análisis cromatográficos se analizan las muestras gaseosas correspondientes a las prácticas que generan mayor impacto ambiental referido a emisiones gaseosas; es decir, aquellas en las que se emplean reactivos volátiles peligrosos para el ambiente y en las que se desarrollan procesos de calentamiento y destilación más extensos.

El inventario de sustancias químicas de los laboratorios sirve como herramienta para la selección de las prácticas y los desechos que causan mayor degradación ambiental. En general, las tablas 4.5 y 4.6 presentan los desechos considerados para cada práctica, al igual que los compuestos químicos involucrados, la frecuencia y lugar de descarga de los desechos y los parámetros fisicoquímicos considerados para su análisis de acuerdo a los reactivos empleados y sustancias generadas por práctica.

**Tabla 4.5. Inventario de sustancias químicas por práctica del Laboratorio de Química Analítica**

<b>Práctica</b>	<b>Tipo de desechos</b>	<b>Compuestos químicos involucrados</b>	<b>Frecuencia de descarga</b>	<b>Lugar de descarga</b>	<b>Parámetros a analizar</b>
1. Identificación de cationes	Líquidos	Hidróxido de sodio, hidróxido de amonio, ácido clorhídrico, tetraborato de sodio, tiocianato de amonio, tiourea, acetona, ferricianuro de potasio, ferrocianuro de potasio, ácido nítrico, bismutato de sodio, dimetilglioximina, montequi A, montequi B, yoduro de potasio, nitrato de cobalto, peróxido de hidrógeno, cloruro de amonio, sulfato de amonio, acetato de amonio, tiosulfato de sodio, carbonato de amonio, alizarina, aluminón, ácido acético, cromato de potasio, acetato de sodio, sulfuro de sodio, acetato de etilo, cuprón, nitrito de sodio, nitrato de plata, ácido perclórico, amarillo de titanio, reactivo de Nessler, zinc, azul de metileno.	Diaria, dos veces al día	Desagüe de los cuatro lavaderos del laboratorio	Hierro, sulfatos, cloruros, zinc, cobre, níquel, cadmio, nitrógeno total, cromo, DQO, DBO y detergentes

**Tabla 4.5. Inventario de sustancias químicas por práctica del Laboratorio de Química Analítica (continuación)**

Práctica	Tipo de desechos	Compuestos químicos involucrados	Frecuencia de descarga	Lugar de descarga	Parámetros a analizar
2. Identificación de aniones	Líquidos	Hidróxido de amonio, nitrato de calcio, nitrato de bario, nitrato de plata, ácido nítrico, permanganato de potasio, ácido clorhídrico, yoduro de potasio, tetracloruro de carbono, hidróxido de sodio, peróxido de hidrógeno, nitrato de amonio, molibdato de amonio, hidróxido de bario, ácido acético, metanol, sulfato de calcio, acetato de etilo, sulfato ferroso, cloruro férrico, cromato de potasio, sulfato de plata, nitrito de potasio, carbonato de zinc.	Diaria, dos veces al día	Desagüe de los cuatro lavaderos del laboratorio	Manganeso, sulfatos, cloruros, hierro, zinc, cromo, nitrógeno total, fósforo total, DQO, DBO y detergentes.

**Tabla 4.5. Inventario de sustancias químicas por práctica del Laboratorio de Química Analítica (continuación)**

Práctica	Tipo de desechos	Compuestos químicos Involucrados	Frecuencia de descarga	Lugar de descarga	Parámetros a analizar
3. Identificación de sales	Líquidos	Hidróxido de sodio, hidróxido de amonio, ácido clorhídrico, tetraborato de sodio, tiocianato de amonio, tiourea, acetona, ferricianuro de potasio, ferrocianuro de potasio, ácido nítrico, bismutato de sodio, dimetilgloximina, montequi A, montequi B, yoduro de potasio, nitrato de cobalto, peróxido de hidrógeno, cloruro de amonio, sulfato de amonio, acetato de amonio, tiosulfato de sodio, carbonato de amonio, alizarina, aluminón, ácido acético, cromato de potasio, acetato de sodio, sulfuro de sodio, acetato de etilo, cuprón, nitrito de sodio, nitrato de plata, ácido perclórico, amarillo de titanio, reactivo de Nessler, zinc, azul de metileno, nitrato de calcio, nitrato de bario, permanganato de potasio, tetracloruro de carbono, nitrato de amonio, molibdato de amonio, hidróxido de bario, metanol, sulfato ferroso, cloruro férrico, sulfato de plata, nitrito de potasio.	Diaria, dos veces al día	Desagüe de los cuatro lavaderos del laboratorio	Hierro, sulfatos, cloruros, cromo, zinc, cobre, níquel, cadmio, manganeso, nitrógeno total, fósforo total, DQO, DBO y detergentes

**Tabla 4.5. Inventario de sustancias químicas por práctica del Laboratorio de Química Analítica (continuación)**

<b>Práctica</b>	<b>Tipo de desechos</b>	<b>Compuestos químicos involucrados</b>	<b>Frecuencia de descarga</b>	<b>Lugar de descarga</b>	<b>Parámetros a analizar</b>
4. Determinación de dureza del agua	Líquidos	Carbonato de calcio, EDTA, solución Buffer amoníaco-hidróxido de amonio, negro de eriocromo T	Diaria, dos veces al día	Desagüe de los cuatro lavaderos del laboratorio	Nitrógeno total, DQO, DBO, cobre, cromo y detergentes
5. Electrodeposición		Sulfato de cobre, ácido nítrico, ácido sulfúrico			
6. Conductimetría		Ácido clorhídrico, hidróxido de sodio			
7. Determinación espectrofotométrica usando curva de calibración		Dicromato de potasio, ácido sulfúrico			
8. Titulación colorimétrica		Sulfato de cobre, EDTA, solución amortiguadora (acetato de sodio + HCl)			

**Tabla 4.6. Inventario de sustancias químicas por práctica del Laboratorio de Química Orgánica**

<b>Práctica</b>	<b>Tipo de desechos</b>	<b>Compuestos químicos involucrados</b>	<b>Frecuencia de descarga</b>	<b>Lugar de descarga</b>	<b>Parámetros a analizar</b>
1. Identificación de compuestos orgánicos	Líquidos	Nitrato de sodio, plata, nitrato de plata, bicarbonato de sodio, tetracloruro de carbono, 2,4 dinitrofenilhidracina, 2,4 dinitrofenilhidrazona, formol, etanol, hidróxido de amonio, sodio, sulfato de magnesio, bromo, permanganato de potasio, ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, cloruro férrico, hidróxido de sodio, cloruro de zinc, dióxido de manganeso, clorhidrato de hidroxilamina	Diaria, dos veces al día	Desagüe de los cuatro lavaderos del laboratorio	Sulfatos, manganeso, cloruros, hierro, zinc, DQO, DBO, nitrógeno total, fósforo total y detergentes
	Gaseosos	Hidróxido de amonio, amoníaco, ácido clorhídrico	Diaria, dos veces al día	Campanas extractoras del laboratorio	No se analizan emisiones gaseosas

**Tabla 4.6. Inventario de sustancias químicas por práctica del Laboratorio de Química Orgánica (continuación)**

<b>Práctica</b>	<b>Tipo de desechos</b>	<b>Compuestos químicos involucrados</b>	<b>Frecuencia de descarga</b>	<b>Lugar de descarga</b>	<b>Parámetros a analizar</b>
2. Preparación y propiedades de hidrocarburos	Líquidos	Ciclohexeno, ácido fosfórico, ciclohexanol, bicarbonato de sodio, tetracloruro de carbono, sulfato de sodio anhidro, cloruro de sodio	Diaria, dos veces al día	Desagüe de los cuatro lavaderos del laboratorio	Sulfatos, cloruros, DQO, DBO, nitrógeno total, fósforo total y detergentes
	Gaseosos	Ciclohexanol, ciclohexeno	Diaria, dos veces al día	Campanas extractoras del laboratorio	Compuestos orgánicos volátiles (COV)
3. Preparación de producto de condensación	Líquidos	Bromo, sulfato de sodio anhidro, tetracloruro de sodio, benzaldehído, heptanal, etanol, hidróxido de sodio, 2 bencilidenheptanal, cloruro de sodio	Diaria, dos veces al día	Desagüe de los cuatro lavaderos del laboratorio	Sulfatos, cloruros, DQO, DBO, detergentes
	Gaseosos	Heptanal, etanol	Diaria, dos veces al día	Campanas extractoras del laboratorio	No se analizan emisiones gaseosas

**Tabla 4.6. Inventario de sustancias químicas por práctica del Laboratorio de Química Orgánica (continuación)**

<b>Práctica</b>	<b>Tipo de desechos</b>	<b>Compuestos químicos involucrados</b>	<b>Frecuencia de descarga</b>	<b>Lugar de descarga</b>	<b>Parámetros a analizar</b>
4. Preparación y propiedades de un colorante	Líquidos	Ácido sulfanílico, bicarbonato de sodio, cloruro de sodio, nitrito de sodio, ácido clorhídrico, $\beta$ -naftol, hidróxido de sodio, anaranjado II	Diaria, dos veces al día	Desagüe de los cuatro lavaderos del laboratorio	Sulfatos, cloruros, DQO, DBO, nitrógeno total y detergentes
	Gaseosos	ácido clorhídrico, hidróxido de amonio	Diaria, dos veces al día	Campanas extractoras del laboratorio	No se analizan emisiones gaseosas
5. Preparación de ésteres de interés industrial	Líquidos	Ácido salicílico, ácido sulfúrico, sulfato de sodio, metanol anhidro, cloruro de metileno, bicarbonato de sodio, salicilato de metilo	Diaria, dos veces al día	Desagüe de los cuatro lavaderos del laboratorio	Sulfatos, cloruros, DQO, DBO, detergentes
	Gaseosos	Metanol	Diaria, dos veces al día	Campanas extractoras del laboratorio	No se analizan emisiones gaseosas

**Tabla 4.6. Inventario de sustancias químicas por práctica del Laboratorio de Química Orgánica (continuación)**

<b>Práctica</b>	<b>Tipo de desechos</b>	<b>Compuestos químicos involucrados</b>	<b>Frecuencia de descarga</b>	<b>Lugar de descarga</b>	<b>Parámetros a analizar</b>
6. Obtención y propiedades de grasas aceites y jabones	Líquidos	Aceites, jabón, Hidróxido de sodio, cloruro de sodio, cloruro de calcio, fosfato trisódico, fenolftaleína, etanol, ácido clorhídrico	Diaria, dos veces al día	Desagüe de los cuatro lavaderos del laboratorio	Aceites y grasas, cloruros, fósforo total, DQO, DBO, detergentes
	Gaseosos	Etanol	Diaria, dos veces al día	Campanas extractoras del laboratorio	No se analizan emisiones gaseosas
7. Oxidación de compuestos orgánicos	Líquidos	Ácido sulfúrico, cloruro de sodio, sulfato de sodio, butanol, dicromato de sodio, butiraldehido	Diaria, dos veces al día	Desagüe de los cuatro lavaderos del laboratorio	Sulfatos, cloruros, DQO, DBO, detergentes
	Gaseosos	Butanol, butiraldehido	Diaria, dos veces al día	Campanas extractoras del laboratorio	Compuestos orgánicos volátiles (COV)

**Tabla 4.6. Inventario de sustancias químicas por práctica del Laboratorio de Química Orgánica (continuación)**

<b>Práctica</b>	<b>Tipo de desechos</b>	<b>Compuestos químicos involucrados</b>	<b>Frecuencia de descarga</b>	<b>Lugar de descarga</b>	<b>Parámetros a analizar</b>
8. Polímeros de adición y condensación	Líquidos	Urea, Formol, ácido bórico, tetracloruro de carbono, etanol, acetona, éter de petróleo	Diaria, dos veces al día	Desagüe de los cuatro lavaderos del laboratorio	DQO, DBO, detergentes
	Gaseosos	Formol, etanol, éter de petróleo	Diaria, dos veces al día	Campanas extractoras del laboratorio	No se analizan emisiones gaseosas



#### **4.4. Análisis de los resultados obtenidos en la caracterización de los desechos**

##### **4.4.1. Efluentes líquidos**

En las tablas 4.7 y 4.8 se presentan los volúmenes de agua residual descargados en las prácticas del LQA y el LQO.

**Tabla 4.7. Volúmenes de agua residual descargados por práctica en el LQA**

<b>Práctica</b>	<b>Volumen descargado (V ± 0,5) L</b>
Identificación de cationes (1-A)	360,0
Identificación de aniones (2-A)	400,0
Identificación de sales (3-A)	360,0
Determinación de dureza del agua (4-A)	280,0
Análisis instrumental (5-A)	80,0

**Tabla 4.8. Volúmenes de agua residual descargados por práctica en el LQO**

<b>Práctica</b>	<b>Volumen descargado (V ± 0,5) L</b>
Identificación de compuestos orgánicos (1-O)	80,0
Preparación y propiedades de hidrocarburos (2-O)	120,0
Preparación de un producto de condensación (3-O)	80,0
Preparación y propiedades de un colorante (4-O)	120,0
Preparación de ésteres de interés industrial (5-O)	80,0
Obtención y propiedades de grasas, aceites y jabones (6-O)	80,0
Oxidación de compuestos orgánicos (7-O)	80,0
Polímeros de adición y condensación (8-O)	80,0

Como se observa en las tablas 4.7 y 4.8, los volúmenes descargados en las prácticas del LQA son superiores a los descargados en el LQO; este hecho contribuye directamente en la dilución de los contaminantes presentes en el agua residual



proveniente del LQA; sin embargo, el gasto de importantes volúmenes de agua influye negativamente en el desempeño ambiental de dicho laboratorio.

A continuación se presentan los resultados del análisis de las muestras de agua residual recolectadas en los laboratorios; los valores obtenidos para cada parámetro fisicoquímico son comparados con las concentraciones máximas permisibles según el decreto 3.219, en su artículo 36, referido a la descarga, directa o indirecta, de vertidos líquidos al Lago de Valencia, con la finalidad de conocer si los laboratorios cumplen con la legislación ambiental vigente.

En la figura 4.9, se observa que la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), en seis de las ocho prácticas del LQO supera el valor máximo permisible establecido en el decreto 3.219, mientras que las muestras de agua residual del LQA no exceden dicho valor. Por otra parte, en la figura 4.10, se aprecia que la demanda química de oxígeno (DQO), en cinco de las muestras de agua residual del LQO es superior al límite permisible según el decreto 3.219.

En el mismo orden de ideas, la relación entre la demanda bioquímica y la demanda química de oxígeno (DBO/DQO), que se muestra en la figura 4.11, se mantiene en un rango de valores comprendido entre 0,21-0,25 para las muestras de agua residual del LQA y entre 0,20-0,32 para el LQO; estos valores de relación DBO/DQO sugieren la necesidad de aplicar métodos químicos o fisicoquímicos para el tratamiento de las aguas residuales descargadas en los laboratorios, según lo expuesto por Parra, 2001 (tabla 4.9).

**Tabla 4.9. Tratamiento a aplicar según la biodegradabilidad del vertido**

<b>Relación DBO/DQO</b>	<b>Orientación al tratamiento a ser aplicado</b>
0,1- 0,4	Tratamientos químicos / tratamientos fisicoquímicos
0,4-0,6	Combinar tratamientos fisicoquímicos y tratamientos biológicos
Mayor a 0,6	Tratamientos biológicos

Fuente: Parra, 2001.



Con respecto al pH de las muestras de agua residual, en la figura 4.12 se observa que en cuatro de las cinco muestras recolectadas en el LQA y en seis de las ocho muestras del LQO, el pH se encuentra por debajo del rango establecido, como consecuencia del vertido de ácidos por los drenajes.

Así mismo, las concentraciones de nitrógeno presentaron valores elevados para los vertidos de ambos laboratorios; sin embargo, los valores más altos corresponden a las prácticas del LQA, tal como se muestra en la figura 4.13. En cuanto a las concentraciones de fósforo, las muestras recolectadas en el LQO son muy superiores al límite permisible establecido en el decreto 3.219; de igual manera, es importante destacar que las concentraciones de fósforo en las muestras correspondientes al LQA muestran valores cercanos al máximo permisible (figura 4.14).

En las prácticas correspondientes a las muestras 04 y 05 del LQA, y las muestras 03, 04, 05 y 06 del LQO, se utilizó un detergente biodegradable a base de fenilsulfonato de sodio al 16% y 8%, con la finalidad de probar su efectividad en la reducción de las concentraciones de detergentes presentes en el agua residual descargada; tal como se observa en la figura 4.15, estas concentraciones disminuyeron, mostrándose los valores más bajos en los casos en que el detergente utilizado se diluyó a 8% de fenilsulfonato de sodio, correspondiente a la muestra 05 del LQA y las muestras 05 y 06 del LQO. Por lo tanto, el uso de detergentes biodegradables, a base de fenilsulfonato de sodio al 8%, para la limpieza del material durante las prácticas puede mejorar el desempeño ambiental de los laboratorios en cuanto a las concentraciones de detergentes descargadas en el agua residual.

Respecto a las concentraciones de cloruros y sulfatos, en las figuras 4.17 y 4.18 se observa para ambos laboratorios que no se exceden los límites permisibles presentados en el decreto 3.219, a excepción de la muestra correspondiente a la



## ***Análisis de resultados***

---

primera práctica del LQO que presenta una alta concentración de sulfatos. También se muestran valores bajos de temperatura de descarga de los efluentes (figura 4.19). La descarga de sólidos disueltos totales no aparece regulada en el decreto 3.219, por lo tanto, no existe base referencial para su regulación. El agua residual generada en las prácticas del LQA presenta altas concentraciones de los metales cadmio, cobre y cromo, superando los valores máximos permisibles señalados en la figura 4.20, correspondientes al decreto 3.219.

Basándose en los resultados obtenidos para cada muestra de agua residual, la primera práctica del LQO, presenta la mayor cantidad de los parámetros fisicoquímicos evaluados por encima de los límites establecidos en el decreto 3.219; razón por la cual puede ser considerada como la práctica más contaminante de dicho laboratorio; mientras que para el LQA, la muestra con mayor número de parámetros fisicoquímicos fuera de los límites permisibles, es la quinta que corresponde a las prácticas de análisis instrumental.

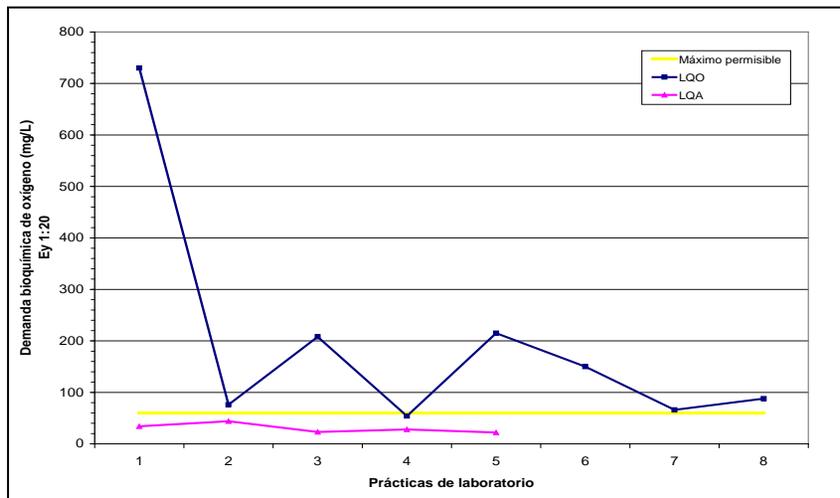


Figura 4.9. Demanda bioquímica de oxígeno de las muestras de agua residual del LQA y LQO

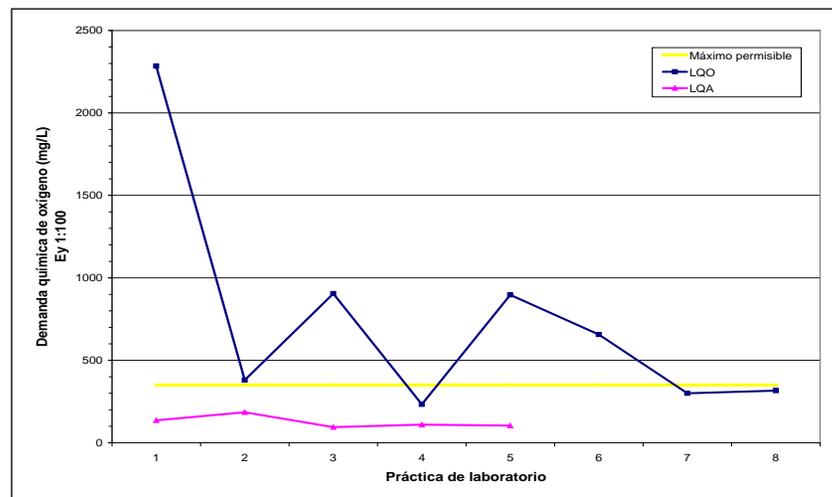


Figura 4.10. Demanda química de oxígeno de las muestras de agua residual del LQA y LQO

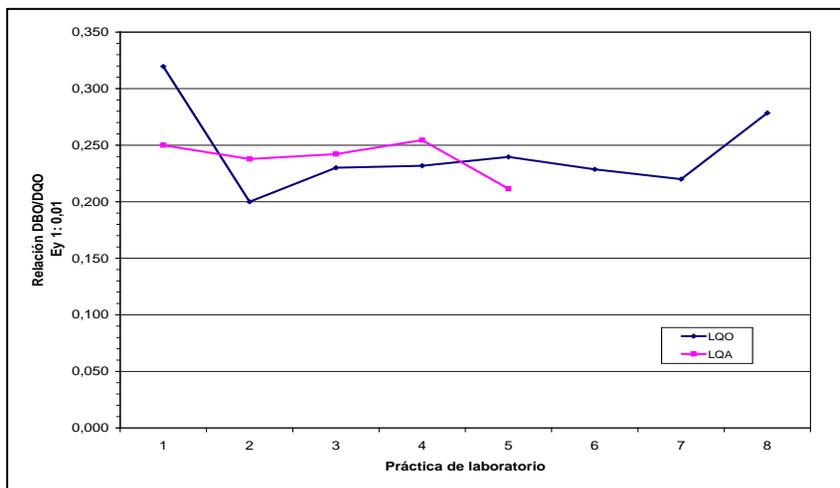


Figura 4.11. Relación entre la demanda bioquímica y química de oxígeno de las muestras de agua residual del LQA y LQO

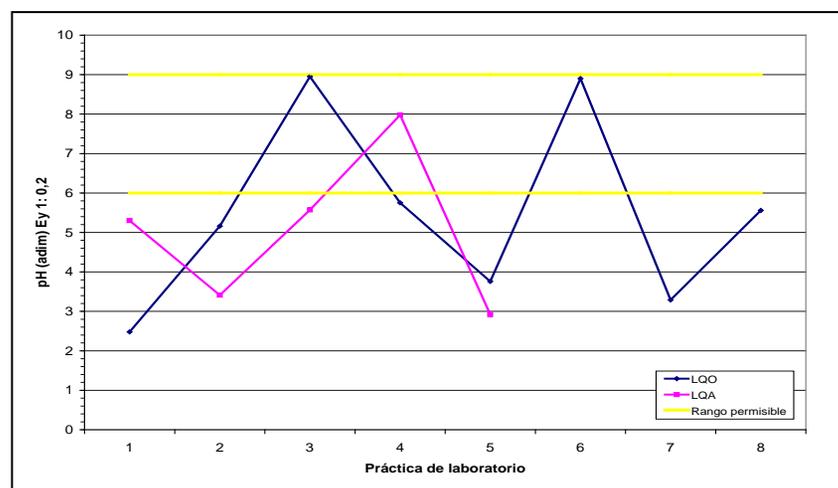


Figura 4.12. pH de las muestras de agua residual del LQA y LQO

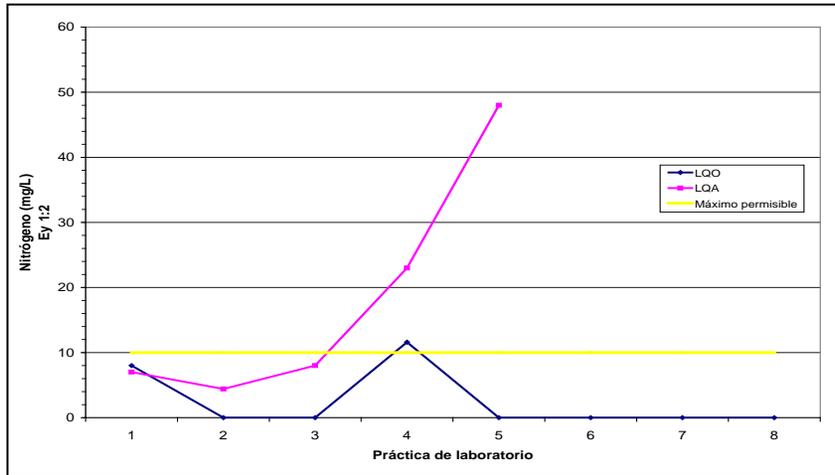


Figura 4.13. Nitrógeno presente en las muestras de agua residual del LQA y LQO

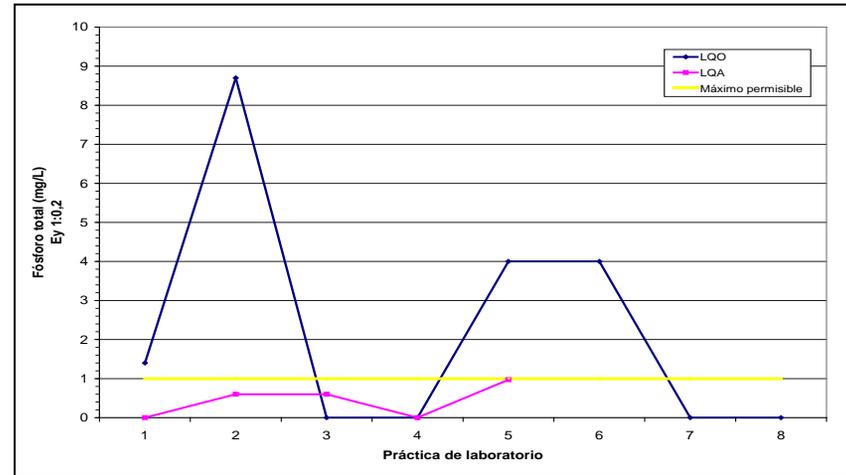


Figura 4.14. Fósforo total presente en las muestras de agua residual del LQA y LQO

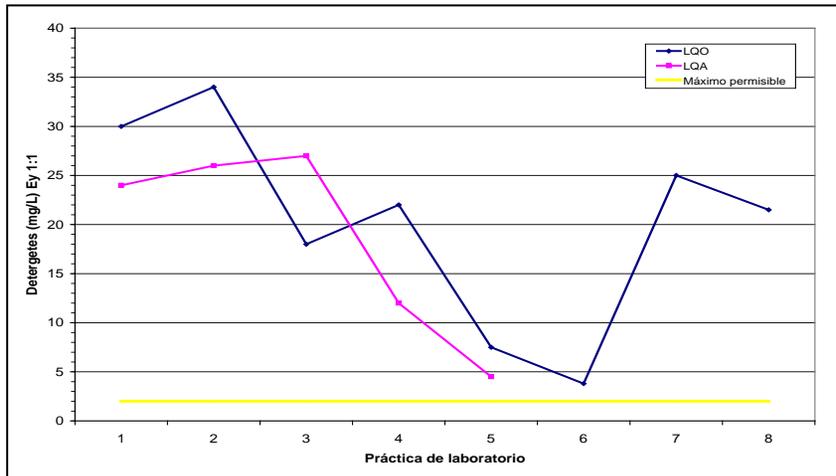


Figura 4.15. Detergentes presentes en las muestras de agua residual del LQA y LQO

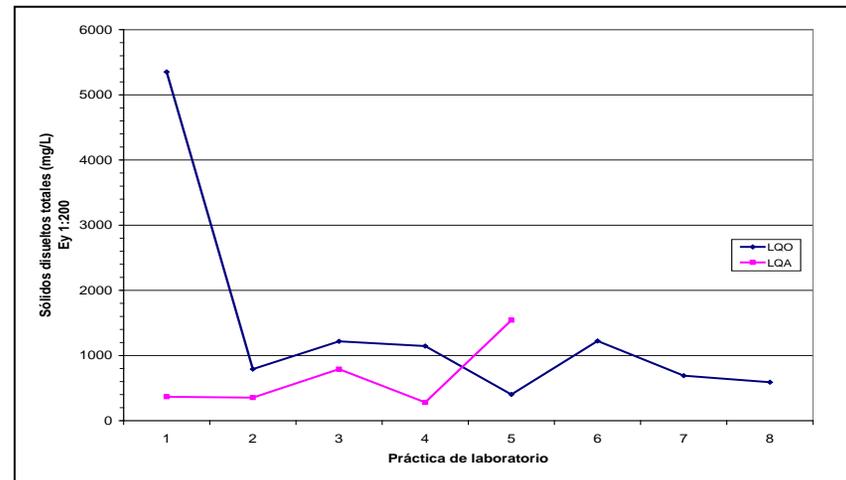


Figura 4.16. Sólidos disueltos totales presentes en las muestras de agua residual del LQA y LQO

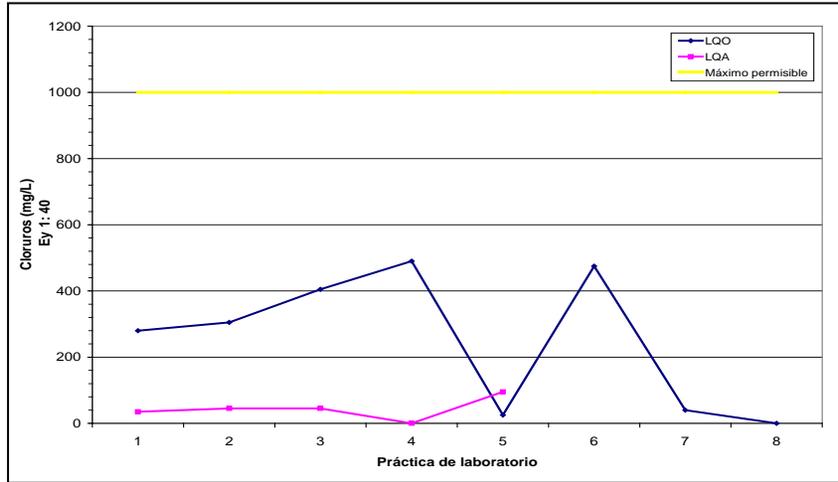


Figura 4.17. Cloruros presentes en las muestras de agua residual del LQA y LQO

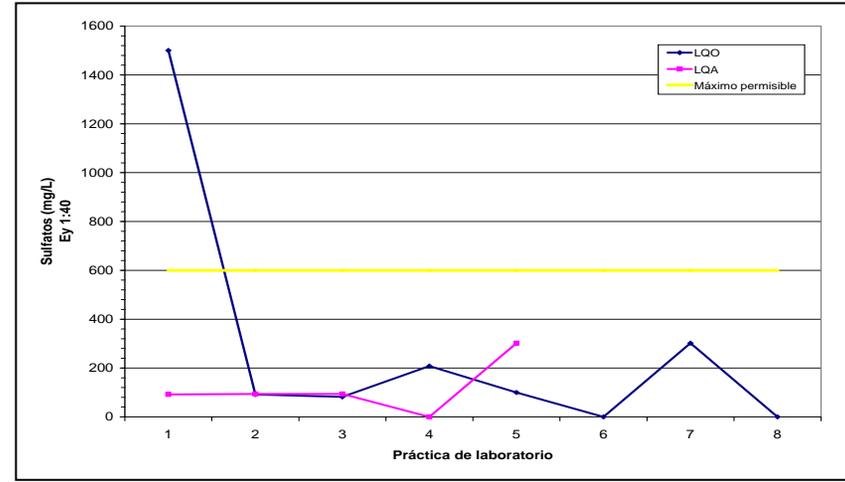


Figura 4.18. Sulfatos presentes en las muestras de agua residual del LQA y LQO

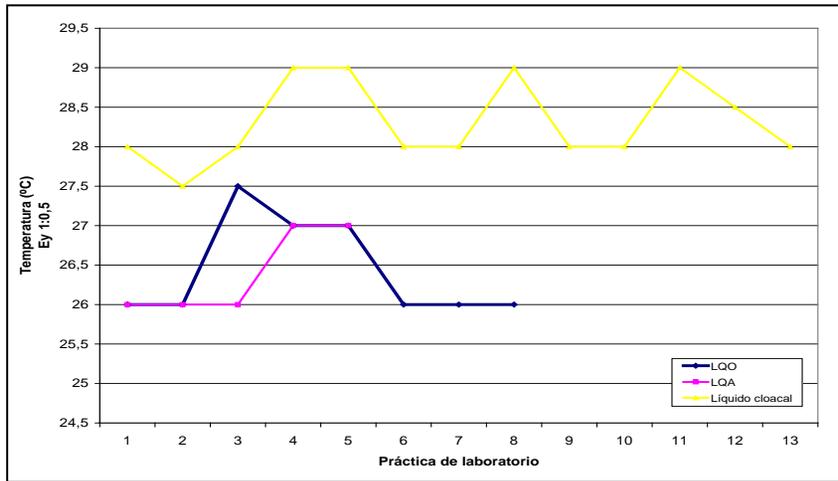


Figura 4.19. Temperatura de las muestras de agua residual del LQA y LQO

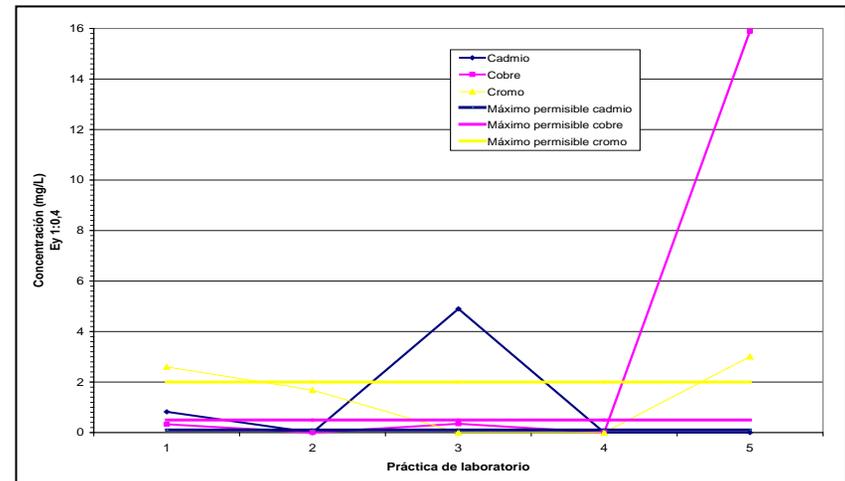


Figura 4.20. Metales presentes en las muestras de agua residual del LQA



## Análisis de resultados

Al referir las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos evaluados en las muestras de agua residual al volumen generado en cada práctica y al tiempo de recolección de cada una de las muestras (apéndice B), se obtienen los flujos correspondientes a los parámetros fisicoquímicos.

En las tablas 4.10 y 4.11 se presentan los flujos de los parámetros fisicoquímicos evaluados en las muestras de agua residual de los laboratorios; se observa que para las muestras provenientes del LQO los flujos de los parámetros fisicoquímicos estudiados presentan valores superiores a los correspondientes a las muestras del LQA.

**Tabla 4.10. Flujo de los parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua residual del LQA**

Parámetros	Muestras				
	01-A (15/05)	02-A (22/05)	03-A (29/05)	04-A (05/06)	05-A (12/06)
Cadmio (mg/h)	77,7	-----	415,1	-----	-----
Cloruros (mg/h)	3.315,8	4.411,8	3.811,8	-----	1.862,8
Cobre (mg/h)	31,3	-----	29,6	-----	311,8
Cromo (mg/h)	246,3	164,7	ND	-----	59,0
DBO <sub>5,20</sub> (mg/h)	3.221,1	4.313,7	1.948,2	2.090,7	431,4
DQO (mg/h)	12.884,2	18.137,3	8.047,1	8.213,3	2.039,2
Detergentes (mg/h)	2.273,7	2.549,0	2.287,1	896,0	88,2
Fósforo (mg/h)	-----	58,8	50,8	-----	190,2
Hierro (mg/h)	88,1	275,5	73,7	-----	-----
Manganeso (mg/h)	-----	29,4	144,9	-----	-----
Níquel (mg/h)	19,0	-----	ND	-----	-----
Nitrógeno (mg/h)	663,2	431,4	677,7	1.717,3	941,2
Sulfatos (mg/h)	8.715,8	9.215,7	7.962,4	-----	5.921,6
Zinc (mg/h)	15,2	147,1	90,6	-----	-----



**Tabla 4.10. Flujo de los parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua residual del LQA (continuación)**

Parámetros	Muestras				
	01-A (15/05)	02-A (22/05)	03-A (29/05)	04-A (05/06)	05-A (12/06)
Sólidos disueltos totales (mg/h)	34.673,7	34.705,9	67.087,1	21.056,0	30.235,3

ND: No detectable.

01-A: Práctica 1; 02-A: Práctica 2; 03-A: Práctica 3; 04-A: Práctica 4; 05-A: Prácticas 5, 6, 7 y 8.

**Tabla 4.11. Flujo de los parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua residual del LQO**

Parámetros	Muestras							
	01-O (20/05)	02-O (27/05)	03-O (03/06)	04-O (10/06)	05-O (17/06)	06-O (26/06)	07-O (01/07)	08-O (07/07)
Cloruros (mg/h)	8.682,2	11.883,1	9.050,3	23.520,0	630,9	14.728,7	1.163,6	-----
DBO <sub>5,20</sub> (mg/h)	22.635,7	2.961,0	4.648,0	2.592,0	5.425,9	4.651,2	1.920,0	2.220,8
DQO (mg/h)	70.821,7	14.805,2	20.201,1	11.184,0	22.637,2	20.341,1	8.727,3	7.974,8
Detergentes (mg/h)	930,2	1.324,7	402,2	1.056,0	189,3	117,8	727,3	542,6
Fósforo (mg/h)	43,4	339,0	-----	-----	-----	124,0	-----	-----
Hierro (mg/h)	347,3	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Manganeso (mg/h)	9,3	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Nitrógeno (mg/h)	248,1	-----	-----	556,8	-----	-----	-----	-----
Sulfatos (mg/h)	46.511,6	3.584,4	1.832,4	9.984,0	2.523,7	-----	8.785,5	-----
Zinc (mg/h)	46,5	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Aceites/Grasas (mg/h)	-----	-----	-----	-----	-----	37,2	-----	-----



**Tabla 4.11. Flujo de los parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua residual del LQO (continuación)**

Parámetros	Muestras							
	01-O (20/05)	02-O (27/05)	03-O (03/06)	04-O (10/06)	05-O (17/06)	06-O (26/06)	07-O (01/07)	08-O (07/07)
Sólidos disueltos totales (mg/h)	165.953,5	30.857,1	27.217,9	55.008,0	10.145,1	37.922,5	20.072,7	514.889,6

01-O: Práctica 1; 02-O: Práctica 2; 03-O: Práctica 3; 04-O: Práctica 4; 05-O: Práctica 5; 06-O: Práctica 6; 07-O: Práctica 7; 08-O: Práctica 8.

Los resultados obtenidos evidencian que las prácticas del LQA y el LQO generan efluentes líquidos que pueden causar contaminación; por lo tanto, se considera necesario el tratamiento de dichos efluentes, con la finalidad de mejorar la situación ambiental de los laboratorios.

#### **4.4.2. Emisiones gaseosas**

Para la captación de muestras gaseosas se seleccionaron las prácticas de preparación de hidrocarburos y oxidación de compuestos orgánicos, del LQO; ya que se consideran las más contaminantes; debido al uso, calentamiento y destilación de reactivos volátiles, principalmente, compuestos orgánicos. Sólo se analizan dos de las ocho prácticas del LQO debido a limitaciones económicas.

En el LQA no se evalúan los gases generados ya que las prácticas no se realizan dentro de las campanas extractoras y, éstas son usadas únicamente para el almacenamiento de los ácidos e hidróxidos concentrados que se emplean en las prácticas de laboratorio. En las muestras gaseosas recolectadas, se considera como



parámetro a analizar el flujo de compuestos orgánicos volátiles, de acuerdo a los reactivos y productos utilizados en las prácticas estudiadas.

Con la finalidad de verificar el buen funcionamiento de las campanas extractoras identificadas como 1 y 2, en la práctica de oxidación de compuestos orgánicos se realiza la captación de muestras gaseosas dentro de la campana y en el ducto de la chimenea. En la tabla 4.12, se observan los resultados obtenidos en el análisis de las muestras gaseosas captadas en las prácticas del LQO. Los flujos de compuestos orgánicos volátiles obtenidos en cada muestra se comparan con los límites de emisión establecidos en el artículo 10 del decreto 638.

**Tabla 4.12. Resultados del análisis de las muestras gaseosas captadas en el LQO**

Parámetros	Valor máximo permisible (*)	Muestras		
		G-01 (29/05)	G-02 (02/07)	G'-02 (02/07)
Compuestos orgánicos volátiles (kg/h)	1,3	N.D.	N.D.	N.D.

G-01: Práctica de preparación de hidrocarburos; G-02: Práctica de oxidación de compuestos orgánicos, recolectada en toma muestra instalado; G'-02: Práctica de oxidación de compuestos orgánicos, recolectada dentro de la campana extractora.

(\*) Valores máximos permisibles según el decreto 638.

N.D.: No detectable.

En la tabla 4.12, se aprecia que los flujos de compuestos orgánicos volátiles para las muestras gaseosas recolectadas fue inferior al mínimo detectado por el cromatógrafo utilizado para su análisis (0,5 mg/m<sup>3</sup>). Sin embargo, es pertinente la recomendación de mantenimiento correctivo y preventivo de las campanas extractoras.



#### **4.4.3. Desechos sólidos peligrosos**

La presente investigación no contempla el análisis de los desechos sólidos peligrosos generados en las prácticas de los laboratorios, debido a limitaciones económicas para llevar a cabo los análisis de lixiviación; sin embargo, estos desechos fueron recolectados en recipientes de plástico identificados para tal fin, con el objeto de cuantificar las cantidades generadas semanalmente y poder verificar si se cumple con los límites de generación indicados en el decreto 2.635, referido al manejo, almacenamiento y transporte de materiales y desechos peligrosos.

Los desechos sólidos peligrosos generados en los laboratorios son principalmente servilletas contaminadas con reactivos y residuos de reactivos sólidos empleados en las práctica. En el caso del LQO, los desechos sólidos peligrosos, también incluyen colorantes y jabones que son obtenidos como productos durante las prácticas.

De acuerdo con las clases de riesgo para materiales recuperables y desechos peligrosos, establecidas en el decreto 2.635, los desechos generados en los laboratorios corresponden a la clase 3, que incluye a materiales o desechos sólidos o líquidos, combustibles o inflamables sólo en presencia de llama, que pueden tener ciertas características irritantes, corrosivas o tóxicas pero no requieren para su manejo equipos de protección total, con potencial de dispersión limitado y con daño esperado moderado, en áreas puntuales y sin efectos perdurables en el ambiente. Las cantidades generadas de materiales y desechos clase 3, según el decreto 2.635, no deben exceder tres (3) toneladas para el momento de su traslado.

Se recolectaron los desechos sólidos peligrosos generados en tres (3) de las ocho (8) sesiones de práctica que se desarrollan semanalmente en cada uno de los



## **Análisis de resultados**

laboratorios; posteriormente, utilizando un promedio de la masa de sólidos peligrosos generada, se estimaron las cantidades correspondientes a cada semana de práctica.

En las tablas 4.13 y 4.14, se muestran las masas de desechos sólidos peligrosos generadas por semana de práctica en el LQA y el LQO; se observa que en ninguna de las semanas de práctica se supera el límite de tres (3) toneladas establecido en el decreto 2.635 para materiales y desechos peligrosos clase 3. En este sentido, el LQA y el LQO cumplen con la cantidad máxima establecida para la generación de desechos peligrosos según el decreto 2.635; sin embargo, se debe realizar la clasificación de los desechos de acuerdo a sus características de peligrosidad de conformidad con la Ley 55 y el decreto 2.635.

**Tabla 4.13. Cantidades de desechos sólidos peligrosos generadas en el LQA por semana de práctica**

<b>Masa de desechos sólidos generada (m ± 0,0001) kg</b>				
<b>Práctica 1</b>	<b>Práctica 2</b>	<b>Práctica 3</b>	<b>Práctica 4</b>	<b>Práctica 5</b>
4,0392	5,1120	4,1376	4,6425	4,9233

**Tabla 4.14. Cantidades de desechos sólidos peligrosos generadas en el LQO por semana de práctica**

<b>Masa de desechos sólidos generada (m ± 0,0001) kg</b>							
<b>Práctica 1</b>	<b>Práctica 2</b>	<b>Práctica 3</b>	<b>Práctica 4</b>	<b>Práctica 5</b>	<b>Práctica 6</b>	<b>Práctica 7</b>	<b>Práctica 8</b>
3,8176	5,9248	4,3453	2,9981	5,2624	4,5338	4,4288	4,3314

### **4.5. Proposición de alternativas para mejorar la situación ambiental**

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de las muestras de desechos y su comparación con la legislación ambiental vigente, se realizan las siguientes propuestas



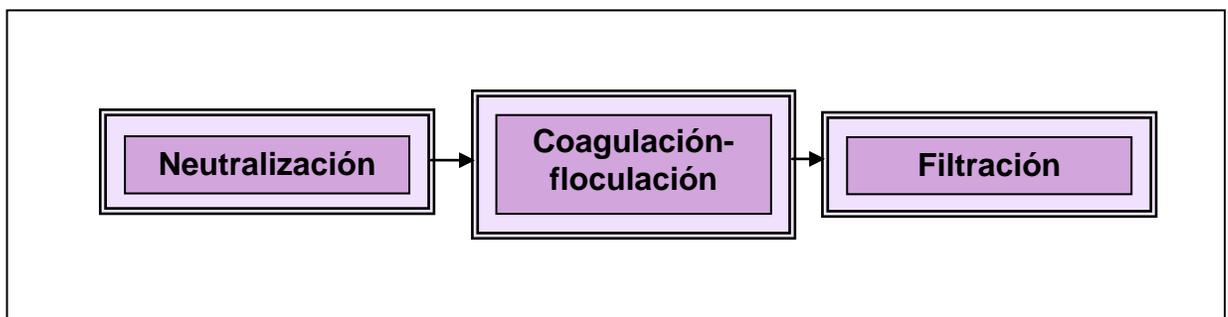
destinadas a la disminución de la contaminación ambiental generada por las actividades que se desarrollan en los laboratorios.

#### **4.5.1. Tratamiento de los efluentes líquidos**

##### **4.5.1.1. Generación de alternativas**

Con base en los resultados obtenidos en la caracterización de las muestras de efluentes líquidos, se considera necesario el tratamiento fisicoquímico del agua residual generada en los laboratorios. A continuación se presentan las alternativas de tratamiento propuestas:

- **Alternativa 1:** Realizar un tratamiento químico de neutralización para ajustar el pH de los efluentes al rango permisible, seguido de un tratamiento de coagulación-floculación destinado a la disminución de las concentraciones de DBO, DQO, metales, nitrógeno y fósforo del agua residual, y separación de lodos por filtración.



**Figura 4.21. Diagrama de bloque de la alternativa 1**

- **Alternativa 2:** Realizar un tratamiento químico de neutralización con la finalidad de ajustar el pH de los efluentes al rango permisible, posteriormente, aplicar un tratamiento de electrocoagulación para disminuir las concentraciones de DBO, DQO,



metales, nitrógeno y fósforo del agua residual, y separación de lodos por sedimentación.



**Figura 4.22. Diagrama de bloque de la alternativa 2**

En la tabla 4.15 se presenta un listado de ventajas y desventajas referidas a cada una de las alternativas de tratamiento planteadas. Los criterios considerados para la comparación de las alternativas propuestas se muestran a continuación:

- **Producción de lodos:** Referida a la cantidad de lodos generado en el tratamiento a aplicar.
- **Adición de químicos:** Se considera si se requiere o no la adición sustancias químicas para llevar a cabo el tratamiento propuesto.
- **Condiciones finales del efluente:** Se refiere a la disminución de las concentraciones de contaminantes lograda al aplicar el tratamiento propuesto.
- **Costos operacionales:** Se consideran los costos correspondientes a la alternativa planteada, tales como la adquisición de reactivos, gastos energéticos, mantenimiento, entre otros.



**Tabla 4.15. Comparación de las alternativas de tratamiento de agua residual propuestas**

<b>Tratamiento</b>	<b>Ventaja</b>	<b>Desventaja</b>
Alternativa 1 Coagulación-floculación	<ul style="list-style-type: none"><li>• Costos operacionales menores. Aproximadamente 20% inferior a la electrocoagulación.</li><li>• Alta remoción de contaminantes.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mayor generación de lodos. Humedad de los lodos aproximada de 99%.</li><li>• Requiere la adición de reactivos químicos para lograr la remoción.</li><li>• Lodo generado es contaminante.</li></ul>
Alternativa 2 Electrocoagulación	<ul style="list-style-type: none"><li>• Menor generación de lodos. Humedad de los lodos aproximada de 96%.</li><li>• Proporciona una remoción de contaminantes superior a la lograda con coagulación-floculación.</li><li>• No requiere la adición de reactivos químicos para lograr la remoción.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Costos operacionales mayores. Aproximadamente 20% superior a la coagulación-floculación.</li><li>• Requiere la sustitución de los electrodos al menos 2 veces al año.</li><li>• Lodo generado es contaminante.</li></ul>

Como se muestra en la tabla 4.15, la electrocoagulación es la alternativa más ventajosa en cuanto a remoción de contaminantes y generación de lodos; sin embargo, como genera mayores costos operacionales, la selección de la alternativa más adecuada para el tratamiento de las aguas residuales de los laboratorios debe realizarse de acuerdo a los objetivos y posibilidades de la investigación que esté destinada a la implementación del sistema de tratamiento.



#### **4.5.1.2. Valoración experimental del tratamiento de agua residual**

Para efectos de la presente investigación, se realiza la valoración experimental solamente de la alternativa 1, debido a que no se cuenta con los medios económicos para la construcción de la celda necesaria para llevar a cabo la electrocoagulación.

Con la finalidad de determinar la eficiencia de la coagulación-floculación para el tratamiento de los efluentes líquidos, se realiza una prueba de jarras que permita determinar las dosis óptimas de coagulante y floculante, así como el pH más adecuado para realizar el tratamiento.

Para llevar a cabo la prueba de jarras se tomaron alícuotas de las muestras 5-A y 7-O. Posteriormente, utilizando cal, se ajustó el pH de las muestras en un rango entre 8 y 8,5. Se procedió a determinar el coagulante que proporcionara mejores resultados; para ello se emplearon: policloruro de aluminio al 50%, MQ-785 al 50% y MQ-159C al 25%; obteniéndose los mejores resultados con el policloruro de aluminio (PAC); ya que al usar los polímeros MQ-785 y MQ-159C, se observó poca formación de flóculos y no se logró la eliminación del color de las muestras. Para la determinación de la dosis óptima de coagulante se tomaron 3 alícuotas de 300 mL de cada una de las muestras, y se agregaron 3, 6 y 9 mL de coagulante; se obtuvo un efluente más clarificado y mejor formación de flóculos en la muestra que se le agregaron 6 mL.

El floculante utilizado es Meller-2209. Para la determinación de la dosis óptima de floculante se tomaron 2 alícuotas de 300 mL de las muestras de agua residual 5-A y 7-O, se agregaron los 6 mL del coagulante seleccionado; posteriormente, se agregaron 3 y 6 mL de floculante a cada una; resultando como dosis óptima 3 mL de floculante.

El ajuste inicial a pH 8-8,5 de las muestras de agua residual permitió obtener un efluente tratado con un rango de pH entre 6,14-6,42. El tiempo de agitación durante la



etapa de coagulación fue de 120 segundos de mezcla rápida y durante la floculación de 300 segundos de mezcla lenta, de acuerdo con lo establecido en Metcalf y Eddy, 1996.

En la tabla 4.16, se presentan los resultados obtenidos en la prueba de jarras.

**Tabla 4.16. Condiciones óptimas para la aplicación del tratamiento de coagulación-floculación**

<b>Ajuste de pH</b>	
Masa de cal necesaria (g cal/L muestra)	16,0
pH recomendado (adim)	8,0 -8,5
<b>Etapas de coagulación</b>	
Coagulante	Policloruro de aluminio (PAC) al 50% p/p
Dosis óptima (mL coagulante/ L muestra)	20,0
Tiempo de mezclado (s)	120,0
<b>Etapas de floculación</b>	
Floculante	Meller-2209
Dosis óptima (mL floculante/ L muestra)	10,00
Tiempo de mezclado (s)	300,0

Se mezclaron volúmenes iguales de las muestras 5-A, 6-O y 7-O. Se escogieron estas muestras por ser las más críticas en cuanto a color y concentración de contaminantes en el agua residual. Se trataron 500 mL de la muestra 5-A, 500 mL de muestra 7-O y 2000 mL de la mezcla preparada, con las dosis de cal, coagulante y floculante determinadas mediante las pruebas de jarras. Las cantidades de lodo obtenidas luego del tratamiento de las muestras se presentan en la tabla 4.17.



Tabla 4.17. Masas de lodo obtenidas luego de la coagulación-floculación

Masa de lodo obtenida (m ± 0,001) g		
Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
160,365	195,621	624,449

Muestra 1: Muestra 5-A. Volumen tratado: 500 mL.

Muestra 2: Muestra 7-O. Volumen tratado: 500 mL.

Muestra 3: Muestras 5-A, 6-O y 7-O. Volumen tratado: 2000 mL.

Finalmente, para verificar la eficiencia del tratamiento aplicado, las muestras tratadas fueron trasladadas al Laboratorio Toxicológico del Ambiente para su análisis.

Como se observa en las tablas 4.18 y 4.19, luego del tratamiento de las muestras de agua residual mediante coagulación-floculación se obtuvo un rango de remoción de contaminantes comprendido entre 92,6% y 17,2%, por consiguiente, se verifica que el tratamiento aplicado es adecuado para el acondicionamiento de los efluentes líquidos de los laboratorios; así mismo, se aprecia que los parámetros fisicoquímicos del agua tratada cumplen con los límites permisibles establecidos en el decreto 3.219 para la descarga, directa o indirecta, al Lago de Valencia; a excepción de las concentraciones de cobre y detergentes, que a pesar de mostrar una remoción entre el 85,0%-88,9% y 70%-80% respectivamente, permanecen fuera del máximo permisible. De igual manera, se produjo un incremento en la concentración de cloruros como consecuencia del uso de policloruro de aluminio al 50% como coagulante; sin embargo no se excede el límite establecido en el decreto 3.219.

Tabla 4.18. Parámetros fisicoquímicos de las muestras crudas y tratadas

Parámetro	Máximo permisible (*)	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
		Cruda (5-A)	Tratada (T-1)	Cruda (7-O)	Tratada (T-2)	Cruda (ST)	Tratada (T-3)
Cloruros (mg/L)	1000	-----	-----	-----	-----	205	249



**Tabla 4.18. Parámetros fisicoquímicos de las muestras crudas y tratadas (continuación)**

Parámetro	Máximo permisible (*)	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
		Cruda (5-A)	Tratada (T-1)	Cruda (7-O)	Tratada (T-2)	Cruda (ST)	Tratada (T-3)
Cromo (mg/L)	2,00	3,01	0,69	-----	-----	1,10	0,60
Cobre (mg/L)	0,5	15,9	1,75	-----	-----	5,2	0,78
DBO <sub>5,20</sub> (mg/L)	60	-----	-----	-----	-----	104	34
DQO (mg/L)	350	104	23	300	136	380	185
Detergentes (mg/L)	2,0	4,5	0,9	25,0	7,5	16,8	4,5
Nitrógeno (mg/L)	10,0	-----	-----	-----	-----	7,0	5,8
Fósforo (mg/L)	1,0	-----	-----	-----	-----	8,1	0,6
pH (adim)	(6,00-9,00)	2,92	6,14	3,29	6,42	4,54	6,37

Muestra 1: Práctica 5, LQA

Muestra 2: Práctica 7, LQO

Muestra 3: Mezcla muestras 5-A, 6-O y 7-O.

(\*) Valores máximos permisibles según el decreto 3.219.

**Tabla 4.19. Porcentaje de remoción de contaminantes obtenido en las muestras de agua residual tratadas**

Parámetro fisicoquímico	Porcentaje de remoción (%)		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Cromo	77,1	-----	45,5
Cobre	88,9	-----	85,0
DBO <sub>5,20</sub>	-----	-----	67,3
DQO	77,9	54,7	51,3
Detergentes	80,0	70,0	73,2



**Tabla 4.19. Porcentaje de remoción de contaminantes obtenido en las muestras de agua residual tratadas (continuación)**

Parámetro fisicoquímico	Porcentaje de remoción (%)		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Nitrógeno	-----	-----	17,2
Fósforo	-----	-----	92,6

Muestra 1: Práctica 5, LQA

Muestra 2: Práctica 7, LQO

Muestra 3: Mezcla muestras 5-A, 6-O y 7-O.

Adicionalmente, se recomienda el análisis de los lodos obtenidos en el tratamiento de agua aplicado con la finalidad de acondicionarlos y darles una adecuada disposición. En la actualidad, existen múltiples alternativas para la gestión de los lodos generados en el tratamiento de agua residual; éstas dependen de las características del lodo. Algunas de las alternativas para la gestión de los lodos son el secado térmico abonamiento o compostaje y uso de los lodos como materia prima para la construcción (Rodríguez, Letón y Rosal, 2006).

#### **4.5.2. Almacenamiento de reactivos**

Para dar cumplimiento a la Ley 55 (artículos 32 y 40) y al decreto 2.635 (artículos 16, 17 y 40), referidos al almacenamiento temporal de materiales y desechos peligrosos, se requiere la modificación de los almacenes de reactivos del LQA y el LQO. A continuación se especifican algunos factores a considerar para el rediseño y acondicionamiento de dichos almacenes, con la finalidad de lograr condiciones de almacenamiento controladas y seguras, de acuerdo con lo establecido en los manuales de almacenamiento de sustancias peligrosas, según Oyarzun y Cortés, 2003.

Las condiciones de almacenamiento de los reactivos dependen de sus características, es decir, son específicas para cada sustancia; por lo tanto, el rediseño



de los almacenes de reactivos de los laboratorios debe obedecer a los tipos de sustancias que conforman los inventarios de cada laboratorio. Con este fin, se realizó el inventario de los laboratorios y se clasificaron los reactivos de acuerdo a su peligrosidad (ver apéndice A).

### **4.5.2.1. Características generales para almacenes de sustancias peligrosas**

- **Condiciones de construcción y almacenamiento:**

- Área exclusiva y señalizada con letreros que indiquen la clase de sustancias almacenadas.
- Piso sólido, lavable y no poroso.
- Condiciones de iluminación y ventilación controladas.
- Las sustancias peligrosas deberán estar contenidas en recipientes resistentes a los efectos del material y con tapa hermética, preferiblemente mantener en sus recipientes originales.
- Almacenamiento ordenado sobre estanterías independientes o separadas según su clasificación específica e incompatibilidad; no deben almacenarse juntos materiales y desechos.
- Las estanterías deben ser de materiales no combustibles y poseer barreras que eviten la caída de los reactivos.
- Las sustancias almacenadas no deben estar expuestas a la luz solar.
- El almacenamiento no debe obstruir vías de ingreso y evacuación.
- No usar campanas extractoras para el almacenamiento de reactivos.
- Pasillo central con un mínimo de 2,4 metros de ancho.
- Ancho mínimo de pasillos secundarios de 1,2 metros.
- Rotular las sustancias con información acerca de los riesgos asociados y acciones a seguir en caso de emergencia, de acuerdo con la norma COVENIN-ISO 3060, (2002).



- Existencia de un registro con las hojas de datos de seguridad de los productos almacenados.
- Los almacenes deben disponer de duchas de seguridad, fuentes lavajos y extintores portátiles.
- Ubicación y mantenimiento de extintores ubicados según la norma COVENIN-ISO 1040, (1989).
- Plan de emergencias para casos de derrames o incendios.

#### **4.5.2.2. Condiciones de almacenamiento específicas**

- **Sustancias inflamables:**

- No deben almacenarse cerca de ácidos ni catalizadores.
- Las áreas de almacenamiento debe estar adecuadamente ventilada para evitar la acumulación de vapores.
- Los materiales inflamables deben almacenarse, preferiblemente, refrigerados.
- Las áreas de almacenamiento deben contar con un equipo adecuado contra incendios en las proximidades.
- Los líquidos inflamables deben separarse en categorías dependiendo de su punto de ignición.

- **Sustancias corrosivas:**

- Deben almacenarse separados de materiales orgánicos inflamables.
- En áreas adecuadamente ventiladas y alejadas de la luz solar.
- El área donde se almacena no debe estar sometida a cambios bruscos de temperatura.
- Separar ácidos orgánicos y ácidos minerales.



- Almacenar separados ácidos, bases, cianuros, sulfuros y metales activos; al igual que inflamables y explosivos.

- **Sustancias oxidantes:**

- Deben almacenarse alejados del calor y fuentes de ignición.
- El área donde se almacena no debe estar sometida a cambios bruscos de temperatura.
- Almacenar alejados de materiales orgánicos, solventes inflamables, sustancias corrosivas y sustancias tóxicas.
- Deben almacenarse en recipientes de vidrios o inertes. No deben usarse tapones de corcho o goma.
- Evitar fricción y toda forma de impacto.

- **Incompatibilidad química:**

En general, el almacenamiento de sustancias peligrosas debe atender a la incompatibilidad que existe entre las especies almacenadas. Algunas combinaciones de sustancias que pueden producir reacciones peligrosas y provocar explosiones, incendios e intoxicaciones son:

- Sustancias corrosivas y sustancias inflamables: Pueden provocar explosiones y fuego.
- Sustancias corrosivas y sustancias tóxicas: Pueden provocar la generación de gases tóxicos.
- Sustancias inflamables y sustancias oxidantes: Pueden provocar explosiones y fuego.
- Ácidos y bases: Pueden provocar la generación de humos corrosivos y calor.



### **4.5.3. Alternativas para mitigar el impacto ambiental**

Adicionalmente, en cuanto a las alternativas para disminuir el impacto ambiental causado por las actividades de los laboratorios, se propone:

- Clasificación y almacenamiento temporal de residuos de reactivos y desechos peligrosos bajo condiciones controladas y ambientalmente seguras, sin que se contemple ninguna forma de tratamiento ni transformación inducida de los desechos almacenados, de acuerdo al artículo 9 de la Ley 55.
- Uso de detergentes biodegradables, compuestos de fenilsulfonato de sodio al 8% p/v, en el lavado de materiales durante las prácticas de los laboratorios.
- Realizar mantenimiento correctivo y preventivo a las campanas extractoras del LQO, así como las reparaciones pertinentes, con la finalidad de optimizar su funcionamiento.
- Sustitución de algunos de los reactivos utilizados en las prácticas de los laboratorios, por otros que generen menos contaminación ambiental; y que aporten el mismo valor cognitivo al estudiante.
- Desarrollar jornadas informativas y de concientización acerca del desempeño ambiental de los laboratorios, aspectos ambientales y los riesgos asociados a las actividades que se llevan a cabo, dirigido a la comunidad de la Facultad de Ingeniería.



## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

A continuación se presentan las conclusiones, aportes y recomendaciones alcanzados durante el desarrollo de la presente investigación.

#### **CONCLUSIONES**

1. El marco legal que rige la gestión ambiental de los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica está conformado por la Constitución Nacional, la ley sobre sustancias, materiales y desechos peligrosos (Ley 55) y los decretos 3.219 (Gaceta Oficial N° 5.305), 2.635 (Gaceta Oficial N° 5.245) y 638 (Gaceta Oficial N° 4.899).
2. Los aspectos ambientales más significativos de acuerdo al impacto ambiental que generan son la descarga de vertidos líquidos a las redes cloacales, las emisiones gaseosas a la atmósfera y el almacenamiento y manipulación de materias primas.
3. Los almacenes de reactivos de los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica no cumplen con las condiciones para el almacenamiento de materiales peligrosos establecida en la Ley 55 y el decreto 2.635 (Gaceta Oficial N° 5.245).
4. Existe un alto porcentaje de desconocimiento acerca de las medidas de seguridad, disposición final de desechos y riesgos ambientales asociados a las actividades de los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica por parte de la población estudiantil, personal administrativo y obrero de la Facultad de Ingeniería Química.
5. Los valores de pH en la mayoría de las muestras de agua residual de las prácticas de los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica están fuera del rango permitido en la legislación ambiental vigente (Gaceta Oficial N° 5.305, decreto 3.219).



## **Conclusiones y recomendaciones**

---

6. Todas las muestras de agua residual de las prácticas de los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica presentan concentraciones de detergentes superiores al máximo permisible establecido en la legislación ambiental vigente (Gaceta Oficial N° 5.305, decreto 3.219).
7. En las prácticas del Laboratorio de Química Analítica se descargan aguas residuales con concentraciones elevadas de cadmio, cromo y cobre.
8. De acuerdo con los análisis fisicoquímicos realizados a las muestras de agua residual de las prácticas, los efluentes líquidos de los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica son contaminantes; por tanto, requieren tratamiento previo a su descarga a las redes cloacales.
9. Las prácticas del Laboratorio de Química Analítica que generan mayor impacto ambiental, referido a la descarga de efluentes líquidos a las redes cloacales, son las prácticas de identificación de cationes, aniones y sales.
10. La práctica del Laboratorio de Química Orgánica que genera mayor impacto ambiental, referido a la descarga de efluentes líquidos a las redes cloacales, es la prácticas de identificación de compuestos orgánicos.
11. El uso de detergentes biodegradables a base de fenilsulfonato de sodio al 8% contribuye con la disminución de las concentraciones de detergentes en el agua residual generada en los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica.
12. Los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica cumplen con las cantidades máximas establecidas para la generación de desechos peligrosos según el decreto 2.635 (Gaceta Oficial N° 5.245).



## **Conclusiones y recomendaciones**

---

13. Las alternativas propuestas para el tratamiento de los efluentes líquidos de los laboratorios son la electrocoagulación y la coagulación-floculación.
14. El tratamiento de coagulación-floculación de las aguas residuales genera una remoción significativa de contaminantes, entre los cuales están: DQO, DBO, nitrógeno, fósforo, cadmio, cromo, cobre y detergentes.
15. Los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica requieren del rediseño de sus almacenes de reactivos, de acuerdo con lo establecido en la Ley 55 y el decreto 2.635 (Gaceta Oficial N° 5.245), en cuanto a las condiciones de almacenamiento de materiales peligrosos.

### **RECOMENDACIONES**

- Promover el desarrollo de trabajos de grado dirigidos al diseño e implementación del plan de gestión ambiental de los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica, basándose en la información aportada por la presente investigación.
- Realizar reparaciones y mantenimiento de campanas extractoras de los laboratorios, con la finalidad de asegurar su correcto funcionamiento.
- Rediseñar el área dispuesta para el almacenamiento de reactivos en los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica, a fin cumplir la legislación ambiental vigente.
- Dictar charlas y promover jornadas de información y concientización acerca de las medidas de seguridad y riesgos ambientales asociado a la manipulación de los



## ***Conclusiones y recomendaciones***

---

reactivos utilizados en las prácticas de los laboratorios, dirigidas a la comunidad de la Facultad de Ingeniería.

- Analizar, nuevamente, las emisiones gaseosas provenientes del Laboratorio de Química Orgánica, con el objeto de corroborar los resultados obtenidos en los análisis cromatográficos de las muestras gaseosas captadas.
- Se recomienda el análisis de los lodos obtenidos en el tratamiento de agua aplicado al agua residual de los laboratorios, con la finalidad de acondicionarlos y darles una adecuada disposición.



---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA-AWWA-WPCF. (1995). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. (17a. ed.). Washington.
- Aristazábal, A. y Bermúdez, M. (2007). *Estudio de la factibilidad de un sistema de electrocoagulación para tratamiento de aguas procedentes de lavanderías industriales*. Trabajo de grado. Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química. Medellín, Colombia.
- Busquets, E. (1999). Caracterización de vertederos y detección de penachos contaminantes mediante la utilización de métodos geofísicos. *Física de la Tierra*, 207-226.
- Calera, A. (2005). Riesgo químico laboral: Elementos para un diagnóstico. España: Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud.
- Castellan, G. (1987). *Fisicoquímica*. (2da. ed.). México: Editorial Addison-Wesley Iberoamericana.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales – COVENIN. (1984). Norma 2139: Determinación de concentraciones bajas de cadmio, cromo, cobalto, cobre, hierro, plomo, manganeso, níquel, plata y zinc por espectrofotometría de absorción atómica. Caracas: Fondonorma.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales – COVENIN. (1996). Norma 1649: Chimeneas y ductos. Determinación de la ubicación y número mínimo de puntos de muestreo. Caracas: Fondonorma.



## **Referencias bibliográficas**

---

- Comisión Venezolana de Normas Industriales – COVENIN. (1999). Norma 3513: Chimeneas y ductos. Determinación de la concentración de compuestos orgánicos totales. Caracas: Fondonorma.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales – COVENIN. (1989). Norma 1040: Extintores portátiles. Generalidades. Caracas: Fondonorma.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales – COVENIN. (2002). Norma 3060: Materiales peligrosos. Clasificación, símbolos y dimensiones de las señales de identificación. Caracas: Fondonorma.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales – COVENIN- ISO. (2004). Norma 14001: Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso. Caracas: Fondonorma.
- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 36.860, Diciembre 3, 1999.
- Crites, R y Tchobanoglous, G. (2000). *Sistema de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados*. (1a. ed.). Colombia: Editorial McGraw Hill Interamericana.
- Day, R. y Underwood, A. (2000). *Química analítica cuantitativa*. (Traducción de la 5ta. edición en inglés; María Arroyo, Trad.) México: Editorial Prentice Hall.
- Fernández, D. y Jiménez, D. (2004). *Diseño del sistema de tratamiento de efluentes y disposición de desechos sólidos del Laboratorio de Fisicoquímica de la Universidad de Carabobo*. Trabajo especial de grado. Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.



- Galán, M. (2003). Caracterización de partículas presentes en la atmósfera. *Ingeniería Química*, 88-94.
- Galvan, V. (2003). Caracterización fisicoquímica de las aguas residuales de la industria de curtición. *Ingeniería Química*, 130-138.
- Ley sobre sustancias, materiales y desechos peligrosos (2001). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 5.554, Noviembre 13, 2001.
- Méndez, E. (2002). *Metodología*. (3a. ed.). Colombia: Editorial McGraw Hill Interamericana.
- Méndez, T. (1994). Evaluación de los niveles de contaminación por metales pesados en las aguas residuales de Pachuca, Tizayuca y Ciudad Sahagún. México: Sociedad Geológica Mexicana.
- Merck. *MSDS – Base de datos* [Documento en línea]. Disponible: <https://www.merck-chemicals.com/> [Consulta: 2008, junio 10].
- Metcalf, E. y Eddy, R. (1996). *Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización*. (3a. ed.). México: Editorial McGraw Hill.
- Miranda, G. (2006, Septiembre). Monitoreo de la calidad del agua en el río Texcoco mediante sensores selectivos de iones. *Agrociencia*, 277-287.
- Morrison, R y Boyd, R. (1976). *Química Orgánica*. (3a. ed.). México: Fondo Educativo Interamericano.
- Normas para el control de la recuperación de materiales peligrosos y el manejo de desechos peligrosos (Decreto No. 2.635). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 5.245, Agosto 3, 1998.



## Referencias bibliográficas

---

Normas para la clasificación y control de la calidad de las aguas de la cuenca del lago de Valencia (Decreto No. 3219). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 5.305, Enero 13, 1999.

Normas sobre la calidad del aire y el control de la contaminación atmosférica (Decreto No. 638). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 4899, Mayo 19, 1995.

Oyarzun, M. y Cortés, I. (2003). Manual de almacenamiento de sustancias químicas peligrosas. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.asrm.cl/almacenamientosustanciaspeligrosas.pdf>. [Consulta: 2008, Junio 02].

Parra, I. (2001). *Guía de tratamientos de aguas residuales*. Trabajo no publicado, Universidad de Carabobo, Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química. Venezuela.

Rodríguez, A., Letón, P. y Rosal, R. (2007). *Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales*. Informe de vigilancia tecnológica. Comunidad de Madrid. Madrid, España.

Salas, A. y Salazar M. (2001). *Diagnóstico ambiental como base para el establecimiento de un sistema de gestión ambiental*. Trabajo especial de grado. Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.

Terront, E. (2003). *Bases para establecer un sistema de gestión ambiental en el Laboratorio de Físicoquímica de la Escuela de Ingeniería Química*. Trabajo especial de grado. Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.



## APÉNDICE A

### CARACTERÍSTICAS DE LAS SUSTANCIAS ALMACENADAS EN LOS LABORATORIOS DE QUÍMICA ANALÍTICA Y QUÍMICA ORGÁNICA

La Organización de Naciones Unidas (ONU) ha asignado un número de cuatro dígitos para identificar los materiales peligrosos y ha establecido una clasificación de riesgos dividida en nueve grupos, algunos de los cuales se han subdividido de acuerdo al peligro que representan. Los números de clase y división tienen los siguientes significados:

#### **Clase 1: Explosivos**

- División 1.1 Explosivos con riesgo de explosión en masa.
- División 1.2 Explosivos con riesgo de proyección.
- División 1.3 Explosivos con riesgo predominante de incendio.
- División 1.4 Explosivos sin riesgo significativo de explosión.
- División 1.5 Explosivos muy insensibles, agentes explosivos.
- División 1.6 Materiales detonantes extremadamente insensibles.

#### **Clase 2: Gases**

- División 2.1 Gases inflamables.
- División 2.2 Gases comprimidos no inflamables, no tóxicos.
- División 2.3 Gases tóxicos por inhalación.
- División 2.4 Gases corrosivos.

#### **Clase 3: Líquidos inflamables**

#### **Clase 4: Sólidos inflamables, materiales espontáneamente combustibles y materiales peligrosos al humedecerse**

- División 4.1 Sólidos inflamables.
- División 4.2 Materiales espontáneamente combustibles.
- División 4.3 Materiales peligrosos al humedecerse.



**Clase 5: Oxidantes y peróxidos orgánicos**

División 5.1 Oxidantes.

División 5.2 Peróxidos orgánicos.

**Clase 6: Materiales tóxicos y sustancias infecciosas**

División 6.1 Materiales tóxicos.

División 6.2 Sustancias infecciosas.

**Clase 7: Materiales radioactivos**

**Clase 8: Materiales corrosivos**

**Clase 9: Materiales peligrosos misceláneos**

(Norma COVENIN 3060:2002)

**A.1. Características de los reactivos del laboratorio de química analítica (LQA)**

A continuación se presentan la clasificación de riesgos para los reactivos almacenados en el laboratorio de Química analítica de acuerdo a los grupos y divisiones establecidas por la Organización de Naciones Unidas.

	<b>CLASE 3. LÍQUIDOS INFLAMABLES</b>
---	--------------------------------------

Sustancia	Nº ONU	Características
Ácido acético (glacial)	2789	Inflamable, corrosivo
Acetona	1090	Inflamable, irritante
Amonio sulfuro	2683	Inflamable, corrosivo



Sustancia	Nº ONU	Características
Anhídrido acético	1715	Inflamable, nocivo, corrosivo
Butanol	1120	Nocivo, irritante, inflamable
Etanol	1170	Inflamable
Éter dietílico	1155	Inflamable, nocivo
Etilenglicol	1188	Tóxico, inflamable, nocivo
Etilo acetato	1173	Inflamable, irritante
n-Heptano	1206	Inflamable, nocivo, irritante, peligroso para el ambiente
Metanol	1230	Inflamable, tóxico
2-Propanol	1219	Inflamable, irritante
Xileno	1307	Inflamable, nocivo, irritante
Tetrahidrofurano	2056	Inflamable, irritante

**CLASE 4. SÓLIDOS INFLAMABLES, MATERIALES ESPONTÁNEAMENTE COMBUSTIBLES Y MATERIALES PELIGROSOS AL HUMEDECERSE**



**DIVISIÓN 4.1. SÓLIDOS INFLAMABLES**

Sustancia	Nº ONU	Características
Amonio dicromato	1439	Cancerígeno, peligroso para el ambiente, mutagénico, comburente, muy tóxico, irritante
2,4 Dinitrofenilhidracina	-----	Explosivo, nocivo, irritante

**CLASE 5. OXIDANTES Y PERÓXIDOS ORGÁNICOS****DIVISIÓN 5.1. OXIDANTES**

<b>Sustancia</b>	<b>Nº ONU</b>	<b>Características</b>
Amonio cromato	1479	Cancerígeno, peligroso para el ambiente
Amonio nitrato	1942	Comburente
Ácido perclórico	1873	Comburente, corrosivo
Aluminio nitrato	1438	Comburente, irritante
Bario nitrato	1446	Nocivo
Bismuto nitrato	1477	Comburente, nocivo
Cadmio nitrato		Peligroso para el ambiente, nocivo
Calcio hipoclorito	1748	Comburente, nocivo, corrosivo, peligroso para el medio ambiente
Calcio nitrato	1454	Comburente, irritante
Cobalto nitrato	1477	Nocivo, cancerígeno
Cobre nitrato		Peligroso para el ambiente, nocivo, irritante
Cromo (III) nitrato	2720	Comburente, irritante
Estroncio nitrato	1507	Comburente
Hierro (III) nitrato	1466	Comburente, irritante
Magnesio nitrato	1474	Comburente
Magnesio perclorato	1475	Comburente, irritante
Manganeso nitrato	3218	Comburente
Níquel nitrato	2725	Comburente, nocivo
Peróxido de hidrógeno	2014	Tóxico
Plomo nitrato	1469	Tóxico, peligroso para el ambiente
Plomo (IV) óxido	1872	Tóxico, nocivo, peligroso para el ambiente



Sustancia	Nº ONU	Características
Potasio biyodato	3085	Comburente, irritante
Potasio clorato	1485	Comburente, nocivo
Potasio nitrato	1486	Comburente
Potasio nitrito	1488	Tóxico, peligroso para el ambiente, comburente
Sodio perborato	1479	Irritante
Potasio perclorato	1489	Comburente, nocivo
Potasio permanganato	1490	Tóxico, peligroso para el ambiente, comburente
Potasio persulfato	1492	Comburente, nocivo, irritante
Potasio yodato	1479	Comburente, irritante
Sodio clorato	1495	Comburente, nocivo
Sodio nitrato	1498	Comburente, nocivo, irritante
Sodio nitrito	1500	Comburente, tóxico, peligroso para el ambiente
Sodio peróxido	1504	Comburente, corrosivo
Sodio yodato		Comburente, tóxico
Yodo pentóxido	1479	Comburente, irritante, tóxico
Zinc nitrato	1514	Comburente, irritante, nocivo

**CLASE 6. MATERIALES TÓXICOS Y SUSTANCIAS INFECCIOSAS**



**DIVISIÓN 6.1. MATERIALES TÓXICOS**

Sustancia	Nº ONU	Características
Ácido cloroacético	1751	Tóxico, peligroso para el ambiente, corrosivo



## Apéndices

Sustancia	Nº ONU	Características
Amonio fluoruro	2505	Tóxico
Amonio vanadato	2859	Tóxico, irritante
Arsénico cristal	1558	Tóxico
Atropina sulfato	1544	Muy tóxico
Bario cloruro	1564	Tóxico
Cadmio óxido	2570	Cancerígeno, tóxico
Cadmio sulfato	-----	Cancerígeno, tóxico, peligroso para el ambiente
Cobalto cloruro	3077	Cancerígeno, nocivo, peligroso para el ambiente
Cobalto sulfato		Cancerígeno, nocivo, peligroso para el ambiente
m-Cresol	2076	Tóxico, corrosivo
Difenilamina (indicador)		Tóxico, peligroso para el ambiente
Difenilbencidina	2811	Tóxico
1,4 Dinitrobenzeno	1597	Muy tóxico, peligroso para el ambiente
1,10 Fenantrolina	2811	Tóxico
Formaldehído	2209	Tóxico, cancerígeno, corrosivo
Mercurio	2809	Muy tóxico, peligroso para el ambiente
Mercurio bromuro	1634	Muy tóxico, peligroso para el ambiente
Mercurio (II) cloruro	1624	Muy tóxico, peligroso para el ambiente, corrosivo
Mercurio (II) nitrato	3289	Muy tóxico, peligroso para el ambiente
Mercurio (I) nitrato	1627	Muy tóxico, peligroso para el ambiente
Mercurio (II) óxido	1641	Muy tóxico, peligroso para el ambiente
Mercurio (II) sulfato	2922	Muy tóxico, peligroso para el ambiente
Mercurio tiocianato	1646	Muy tóxico, peligroso para el ambiente
Níquel cloruro	3288	Tóxico, peligroso para el ambiente
Plomo acetato	1616	Tóxico, nocivo, peligroso para el ambiente
Plomo borato	2291	Tóxico, nocivo, peligroso para el ambiente
Plomo carbonato	-----	Tóxico, nocivo, peligroso para el ambiente
Potasio cianuro	1680	Muy tóxico, peligroso para el ambiente
Plomo cloruro	-----	Tóxico, nocivo, peligroso para el ambiente
Plomo cromato	-----	Tóxico, nocivo, peligroso para el ambiente
Plomo (II) óxido	-----	Tóxico, nocivo, peligroso para el ambiente



Sustancia	Nº ONU	Características
Potasio cromato	3288	Cancerígeno, mutagénico, irritante, peligroso para el ambiente
Potasio dicromato	-----	Cancerígeno, mutagénico, irritante, peligroso para el ambiente
Potasio fluoruro	1812	Tóxico
Rojo congo		Cancerígeno, tóxico
Selenio dióxido	3283	Tóxico, peligroso para el ambiente
Sodio cromato	3077	Cancerígeno, mutagénico, irritante, peligroso para el ambiente
Sodio dicromato	3288	Cancerígeno, mutagénico, irritante
Sodio fluoruro	1690	Tóxico, irritante
Tetracloruro de carbono	1846	Tóxico, cancerígeno, peligroso para el ambiente
Vanadio pentóxido	3862	Tóxico, mutagénico, irritante, peligroso para el ambiente

	<b>CLASE 8. MATERIALES CORROSIVOS</b>
---	---------------------------------------

Sustancia	Nº ONU	Características
Ácido clorhídrico	1789	Corrosivo, tóxico
Ácido fórmico	1779	Corrosivo, tóxico
Ácido nítrico	2031	Corrosivo, tóxico
Ácido sulfúrico	1830	Corrosivo, tóxico
Ácido tricloroacético	1839	Corrosivo, peligroso para el ambiente
Aluminio cloruro	1726	Corrosivo
Bario hidróxido	2923	Nocivo, corrosivo
Circonio oxiclорuro	3260	Corrosivo
Cloramina T	3263	Corrosivo, nocivo
Cobre cloruro	2802	Peligroso para el ambiente, corrosivo



Sustancia	Nº ONU	Características
Cobre bromuro	1759	Corrosivo
Litio hidróxido	2680	Corrosivo, tóxico
Potasio bisulfato	2509	Corrosivo, tóxico
Potasio hidróxido	1814	Nocivo, corrosivo
Sodio hidróxido	1824	Corrosivo, tóxico
Sodio sulfuro	1849	Corrosivo, nocivo
Zinc cloruro	2331	Corrosivo, tóxico, peligroso para el ambiente

	<b>CLASE 9. MATERIALES PELIGROSOS MISCELÁNEOS</b>
--	---

Sustancia	Características
Ácido benzoico	Nocivo, irritante
Ácido bórico	Sustancias de peligro bajo a moderado
Ácido maleico	Nocivo, irritante
Ácido oleico	Combustible
Ácido oxálico	Nocivo, tóxico
Ácido rodizónico	Peligroso para el ambiente
Ácido salicílico	Nocivo, irritante
Ácido sórbico	Irritante
Ácido tartárico	Irritante
Alcohol bencílico	Nocivo, combustible
Almidón	Sustancias de peligro bajo a moderado
Aluminio hidróxido	Sustancias de peligro bajo a moderado
Amarillo de titanio	Sustancias de peligro bajo a moderado
Amonio acetato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Amonio benzoato	Nocivo
Amonio bromuro	Peligroso para el ambiente
Amonio carbonato	Nocivo



<b>Sustancia</b>	<b>Características</b>
Amonio citrato	Irritante
Amonio cloruro	Nocivo, irritante
Amonio dihidrógenofosfato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Amonio molibdato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Amonio oxalato	Nocivo
Amonio tiocianato	Nocivo
Amonio sulfato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Amonio yoduro	Nocivo
Amianto	Sustancias de peligro bajo a moderado
Aluminio sulfato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Antimonio trióxido	Cancerígeno
Azul de metileno	Nocivo
Azul de timol	Sustancias de peligro bajo a moderado
Bario acetato	Nocivo
Bario carbonato	Nocivo
Bario fluoruro	Nocivo
Bario sulfato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Boro	Nocivo
Cadmio acetato	Peligroso para el ambiente, nocivo
Cadmio carbonato	Peligroso para el ambiente, nocivo
Calcio carbonato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Calcio cloruro	Irritante
Calcio hidróxido	Irritante
Calcio sulfato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Cerio óxido	Sustancias de peligro bajo a moderado
Cobalto acetato	Peligroso para el ambiente, nocivo, cancerígeno
Cobre acetato	Peligroso para el ambiente, nocivo, irritante
Cobre óxido	Nocivo
Cobre polvo	Sustancias de peligro bajo a moderado
Cobre sulfato	Peligroso para el ambiente, nocivo, irritante
Cromo (III) óxido	Nocivo
Difenilcarbazona	Sustancias de peligro bajo a moderado
4-Dimetilamino benzaldehído	Sustancias de peligro bajo a moderado
Dimetiltereftalato	Sustancias de peligro bajo a moderado
EDTA sal disódica	Irritante, peligroso para el ambiente



<b>Sustancia</b>	<b>Características</b>
Estaño cloruro	Nocivo, irritante
Estaño metal granulado	Sustancias de peligro bajo a moderado
Estaño óxido	Sustancias de peligro bajo a moderado
Estroncio cloruro	Sustancias de peligro bajo a moderado
Fenoltaleína	Sustancias de peligro bajo a moderado
Glicerina	Sustancias de peligro bajo a moderado
Hierro (II) amonio sulfato	Nocivo
Hierro (III) amonio sulfato	Nocivo
Hierro (II) cloruro	Nocivo, irritante
Hierro (III) cloruro	Nocivo, irritante
Hierro (III) óxido	Sustancias de peligro bajo a moderado
Hierro (II) sulfato	Nocivo
Magnesio cloruro	Sustancias de peligro bajo a moderado
Magnesio hidróxido	Sustancias de peligro bajo a moderado
Magnesio óxido	Sustancias de peligro bajo a moderado
Magnesio sulfato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Manganeso acetato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Manganeso cloruro	Nocivo
Manganeso sulfato	Nocivo, peligroso para el ambiente
Murexida	Sustancias de peligro bajo a moderado
Negro de eriocromo T	Irritante, peligroso para el ambiente
Níquel bromuro	Irritante, nocivo
Níquel polvo	Cancerígeno
Níquel sulfato	Nocivo, peligroso para el ambiente, cancerígeno
Nitrón	Peligroso para el ambiente
Plata acetato	Nocivo
Plata nitrato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Plata sulfato	Irritante, nocivo
Potasio acetato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Potasio bicarbonato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Potasio bifosfato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Potasio bisulfito	Tóxico, irritante
Potasio bromuro	Tóxico
Potasio carbonato	Irritante
Potasio citrato	Sustancias de peligro bajo a moderado



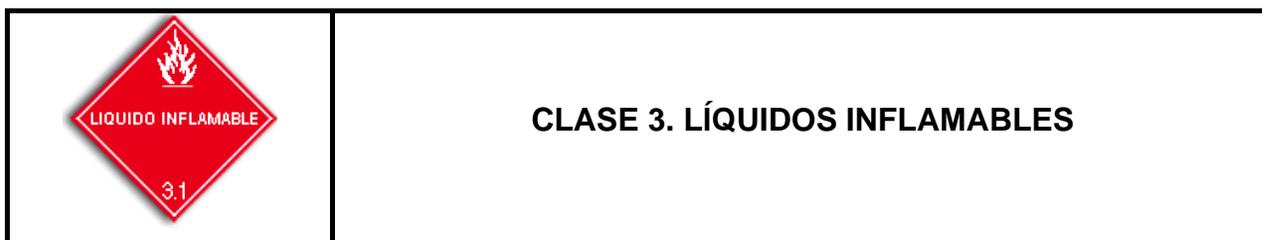
<b>Sustancia</b>	<b>Características</b>
Potasio cloruro	Sustancias de peligro bajo a moderado
Potasio ferricianuro	Sustancias de peligro bajo a moderado
Potasio ferrocianuro	Sustancias de peligro bajo a moderado
Potasio oxalato	Nocivo, tóxico
Potasio piro sulfato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Potasio sulfato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Potasio tiocianato	Nocivo
Potasio yoduro	Sustancias de peligro bajo a moderado
Rojo de metilo	Sustancias de peligro bajo a moderado
Sodio acetato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Sodio benzoato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Sodio bicarbonato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Sodio bismutato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Sodio bromuro	Tóxico
Sodio carbonato	Irritante
Sodio citrato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Sodio cloruro	Sustancias de peligro bajo a moderado
Sodio disulfito	Nocivo, irritante
Sodio fosfato	Irritante
Sodio fosfato ácido	Irritante
Sodio oxalato	Nocivo
Sodio sulfato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Sodio sulfito	Tóxico
Sodio tartrato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Sodio tiocianato	Nocivo
Sodio tiosulfato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Sodio molibdato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Timolftaleína	Tóxico
Titanio dióxido	Sustancias de peligro bajo a moderado
Urea	Sustancias de peligro bajo a moderado
Verde de malaquita	Nocivo
Yodo	Nocivo, peligroso para el ambiente
Zinc acetato	Nocivo, tóxico



Sustancia	Características
Zinc carbonato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Zinc granulado	Sustancias de peligro bajo a moderado
Zinc óxido	Peligroso para el ambiente
Zinc sulfato	Irritante, peligroso para el ambiente
Zinc sulfuro	Sustancias de peligro bajo a moderado
Zinc yoduro	Sustancias de peligro bajo a moderado

## A.2. Características de los reactivos del laboratorio de química orgánica (LQO)

A continuación se presentan la clasificación de riesgos para los reactivos almacenados en el laboratorio de Química Orgánica de acuerdo a los grupos establecidos por la Organización de Naciones Unidas.



Sustancia	Nº ONU	Características
Acetaldehído	1089	Inflamable, irritante y cancerígeno
Acetato de butilo	1123	Inflamable
Acetato de etilo	1173	Inflamable, irritante
Acetato de metilo	1231	Inflamable, irritante
Acetato de propilo	1276	Inflamable, irritante
Ácido acético	2789	Inflamable, corrosivo
Alcohol alílico	1098	Nocivo, irritante, peligroso para el ambiente
Alcohol amílico	1105	Nocivo
Anhídrido acético	1715	Inflamable, nocivo, corrosivo
Benceno	1114	Cancerígeno, tóxico



<b>Sustancia</b>	<b>Nº ONU</b>	<b>Características</b>
Butanol	1120	Irritante, nocivo
2-Butanol	-----	Irritante
Butanona	1193	Inflamable, irritante
Butiraldehído	1129	Inflamable
Ciclohexano	1145	Inflamable, irritante, nocivo, peligroso para el ambiente
Clorobenceno	1134	Inflamable, nocivo, peligroso para el ambiente
1,2 Dicloroetano	1184	Inflamable, nocivo, irritante, cancerígeno
Dietilamina	1154	Inflamable, nocivo, corrosivo
Dimetilamina	1160	Inflamable, corrosivo, tóxico
1,4 Dioxano	1165	Inflamable, irritante, cancerígeno
Etanol	1170	Inflamable
Éter etílico	1155	Inflamable, nocivo
Éter de petróleo	1268	Inflamable, nocivo, irritante, tóxico, peligroso para el ambiente
Heptanal	3056	Inflamable
Heptano	1206	Inflamable, irritante, nocivo, peligroso para el ambiente
n- Hexano	1208	Inflamable, irritante, nocivo, peligroso para el ambiente, tóxico
Isobutanol	1212	Irritante
Morfolina	2054	Inflamable, corrosivo, nocivo
Pentano	1265	Inflamable, irritante, nocivo, peligroso para el ambiente
3-Pentanona	1224	Inflamable, nocivo
Piridina	1282	Inflamable, nocivo
Propanol	1274	Irritante
Propanona	1090	Inflamable, irritante
Sulfuro de carbono	1131	Inflamable, irritante, tóxico
Terbutanol	-----	Irritante
Tolueno	1294	Nocivo
Xileno	1307	Nocivo, irritante



**CLASE 4. SÓLIDOS INFLAMABLES, MATERIALES ESPONTÁNEAMENTE  
COMBUSTIBLES Y MATERIALES PELIGROSOS AL HUMEDECERSE**



**DIVISIÓN 4.1. SÓLIDOS INFLAMABLES**

Sustancia	Nº ONU	Características
2,4 Dinitrofenilhidracina	-----	Sustancias sólidas inflamables explosivo, nocivo, irritante
Hidroxilamonio cloruro	-----	Nocivo, irritante, peligroso para el ambiente
Naftaleno	1334	Sustancia sólida inflamable, peligroso para el ambiente, nocivo



**DIVISIÓN 4.2. MATERIALES ESPONTÁNEAMENTE  
COMBUSTIBLES**

Sustancia	Nº ONU	Características
Magnesio metal	1418	Sustancias que autoinflamables inflamable



## CLASE 5. OXIDANTES Y PERÓXIDOS ORGÁNICOS



### DIVISIÓN 5.1. OXIDANTES

Sustancia	Nº ONU	Características
Ácido perclórico	1873	Sustancia que fomenta la inflamación
Aluminio nitrato	1438	Comburente, irritante
Amonio nitrato	1942	Sustancia que fomenta la inflamación
Bismuto nitrato	1477	Irritante
Calcio nitrato	1454	Comburente, irritante
Magnesio perclorato	1475	Comburente, irritante
Potasio bromato	1484	Cancerígeno, comburente, tóxico
Potasio permanganato	1490	Comburente, nocivo, peligroso para el medio ambiente
Potasio yodato	1479	Sustancia que fomenta la inflamación Comburente irritante
Sodio nitrato	1498	Comburente, nocivo, irritante
Sodio nitrito	1500	Comburente, tóxico, peligroso para el ambiente

**CLASE 6. MATERIALES TÓXICOS Y SUSTANCIAS INFECCIOSAS****DIVISIÓN 6.1. MATERIALES TÓXICOS**

<b>Sustancia</b>	<b>Nº ONU</b>	<b>Características</b>
Ácido monocloraacético	1751	Tóxico
Ácido fluorhídrico	1790	Sustancia no combustible tóxica
Bromo	1744	Muy tóxico, corrosivo, peligroso para el ambiente
Cloruro bario	1564	Tóxico
Cobalto cloruro		Cancerígeno, nocivo, peligroso para el ambiente
p-Cresol	2076	Tóxico, corrosivo
Difenilamina	3077	Tóxico, peligroso para el ambiente
Dimetilformamida	2265	Tóxico, nocivo, irritante
Fenol	1671	Tóxico, corrosivo
Formaldehído	2209	Tóxico, cancerígeno, corrosivo
Mercurio acetato	1629	Muy tóxico, peligroso para el medio ambiente
Mercurio cloruro	1624	Muy tóxico, peligroso para el medio ambiente, corrosivo
Mercurio (II) nitrato	1625	Muy tóxico, peligroso para el medio ambiente
Mercurio óxido amarillo	1641	Muy tóxico, peligroso para el medio ambiente
Mercurio óxido rojo	1641	Muy tóxico, peligroso para el medio ambiente



## Apéndices

Sustancia	Nº ONU	Características
Mercurio sólido	2809	Tóxico, peligroso para el medio ambiente
Mercurio sulfato	1645	Muy tóxico, peligroso para el medio ambiente
Mercurio (II) tiocianato	1646	Muy tóxico, peligroso para el medio ambiente
Nitrobenceno	1662	Tóxico, peligroso para el ambiente, cancerígeno
Óxido arsénico	1556	Peligroso para el ambiente, cancerígeno, nocivo
Pararosanilina		Cancerígeno
Potasio cianuro	1680	Muy tóxico, peligroso para el medio ambiente
Pentóxido de vanadio	2862	Irritante, tóxico, mutagénico, peligroso para el ambiente
Potasio cromato Potasio dicromato	3288	Cancerígeno, mutagénico, muy tóxico, irritante, peligroso para el medio ambiente
Potasio fluoruro	1812	Tóxico
Rojo congo		Cancerígeno, tóxico
Sodio dicromato	3288	Cancerígeno, mutagénico, muy tóxico, irritante, peligroso para el medio ambiente
Sodio cromato	3077	Cancerígeno, mutagénico, muy tóxico, irritante, peligroso para el medio ambiente
Sodio fluoruro	1690	Tóxico irritante
Tetracloruro de carbono	1846	Tóxico, cancerígeno, peligroso para el medio ambiente



	<b>CLASE 8. MATERIALES CORROSIVOS</b>
---	---------------------------------------

Sustancia	Nº ONU	Características
Ácido bromhídrico	1788	Corrosivo
Ácido clorhídrico	1789	Sustancia no combustible corrosiva
Ácido fórmico	1779	
Ácido fosfórico	1805	Sustancia no combustible corrosiva
Ácido nítrico	2031	Corrosivo
Ácido propiónico	1848	Sustancia no combustible corrosiva
Ácido sulfámico	2967	Corrosivo
Ácido sulfúrico	1830	Sustancia no combustible corrosiva
Ácido tricloroacético	1839	Corrosivo
Bario hidróxido	2923	Nocivo, corrosivo
Circonio oxiclورو	3260	Corrosivo
Cloramina T	3263	Nocivo, corrosivo
Cobre cloruro	2802	Peligroso para el ambiente, nocivo, irritante
Litio hidróxido	2680	Corrosivo
Monoetanolamina	2491	Nocivo, irritante, corrosivo
Nitrato plata	1760	Corrosivo, peligroso para el ambiente
Potasio hidróxido	1814	Sustancia no combustibles corrosivas
Sodio hidróxido	1824	Corrosivo
Titanio (III) cloruro	1789	Corrosivo
Zinc cloruro	2331	Corrosivo, peligroso para el ambiente



	<b>CLASE 9. MATERIALES PELIGROSOS MISCELÁNEOS</b>
--	---

<b>Sustancia</b>	<b>Características</b>
Acetanilida	Nocivo
Acetofenona	Nocivo, irritante
Ácido adípico	Irritante
Ácido benzoico	Nocivo, irritante
Ácido bórico	Sustancias de peligro bajo a moderado
Ácido cinámico	Sustancias de peligro bajo a moderado
Ácido esteárico	Sustancias de peligro bajo a moderado
Ácido etilendiaminotetraacético	Irritante, peligroso para el medio ambiente
Ácido oleico	Irritante
Ácido oxálico	Nocivo, irritante
Ácido sulfanílico	Irritante
Ácido succínico	Irritante
Ácido tartárico	Irritante
Alcohol polivinílico	Sustancias de peligro bajo a moderado
Aluminio óxido	Sustancias de peligro bajo a moderado
Aluminio sólido	Sustancias de peligro bajo a moderado
Amonio acetato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Amonio carbonato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Amonio cloruro	Nocivo, irritante
Amonio hierro(II) sulfato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Amonio hierro (III) sulfato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Amonio sulfato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Amonio tiocianato	Nocivo
Benzaldehído	Nocivo, irritante
Calcio carbonato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Calcio cloruro	Irritante
Calcio fosfato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Calcio hidróxido	Irritante
Carbón activado	Sustancias de peligro bajo a moderado



<b>Sustancia</b>	<b>Características</b>
Caseína	Sustancias de peligro bajo a moderado
Ciclohexanol	Nocivo, irritante
Cloroformo	Nocivo, irritante, cancerígeno
Cloruro férrico	Nocivo, irritante
Cobre acetato	Nocivo, irritante, peligroso para el ambiente
Cobre polvo	Sustancias de peligro bajo a moderado
Cobre sulfato	Peligroso para el medio ambiente
Cromo trióxido	Nocivo
Cuarzo	Sustancias de peligro bajo a moderado
Dicloro metano	Cancerígeno
Dietanolamina	Nocivo, irritante
Dietilenglicol	Nocivo
EDTA sal disódica	Irritante, peligroso para el ambiente
Estaño (II) cloruro	Nocivo, irritante
Estaño metálico	Sustancias de peligro bajo a moderado
Éter monobutílico del etilenglicol	Nocivo, irritante
Etilenglicol	Nocivo
Fenoltaleína	Sustancias de peligro bajo a moderado
Grafito	Sustancias de peligro bajo a moderado
Glicerina	Sustancias de peligro bajo a moderado
Goma arábica	Irritante
Heptanol	Combustible, irritante
Hexanol	Combustible, irritante
Hidroquinona	Nocivo, cancerígeno, irritante, mutagénico, peligroso para el ambiente
Hierro (II) cloruro	Nocivo, irritante
Hierro (III) óxido	Sustancias de peligro bajo a moderado
Hierro (II) sulfato	Nocivo
Lantano óxido	Sustancias de peligro bajo a moderado
Litio cloruro	Nocivo, irritante
Magnesio cloruro	Sustancias de peligro bajo a moderado
Magnesio sulfato	Sustancias de peligro bajo a moderado
1-Naftol	Nocivo, irritante
2-Naftol	Nocivo, peligroso para el medio ambiente
Negro de eriocromo T	Irritante, peligroso para el ambiente
Níquel sólido	Nocivo, cancerígeno
Níquel sulfato	Cancerígeno, nocivo, peligroso para el ambiente



<b>Sustancia</b>	<b>Características</b>
Octano	Irritante
Octanol	Combustible
Parafina	Sustancias de peligro bajo a moderado
Piedra pómez	Sustancias de peligro bajo a moderado
Pirogalol	Nocivo, peligroso para el ambiente, mutagénico
Plata sulfato	Irritante
Potasio aluminio sulfato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Potasio bisulfato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Potasio bromuro	Sustancias de peligro bajo a moderado
Potasio cloruro	Sustancias de peligro bajo a moderado
Potasio ferricianuro	Sustancias de peligro bajo a moderado
Potasio ferrocianuro	Sustancias de peligro bajo a moderado
Potasio fosfato	irritante
Potasio sulfato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Potasio yoduro	Sustancias de peligro bajo a moderado
Propilenglicol	Combustible
Rojo de fenol	Sustancias de peligro bajo a moderado
Rojo de metilo	Sustancias de peligro bajo a moderado
Salicilato de metilo	Nocivo, irritante
Silicio óxido	Sustancias de peligro bajo a moderado
Sodio acetato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Sodio bicarbonato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Sodio cloruro	Sustancias de peligro bajo a moderado
Sodio fosfato	Irritante
Sodio carbonato	Irritante
Sodio citrato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Sodio sulfato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Sodio sulfito	Sustancias de peligro bajo a moderado
Sodio tartrato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Sodio tetrafenilborato	Nocivo
Sodio tiosulfato	Sustancias de peligro bajo a moderado
Sulfanilamida	Sustancias de peligro bajo a moderado
Timolftaleína	Sustancias de peligro bajo a moderado
Titanio óxido	Sustancias de peligro bajo a moderado
Tiourea	Cancerígeno, nocivo, tóxico, peligroso para el ambiente
1,1,1 Tricloroetano	Nocivo, peligroso para el medio ambiente
Trietanolamina	Combustible
Trifenil fosfato	Peligroso para el ambiente



## Apéndices

<b>Sustancia</b>	<b>Características</b>
Verde de bromocresol	Sustancias de peligro bajo a moderado
Violeta cristal	Cancerígeno, nocivo, peligroso para el ambiente, Irritante
Yodo	Nocivo, peligroso para el ambiente
Zinc metálico	Sustancias de peligro bajo a moderado
Zinc óxido	Peligroso para el ambiente



## APÉNDICE B

### VARIABLES MEDIDAS DURANTE EL MUESTREO DE DESECHOS

A continuación se presentan las variables medidas durante el muestreo de desechos líquidos, gaseosos y sólidos.

#### B.1. Muestreo de desechos líquidos en el Laboratorio de Química Analítica

- Práctica 1. Identificación de cationes

Muestra: 1-A

Fecha: 15/05/2008

Hora	Volumen muestra simple ( $V \pm 10$ ) mL	Temperatura ( $T \pm 0,5$ ) °C
9:05 am	500	26,0
9:15 am	500	27,0
9:30 am	500	27,0
9:35 am	500	26,0
10:00 am	500	26,0
10:15 am	500	26,0
10:25 am	500	26,0
10:35 am	500	27,0
10:48 am	500	27,0

Temperatura ambiente: ( $28,0 \pm 0,5$ ) °C

Presión ambiente: ( $722,50 \pm 0,05$ ) mmHg

pH de la muestra: ( $5,30 \pm 0,01$ ) adim

Conductancia: ( $0,51 \pm 0,01$ ) mmho

Volumen total descargado: ( $360,0 \pm 0,5$ ) L



• Práctica 2. Identificación de aniones

Muestra: 2-A

Fecha: 22/05/2008

Hora	Volumen muestra simple (V ± 10) mL	Temperatura (T ± 0,5) °C
9:10 am	500	26,0
9:15 am	500	26,0
9:22 am	500	26,0
9:30 am	500	26,0
9:38 am	500	26,0
10:05 am	500	26,0
10:10 am	500	26,0
10:24 am	500	26,0
10:45 am	500	26,0
11:05 am	500	26,0

Temperatura ambiente:  $(27,5 \pm 0,5)$  °C

Presión ambiente:  $(722,10 \pm 0,05)$  mmHg

pH de la muestra:  $(3,41 \pm 0,01)$  adim

Conductancia:  $(0,49 \pm 0,01)$  mmho

Volumen total descargado:  $(400,0 \pm 0,5)$  L



• **Práctica 3. Identificación de sales**

**Muestra: 3-A**

**Fecha: 29/05/2008**

<b>Hora</b>	<b>Volumen muestra simple (V ± 10) mL</b>	<b>Temperatura (T ± 0,5) °C</b>
9:11 am	500	26,0
9:25 am	500	26,0
9:44 am	500	26,0
10:05 am	500	26,0
10:20 am	500	26,0
10:30 am	500	26,0
10:35 am	500	27,0
11:10 am	500	27,0
11:15 am	500	27,0

Temperatura ambiente:  $(28,0 \pm 0,5) \text{ }^{\circ}\text{C}$

Presión ambiente:  $(722,20 \pm 0,05) \text{ mmHg}$

pH de la muestra:  $(5,57 \pm 0,01) \text{ adim}$

Conductancia:  $(1,10 \pm 0,01) \text{ mmho}$

Volumen total descargado:  $(360,0 \pm 0,5) \text{ L}$



- **Práctica 4. Determinación de dureza del agua**

Muestra: 4-A

Fecha: 05/06/2008

Hora	Volumen muestra simple (V ± 10) mL	Temperatura (T ± 0,5) °C
9:30 am	500	26,0
9:35 am	500	26,0
9:55 am	500	27,0
10:10 am	500	27,0
10:35 am	500	27,0
10:40 am	500	27,0
10:45 am	500	27,0

Temperatura ambiente: (29,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (722,20 ± 0,05) mmHg

pH de la muestra: (7,98 ± 0,01) adim

Conductancia: (0,39 ± 0,01) mmho

Volumen total descargado: (280,0 ± 0,5) L

- **Prácticas 5, 6, 7 y 8. Análisis instrumental**

Muestra: 5-A

Fecha: 12/06/2008

Hora	Volumen muestra simple (V ± 10) mL	Temperatura (T ± 0,5) °C
10:40 am	1500	27,0
11:05 am	1500	27,0

Temperatura ambiente: (29,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (722,10 ± 0,05) mmHg

pH de la muestra: (2,92 ± 0,01) adim

Conductancia: (2,14 ± 0,01) mmho

Volumen total descargado: (80,0 ± 0,5) L

**B.2. Muestreo de desechos líquidos en el Laboratorio de Química Orgánica**

- **Práctica 1. Identificación de compuestos orgánicos**

**Muestra: 1-O****Fecha: 20/05/2008**

<b>Hora</b>	<b>Volumen muestra simple (V ± 10) mL</b>	<b>Temperatura (T ± 0,5) °C</b>
10:30 am	1500	26,0
10:35 am	1500	26,0

Temperatura ambiente: (28,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (722,15 ± 0,05) mmHg

pH de la muestra: (2,48 ± 0,01) adim

Conductancia: (7,44 ± 0,01) mmho

Volumen total descargado: (80,0 ± 0,5) L

- **Práctica 2. Preparación y propiedades de hidrocarburos**

**Muestra: 2-O****Fecha: 27/05/2008**

<b>Hora</b>	<b>Volumen muestra simple (V ± 10) mL</b>	<b>Temperatura (T ± 0,5) °C</b>
10:50 am	1500	26,0
10:56 am	1500	26,0
11:05 am	1500	26,0

Temperatura ambiente: (28,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (722,10 ± 0,05) mmHg

pH de la muestra: (5,16 ± 0,01) adim

Conductancia: (1,10 ± 0,01) mmho

Volumen total descargado: (120,0 ± 0,5) L



- **Práctica 3. Preparación de producto de condensación**

Muestra: 3-O

Fecha: 03/06/2008

Hora	Volumen muestra simple (V ± 10) mL	Temperatura (T ± 0,5) °C
11:15 am	1500	27,5
11:35 am	1500	27,5

Temperatura ambiente: (29,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (722,10 ± 0,05) mmHg

pH de la muestra: (8,95 ± 0,01) adim

Conductancia: (1,69 ± 0,01) mmho

Volumen total descargado: (80,0 ± 0,5) L

- **Práctica 4. Preparación y propiedades de un colorante**

Muestra: 4-O

Fecha: 10/06/2008

Hora	Volumen muestra simple (V ± 10) mL	Temperatura (T ± 0,5) °C
10:05 am	1500	27,0
10:20 am	1500	27,0
10:30 am	1500	27,0

Temperatura ambiente: (28,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (722,20 ± 0,05) mmHg

pH de la muestra: (5,75 ± 0,01) adim

Conductancia: (1,59 ± 0,01) mmho

Volumen total descargado: (120,0 ± 0,5) L



- **Práctica 5. Preparación de ésteres de interés industrial**

Muestra: 5-O

Fecha: 17/06/2008

Hora	Volumen muestra simple (V ± 10) mL	Temperatura (T ± 0,5) °C
10:45 am	1500	27,0
11:10 am	1500	27,0

Temperatura ambiente: (28,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (722,20 ± 0,05) mmHg

pH de la muestra: (3,76 ± 0,01) adim

Conductancia: (0,56 ± 0,01) mmho

Volumen total descargado: (80,0 ± 0,5) L

- **Práctica 6. Obtención y propiedades de grasas, aceites y jabones**

Muestra: 6-O

Fecha: 26/06/2008

Hora	Volumen muestra simple (V ± 10) mL	Temperatura (T ± 0,5) °C
10:20 am	1500	26,0
10:35 am	1500	26,0

Temperatura ambiente: (29,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (723,10 ± 0,05) mmHg

pH de la muestra: (8,90 ± 0,01) adim

Conductancia: (1,70 ± 0,01) mmho

Volumen total descargado: (80,0 ± 0,5) L



- **Práctica 7. Oxidación de compuestos orgánicos**

Muestra: 7-O

Fecha: 01/07/2008

Hora	Volumen muestra simple (V ± 10) mL	Temperatura (T ± 0,5) °C
10:30 am	1500	26,0
10:45 am	1500	26,0

Temperatura ambiente: (28,5 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (722,90 ± 0,05) mmHg

pH de la muestra: (3,29 ± 0,01) adim

Conductancia: (0,96 ± 0,01) mmho

Volumen total descargado: (80,0 ± 0,5) L

- **Práctica 8. Polímeros de adición y condensación**

Muestra: 8-O

Fecha: 08/07/2008

Hora	Volumen muestra simple (V ± 10) mL	Temperatura (T ± 0,5) °C
10:45 am	1500	26,0
11:10 am	1500	26,0

Temperatura ambiente: (28,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (722,50 ± 0,05) mmHg

pH de la muestra: (5,56 ± 0,01) adim

Conductancia: (0,89 ± 0,01) mmho

Volumen total descargado: (80,0 ± 0,5) L



**B.3. Desechos sólidos peligrosos recolectados en el Laboratorio de Química Analítica**

Práctica	Semana	Masa de sólidos peligrosos por práctica (m <sub>s</sub> ± 0,0001) kg		
1	12/05-16/05	0,5387	0,3956	0,4121
2	19/05-23/05	0,5027	0,5845	0,6168
3	26/05-30/05	0,4128	0,4585	0,5079
4	02/06-06/06	0,5127	0,5891	0,4457
5	09/06-13/06	0,5520	0,5179	0,5712

**B.4. Desechos sólidos peligrosos recolectados en el Laboratorio de Química Orgánica**

Práctica	Semana	Masa de sólidos peligrosos por práctica (m <sub>s</sub> ± 0,0001) kg		
1	19/05-23/05	0,4198	0,4221	0,5897
2	26/05-30/05	0,7455	0,8251	0,6512
3	02/06-06/06	0,5326	0,4982	0,5987
4	09/06-13/06	0,2866	0,3147	0,5230
5	16/06-20/06	0,6278	0,7099	0,6357
6	23/06-27/06	0,5033	0,5651	0,6318
7	30/06-04/07	0,4554	0,6386	0,5668
8	07/07-11/07	0,6012	0,5829	0,4402



## APÉNDICE C

### TABLAS BIBLIOGRÁFICAS

**Tabla C.1. Tamaño de la muestra para una población según diferentes niveles de error con 95% como nivel de confianza (Méndez, 2002)**

N / n	Error 0,03	Error 0,035	Error 0,04	Error 0,045	Error 0,05	Error 0,055	Error 0,06
50	48	47	46	45	44	43	42
100	92	89	86	83	80	76	73
150	132	126	120	114	108	102	96
200	169	160	150	141	132	123	115
250	203	190	177	164	152	140	129
300	234	217	200	184	169	154	141
350	264	242	221	202	183	167	152
400	291	265	240	217	196	177	160
450	317	286	257	231	207	186	168
500	341	306	273	244	217	194	174
550	363	323	287	255	226	202	180
600	384	340	300	265	234	208	185
650	404	356	312	274	242	214	189
700	423	370	323	283	248	219	193
750	441	384	334	291	254	223	197
800	457	396	343	298	260	227	200
850	473	408	352	305	265	231	203
900	488	419	360	311	269	235	206
950	503	430	368	317	274	238	208
1000	516	440	375	322	278	241	211
1050	529	449	382	327	281	244	213
1100	542	458	389	332	285	247	215
1150	554	466	395	336	288	249	217
1200	565	474	400	340	291	251	218
1250	576	482	406	344	294	253	220
1300	586	489	411	348	297	255	221
1350	596	496	416	351	299	257	223
1400	606	503	420	354	302	259	224
1450	615	509	425	358	304	261	225
1500	624	515	429	361	306	262	227
1550	632	521	433	363	308	264	228
1600	640	526	437	366	310	265	229
1650	648	532	440	369	312	266	230
1700	656	537	444	371	314	268	231
1750	663	542	447	373	315	269	232
1800	670	546	450	376	317	270	232
1850	677	551	453	378	318	271	233
1900	684	555	456	380	320	272	234
1950	690	559	459	382	321	273	235
2000	696	563	462	384	322	274	235
2050	702	567	464	385	324	275	236
2100	708	571	467	387	325	276	237
2150	713	575	469	389	326	277	237
2200	719	578	472	390	327	278	238
2250	724	582	474	392	328	278	239
2300	729	585	476	393	329	279	239
2350	734	588	478	395	330	280	240
2400	739	591	480	396	331	280	240
2450	744	594	482	397	332	281	241
2500	748	597	484	399	333	282	241
2550	753	600	486	400	334	282	242
2600	757	603	488	401	335	283	242
2650	761	605	490	402	336	284	242
2700	765	608	491	404	336	284	243
2750	769	610	493	405	337	285	243
2800	773	613	494	406	338	285	244
2850	777	615	496	407	339	286	244
2900	780	617	497	408	339	286	244
2950	784	620	499	409	340	287	245
3000	787	622	500	410	341	287	245

Fuente: Cálculos del doctor Orlando Moscote, profesor de Estadística, Facultad de Altos Estudios de Administración y Negocios, FAEN, Universidad del Rosario.



## APÉNDICE D

### FORMATO Y ESTADÍSTICAS DE LA ENCUESTA

A continuación se presenta el formato de la encuesta y su validación, así como las estadísticas obtenidas luego de su aplicación.

#### D. 1. Formato de la encuesta aplicada

UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

#### ENCUESTA

Buenos días (tardes):

A continuación se presenta un cuestionario orientado a identificar el grado de conocimiento que tienen profesores, estudiantes, personal administrativo y obrero de la Facultad de Ingeniería acerca de la situación ambiental de los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica; necesaria para el desarrollo de los objetivos del trabajo de grado titulado: "Propuesta para el mejoramiento de la situación ambiental de los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo". Sus respuestas serán confidenciales y anónimas.

- Ocupación: ( ) Profesor ( ) Estudiante ( ) Personal administrativo ( ) Personal obrero
- Sexo: ( ) F ( ) M
- Fecha: \_\_\_\_\_

1. ¿Conoce las instalaciones del Laboratorio de Química Analítica, (LQA)?  
Si ( ) No ( )
2. ¿Conoce las instalaciones del Laboratorio de Química Orgánica, (LQO)?  
Si ( ) No ( )



3. ¿Conoce la toxicología y riesgo ambiental asociado a los reactivos de las prácticas de los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica?
- Si ( ) No ( )
4. ¿Los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica utilizan reactivos químicos capaces de producir daños a la salud y al ambiente?
- Si ( ) No ( )
5. ¿Las prácticas realizadas en los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica generan sustancias peligrosas que requieren en su mayoría condiciones especiales para su almacenamiento, manipulación y disposición final?
- Si ( ) No ( )
6. ¿Está informado acerca de las medidas de seguridad para la manipulación de las sustancias químicas que se utilizan en los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica?
- Si ( ) No ( )
7. ¿Conoce Ud. la disposición final que se le da a los desechos provenientes de las actividades de los laboratorios?
- Si ( ) No ( )
8. ¿Existe un plan de gestión de desechos en los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica?
- Si ( ) No ( )
9. Durante su permanencia en los laboratorios o áreas cercanas ¿ha sentido que su salud ha resultado perjudicada?
- Si ( ) No ( )
- Si su respuesta es "Si", ¿en qué forma?
- ( ) Dolores de cabeza ( ) Mareos ( ) Problemas respiratorios ( ) Otros
10. ¿Considera necesario el estudio de la situación ambiental de los laboratorios?
- Si ( ) No ( )
11. ¿Considera necesaria la propuesta e implementación de un plan de mejoras en cuanto al manejo y disposición de materiales y desechos peligrosos en los laboratorios?
- Si ( ) No ( )

MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!

**D. 2. Estadísticas obtenidas de la encuesta aplicada para cada estrato****D.2.1. Profesores de la Escuela de Ingeniería Química****Tabla D.1. Estadística obtenida de las encuestas aplicadas a los profesores**

Renglón	Si		No	
	Número de encuestados	Porcentaje (%)	Número de encuestados	Porcentaje (%)
1. ¿Conoce las instalaciones del Laboratorio de Química Analítica, (LQA)?	17	94,4	1	5,6
2. ¿Conoce las instalaciones del Laboratorio de Química Orgánica, (LQO)?	16	88,9	2	11,1
3. ¿Conoce la toxicología y riesgo ambiental asociado a los reactivos de las prácticas de los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica?	16	88,9	2	11,1
4. ¿Los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica utilizan reactivos químicos capaces de producir daños a la salud y al ambiente?	18	100,0	0	0,0
5. ¿Las prácticas realizadas en los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica generan sustancias peligrosas que requieren en su mayoría condiciones especiales para su almacenamiento, manipulación y disposición final?	18	100,0	0	0,0
6. ¿Está informado acerca de las medidas de seguridad para la manipulación de las sustancias químicas que se utilizan en los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica?	18	100,0	0	0,0
7. ¿Conoce Ud. la disposición final que se le da a los desechos provenientes de las actividades de los laboratorios?	6	33,3	12	66,7

**Tabla D.1. Estadística obtenida de las encuestas aplicadas a los profesores (continuación)**

Renglón	Si		No	
	Número de encuestados	Porcentaje (%)	Número de encuestados	Porcentaje (%)
8. ¿Existe un plan de gestión de desechos en los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica?	0	0,0	18	100,0
9. Durante su permanencia en los laboratorios o áreas cercanas ¿ha sentido que su salud ha resultado perjudicada?	5	27,8	13	72,2
10. ¿Considera necesario el estudio de la situación ambiental de los laboratorios?	18	100,0	0	0,0
11. ¿Considera necesaria la propuesta e implementación de un plan de mejoras en cuanto al manejo y disposición de materiales y desechos peligrosos en los laboratorios?	18	100,0	0	0,0

**D.2.2. Estudiantes de la Escuela de Ingeniería Química****Tabla D.2. Estadística obtenida de las encuestas aplicadas a los estudiantes**

Renglón	Si		No	
	Número de encuestados	Porcentaje (%)	Número de encuestados	Porcentaje (%)
1. ¿Conoce las instalaciones del Laboratorio de Química Analítica, (LQA)?	300	92,3	25	7,7
2. ¿Conoce las instalaciones del Laboratorio de Química Orgánica, (LQO)?	287	88,3	38	11,7
3. ¿Conoce la toxicología y riesgo ambiental asociado a los reactivos de las prácticas de los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica?	182	56,0	143	44,0

**Tabla D.2. Estadística obtenida de las encuestas aplicadas a los estudiantes (continuación)**

Renglón	Si		No	
	Número de encuestados	Porcentaje (%)	Número de encuestados	Porcentaje (%)
4. ¿Los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica utilizan reactivos químicos capaces de producir daños a la salud y al ambiente?	296	91,0	29	9,0
5. ¿Las prácticas realizadas en los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica generan sustancias peligrosas que requieren en su mayoría condiciones especiales para su almacenamiento, manipulación y disposición final?	237	72,9	88	27,1
6. ¿Está informado acerca de las medidas de seguridad para la manipulación de las sustancias químicas que se utilizan en los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica?	59	18,2	266	81,8
7. ¿Conoce Ud. la disposición final que se le da a los desechos provenientes de las actividades de los laboratorios?	0	0,0	325	100,0
8. ¿Existe un plan de gestión de desechos en los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica?	0	0,0	325	100,0
9. Durante su permanencia en los laboratorios o áreas cercanas ¿ha sentido que su salud ha resultado perjudicada?	176	54,2	149	45,8
10. ¿Considera necesario el estudio de la situación ambiental de los laboratorios?	325	100,0	0	0,0
11. ¿Considera necesaria la propuesta e implementación de un plan de mejoras en cuanto al manejo y disposición de materiales y desechos peligrosos en los laboratorios?	325	100,0	0	0,0

**D.2.3. Personal administrativo****Tabla D.3. Estadística obtenida de las encuestas aplicadas al personal administrativo**

Renglón	Si		No	
	Número de encuestados	Porcentaje (%)	Número de encuestados	Porcentaje (%)
1. ¿Conoce las instalaciones del Laboratorio de Química Analítica, (LQA)?	87	65,9	45	34,1
2. ¿Conoce las instalaciones del Laboratorio de Química Orgánica, (LQO)?	69	52,3	63	47,7
3. ¿Conoce la toxicología y riesgo ambiental asociado a los reactivos de las prácticas de los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica?	22	16,7	110	83,3
4. ¿Los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica utilizan reactivos químicos capaces de producir daños a la salud y al ambiente?	75	56,8	57	43,2
5. ¿Las prácticas realizadas en los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica generan sustancias peligrosas que requieren en su mayoría condiciones especiales para su almacenamiento, manipulación y disposición final?	75	56,8	57	43,2
6. ¿Está informado acerca de las medidas de seguridad para la manipulación de las sustancias químicas que se utilizan en los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica?	21	15,9	111	84,1
7. ¿Conoce Ud. la disposición final que se le da a los desechos provenientes de las actividades de los laboratorios?	3	2,3	129	97,7

**Tabla D.3. Estadística obtenida de las encuestas aplicadas al personal administrativo (continuación)**

Renglón	Si		No	
	Número de encuestados	Porcentaje (%)	Número de encuestados	Porcentaje (%)
8. ¿Existe un plan de gestión de desechos en los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica?	0	0,0	132	100,0
9. Durante su permanencia en los laboratorios o áreas cercanas ¿ha sentido que su salud ha resultado perjudicada?	16	12,1	116	87,9
10. ¿Considera necesario el estudio de la situación ambiental de los laboratorios?	132	100,0	0	0,0
11. ¿Considera necesaria la propuesta e implementación de un plan de mejoras en cuanto al manejo y disposición de materiales y desechos peligrosos en los laboratorios?	132	100,0	0	0,0

**D.2.4. Personal obrero****Tabla D.4. Estadística obtenida de las encuestas aplicadas al personal obrero**

Renglón	Si		No	
	Número de encuestados	Porcentaje (%)	Número de encuestados	Porcentaje (%)
1. ¿Conoce las instalaciones del Laboratorio de Química Analítica, (LQA)?	24	54,5	20	45,5
2. ¿Conoce las instalaciones del Laboratorio de Química Orgánica, (LQO)?	26	59,1	18	40,9
3. ¿Conoce la toxicología y riesgo ambiental asociado a los reactivos de las prácticas de los laboratorios de Química Analítica y Orgánica?	0	0,0	44	100,0

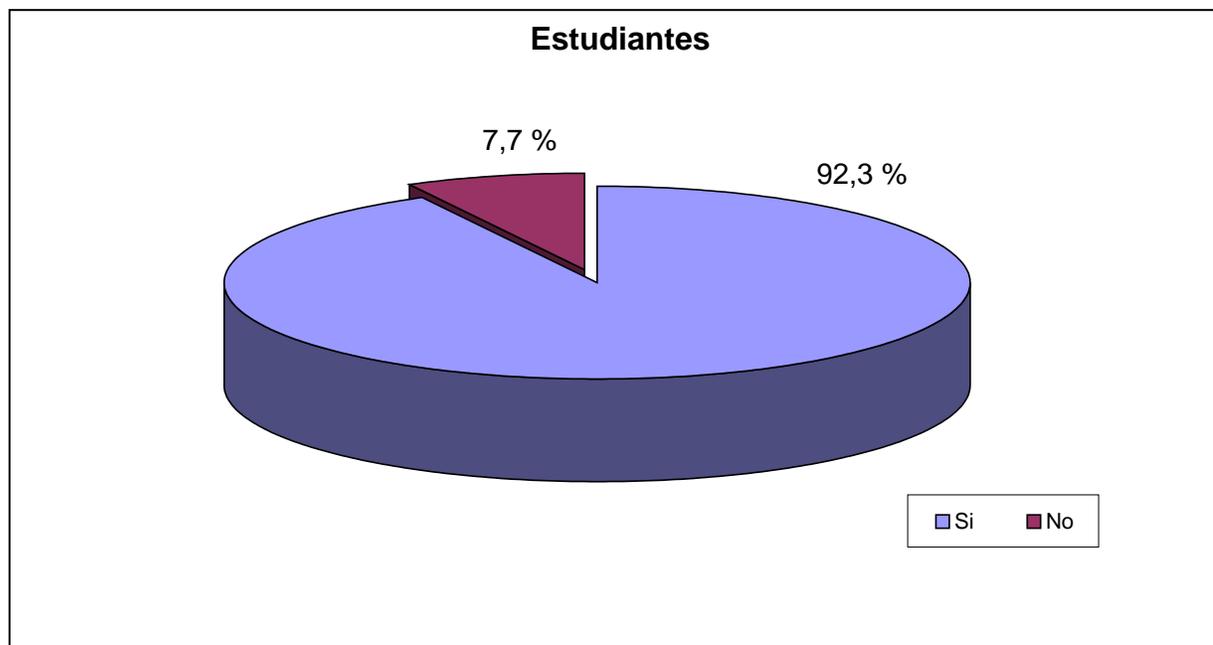
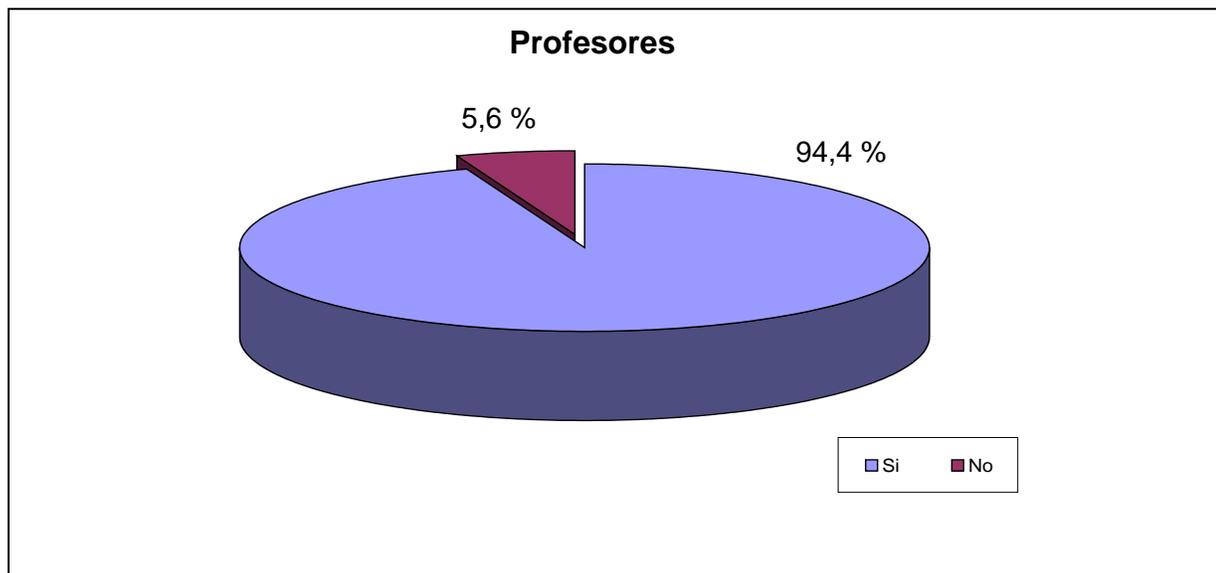


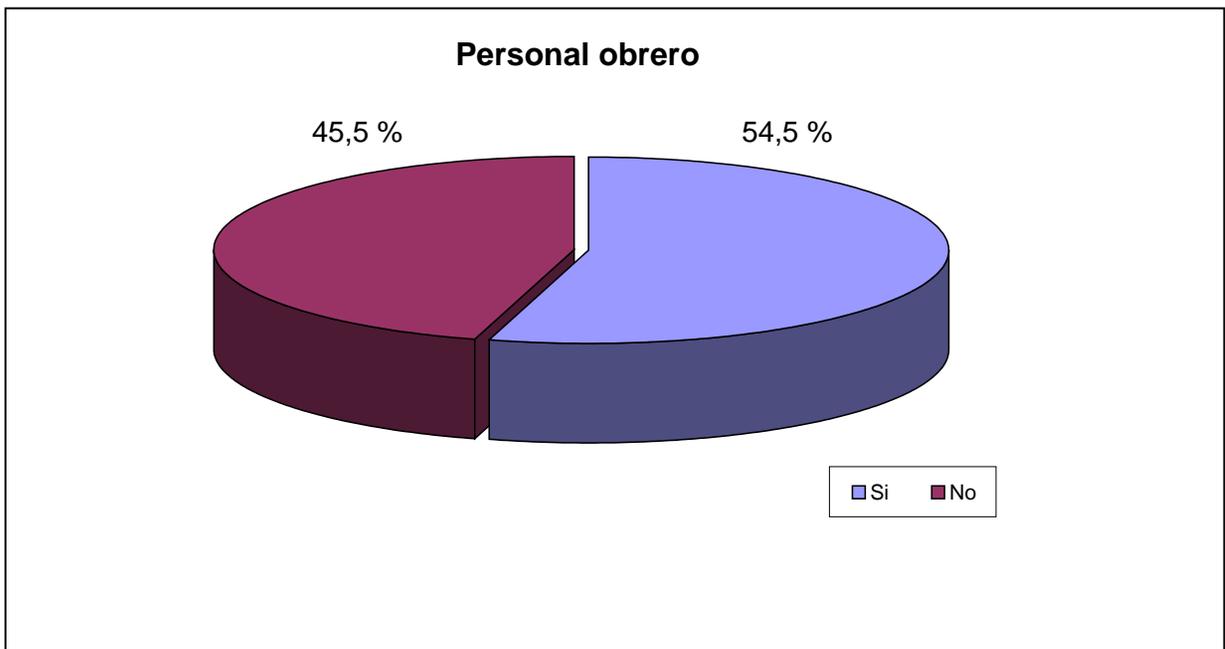
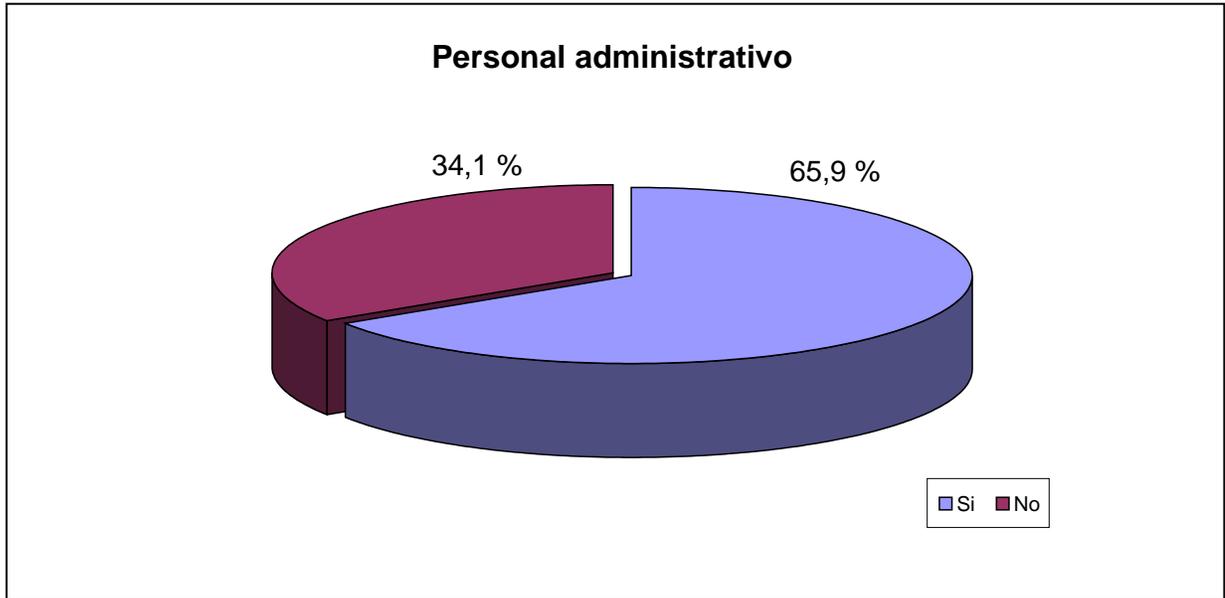
Tabla D.4. Estadística obtenida de las encuestas aplicadas al personal obrero

Renglón	Si		No	
	Número de encuestados	Porcentaje (%)	Número de encuestados	Porcentaje (%)
4. ¿Los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica utilizan reactivos químicos capaces de producir daños a la salud y al ambiente?	0	0,0	44	100,0
5. ¿Las prácticas realizadas en los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica generan sustancias peligrosas que requieren en su mayoría condiciones especiales para su almacenamiento, manipulación y disposición final?	0	0,0	44	100,0
6. ¿Está informado acerca de las medidas de seguridad para la manipulación de las sustancias químicas que se utilizan en los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica?	0	0,0	44	100,0
7. ¿Conoce Ud. la disposición final que se le da a los desechos provenientes de las actividades de los laboratorios?	0	0,0	44	100,0
8. ¿Existe un plan de gestión de desechos en los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica?	0	0,0	44	100,0
9. Durante su permanencia en los laboratorios o áreas cercanas ¿ha sentido que su salud ha resultado perjudicada?	0	0,0	44	100,0
10. ¿Considera necesario el estudio de la situación ambiental de los laboratorios?	44	100,0	0	0,0
11. ¿Considera necesaria la propuesta e implementación de un plan de mejoras en cuanto al manejo y disposición de materiales y desechos peligrosos en los laboratorios?	44	100,0	0	0,0



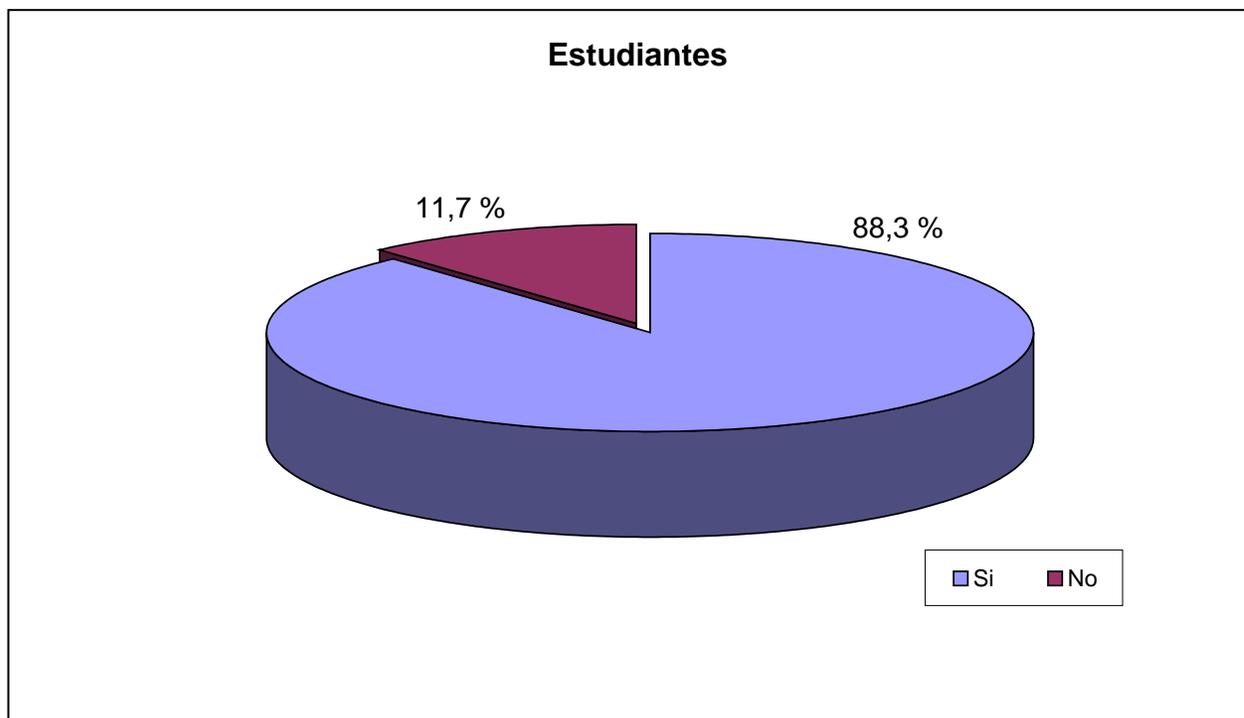
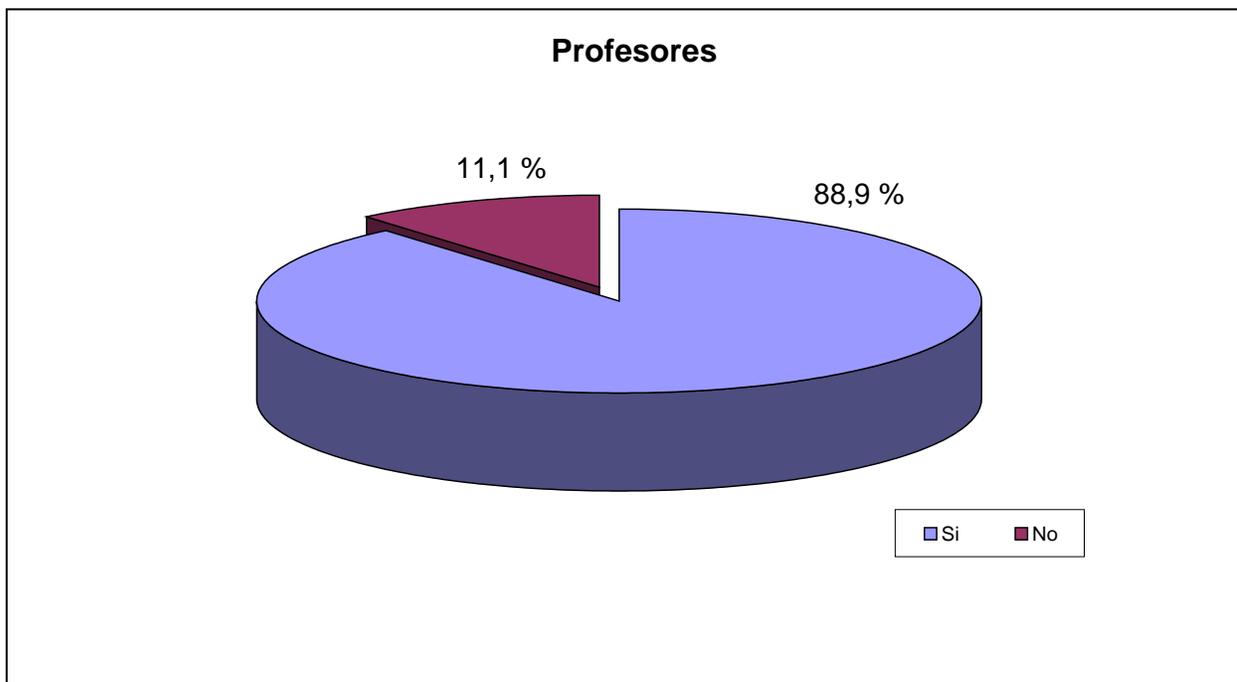
1. ¿Conoce las instalaciones del Laboratorio de Química Analítica, (LQA)?

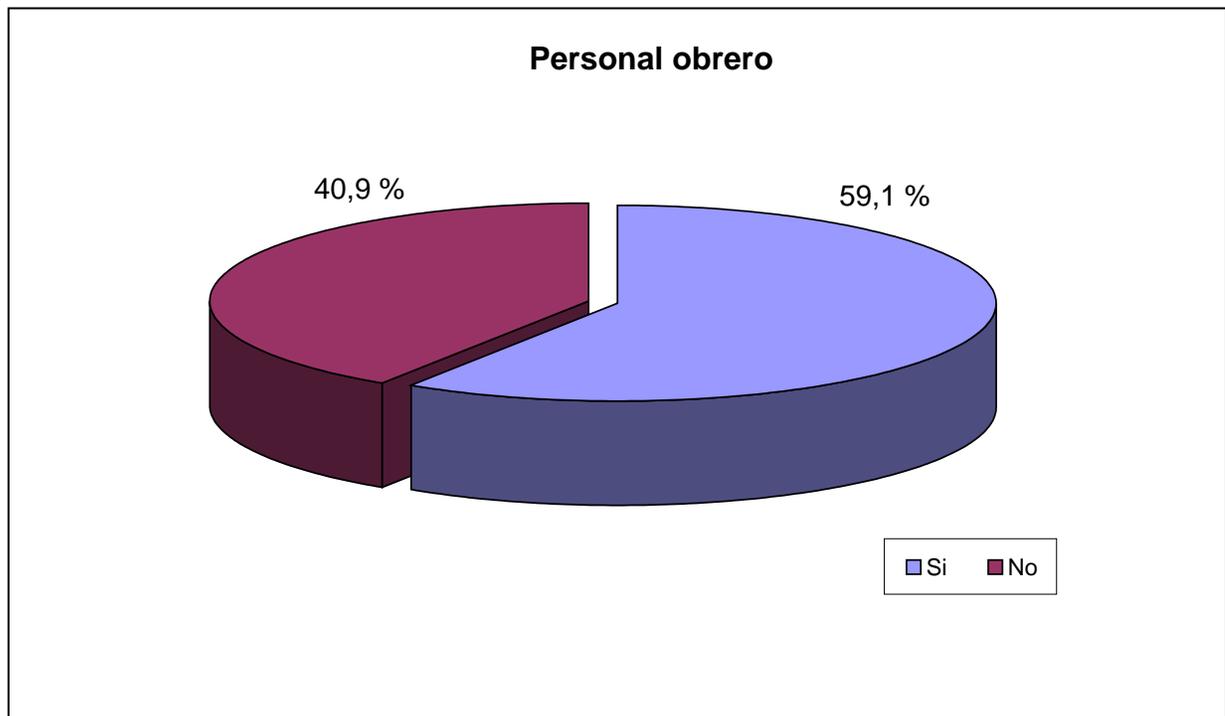
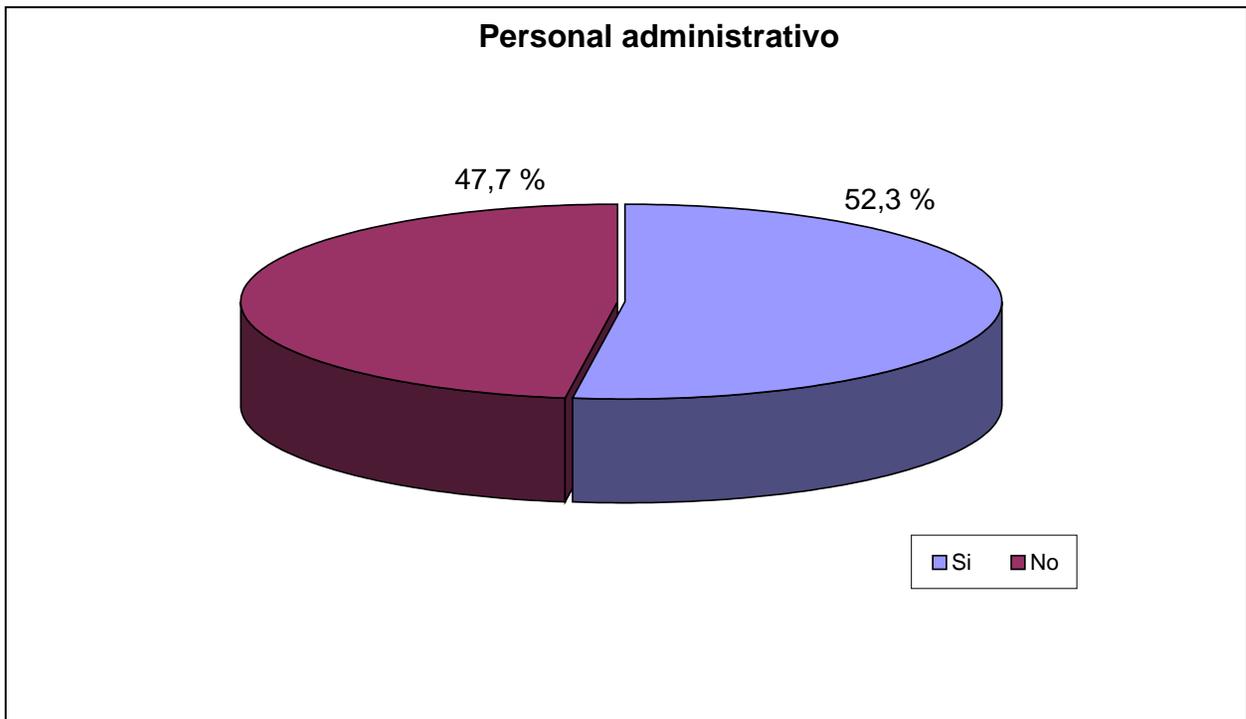






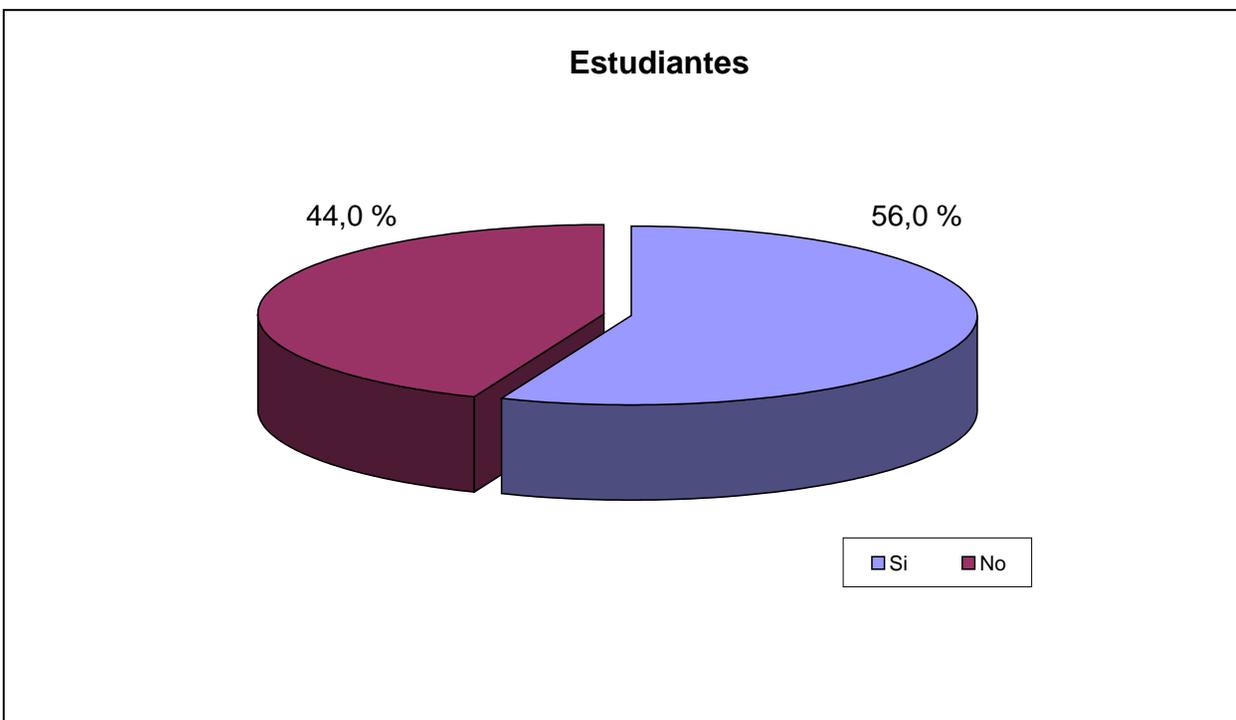
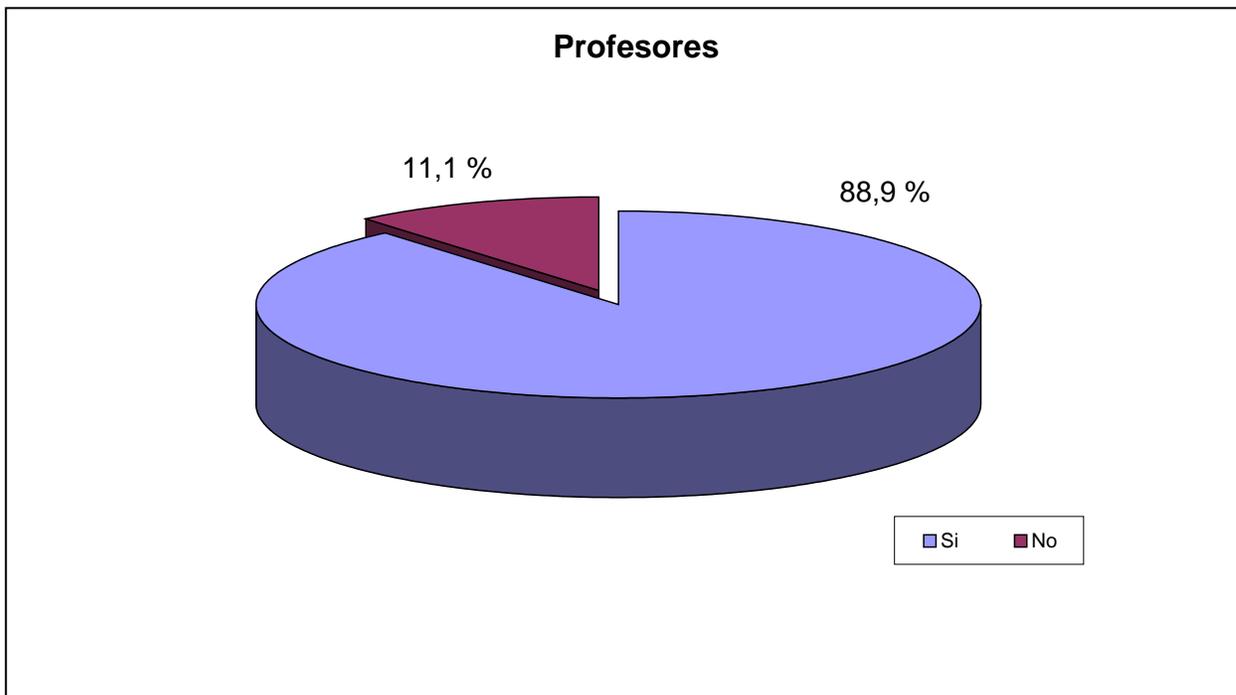
2. ¿Conoce las instalaciones del Laboratorio de Química Orgánica, (LQO)?





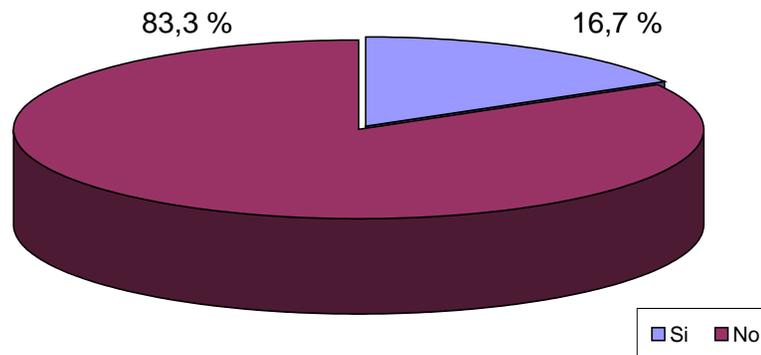


3. ¿Conoce la toxicología y riesgo ambiental asociado a los reactivos de las prácticas de los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica?

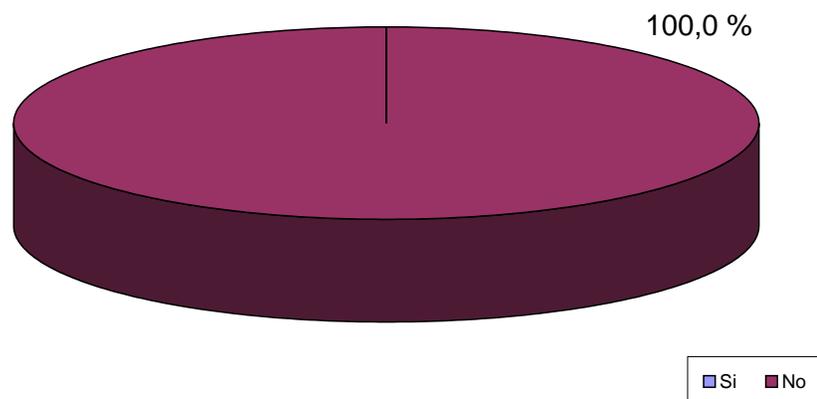




### Personal administrativo

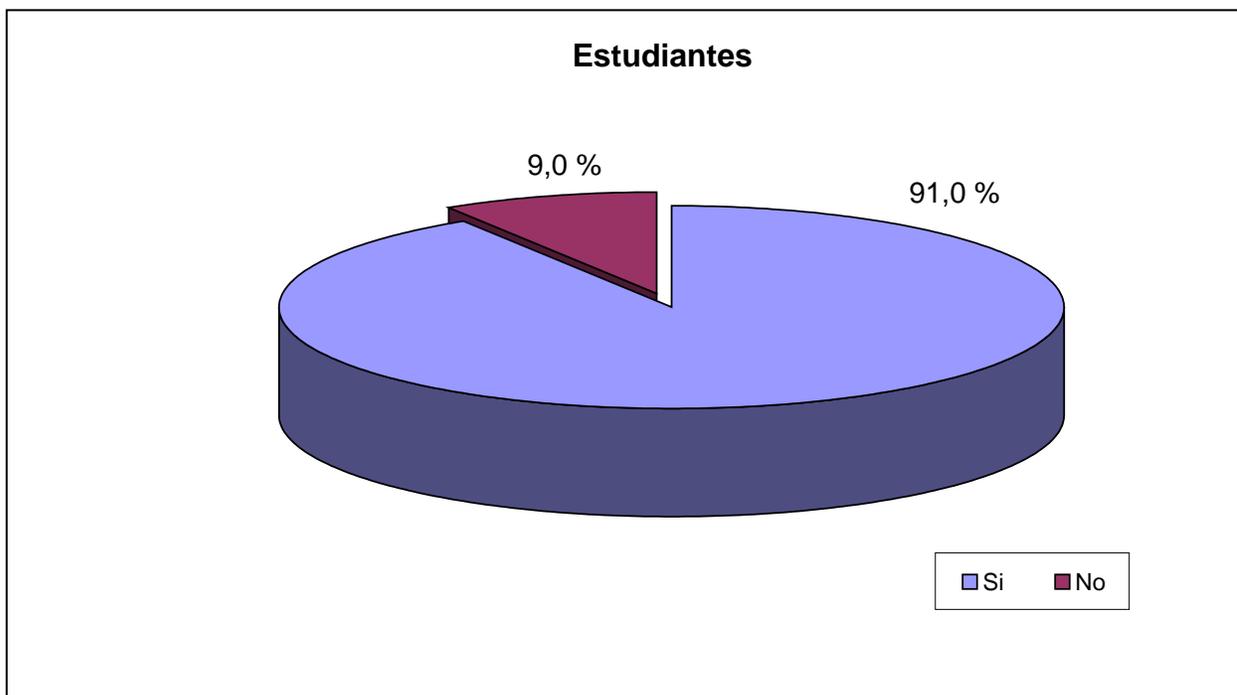
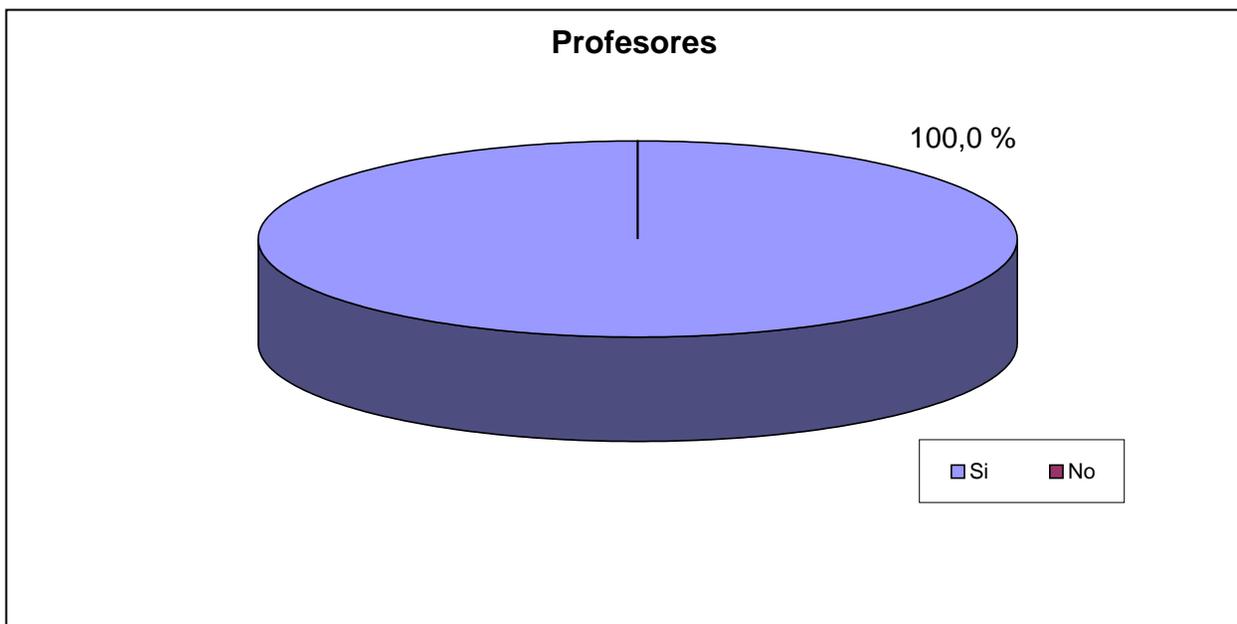


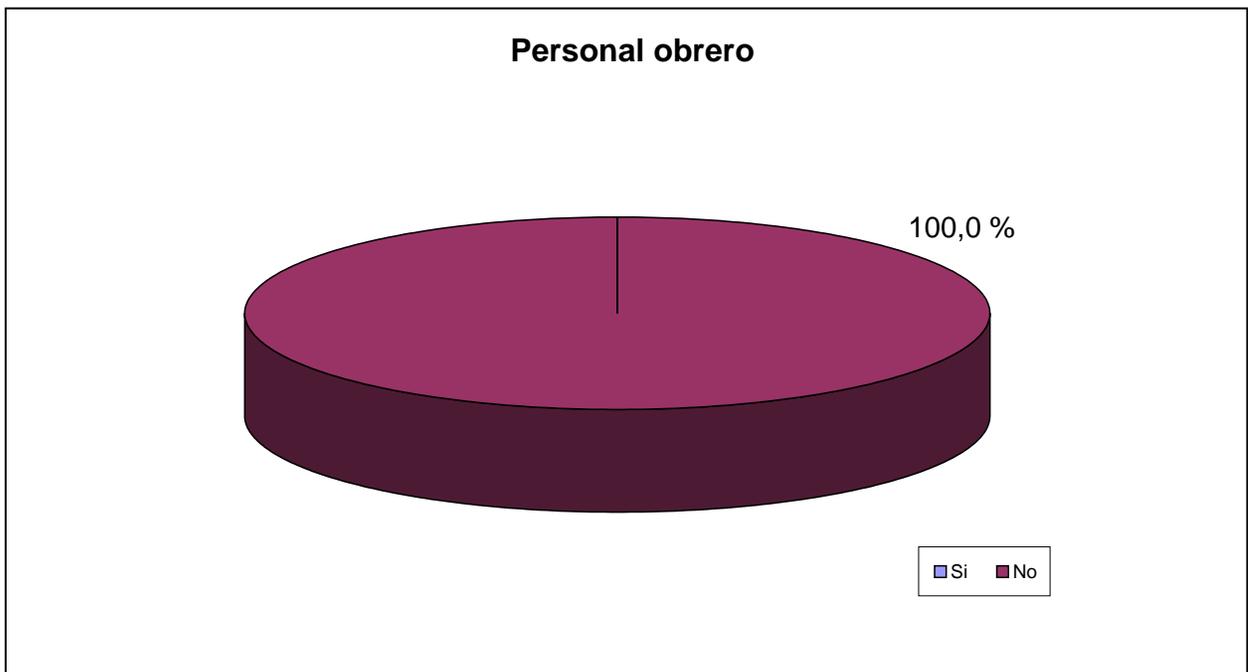
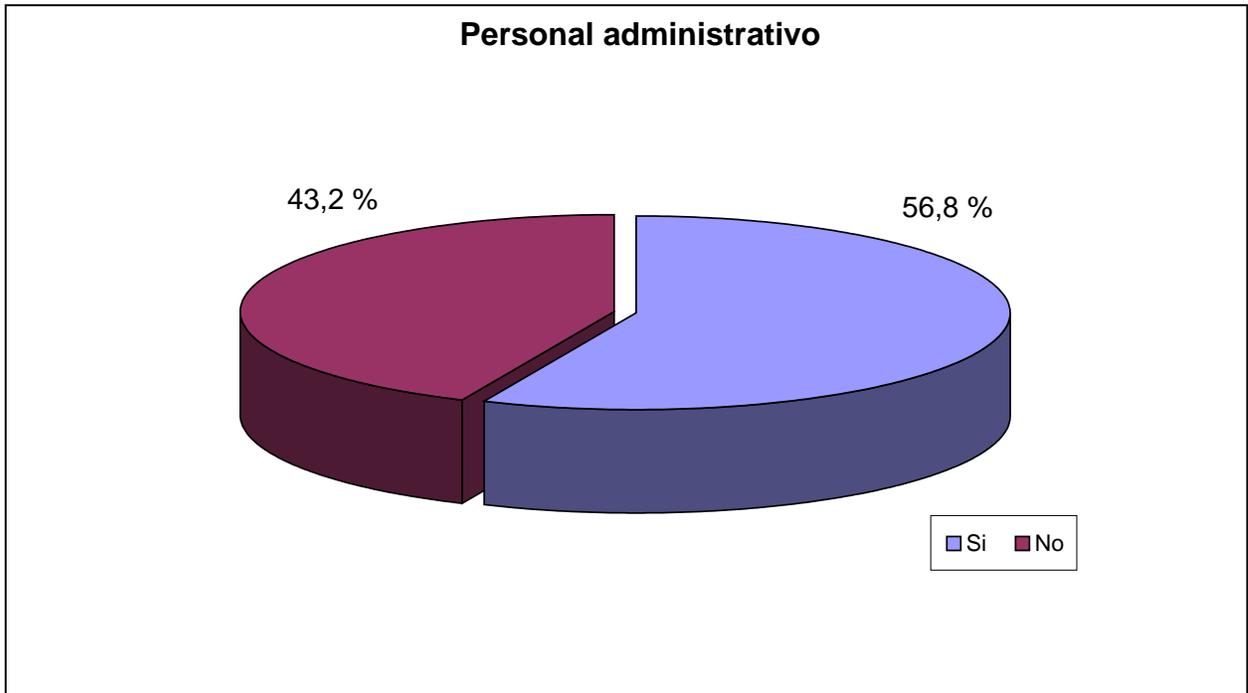
### Personal obrero





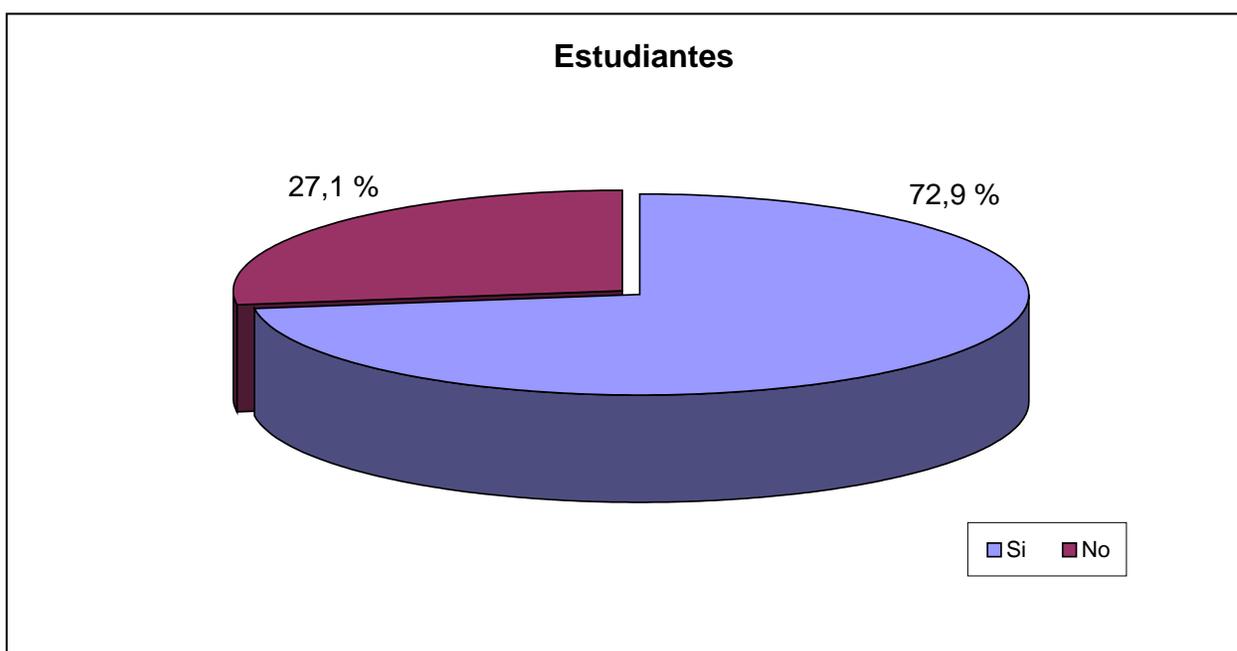
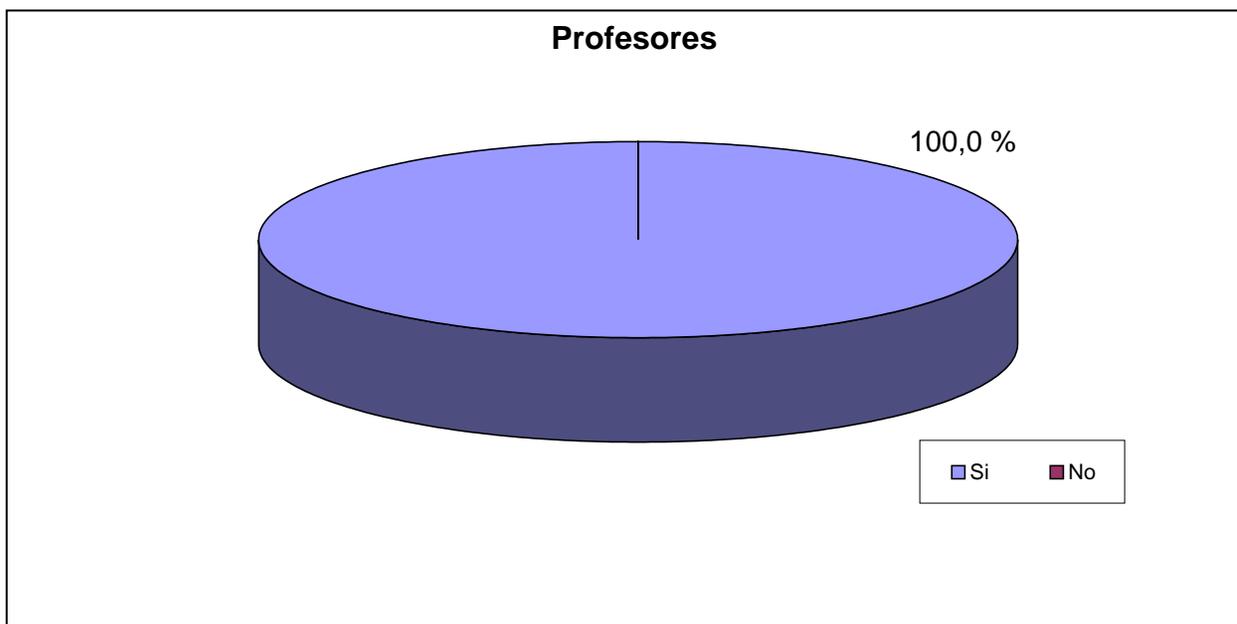
4. ¿Los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica utilizan reactivos químicos capaces de producir daños a la salud y al ambiente?





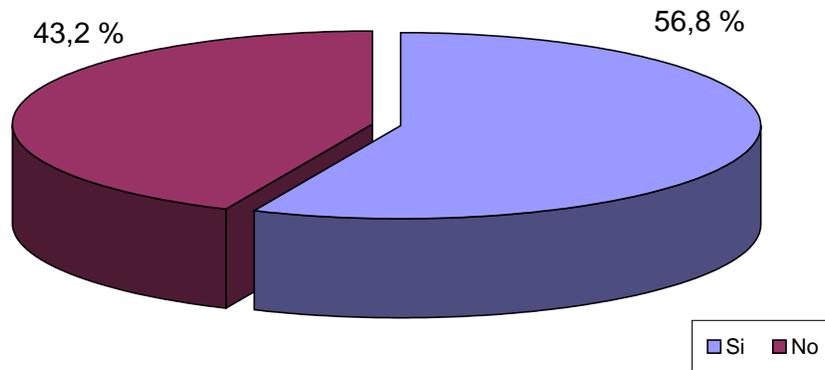


5. ¿Las prácticas realizadas en los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica generan sustancias peligrosas que requieren en su mayoría condiciones especiales para su almacenamiento, manipulación y disposición final?

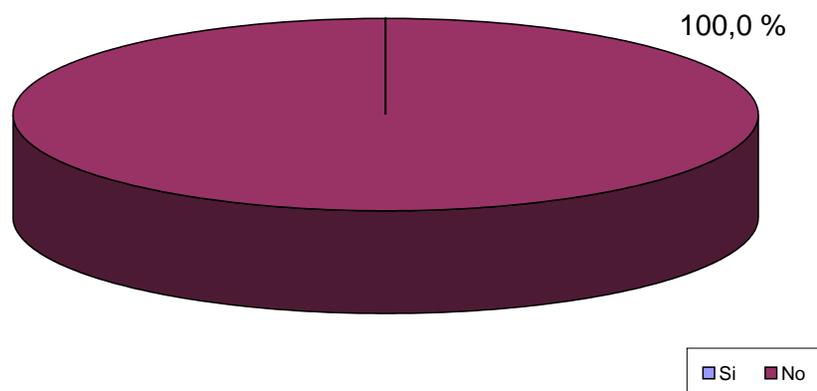




### Personal administrativo

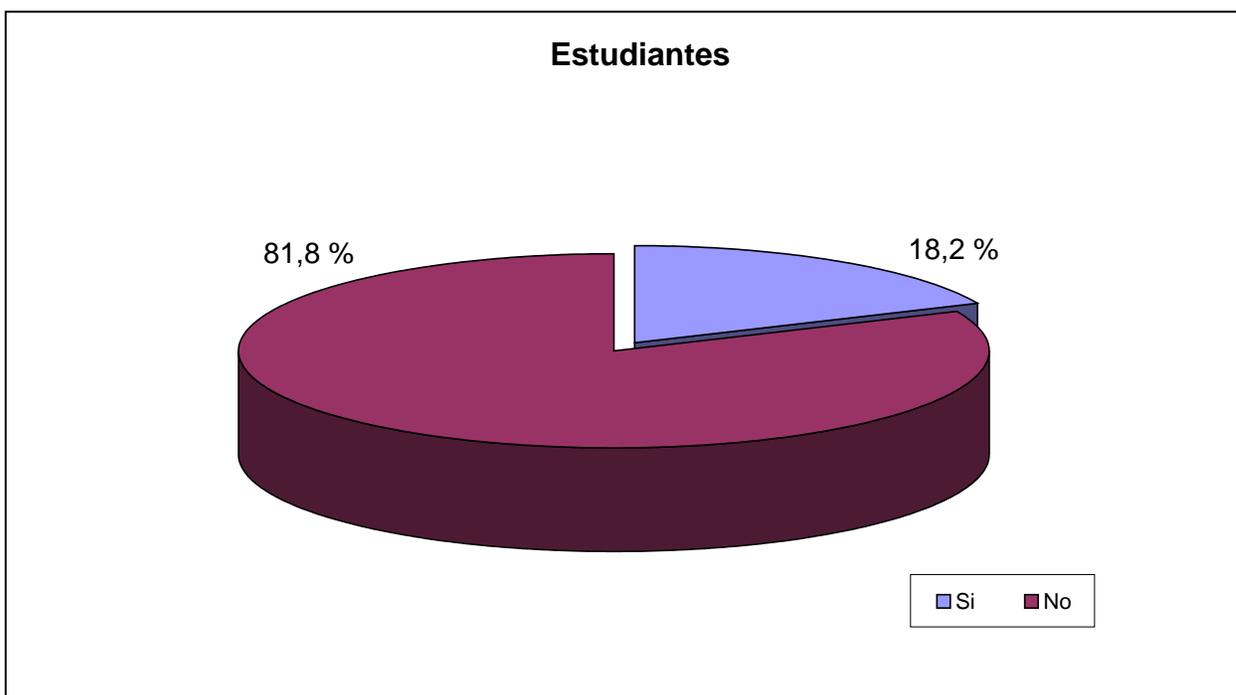
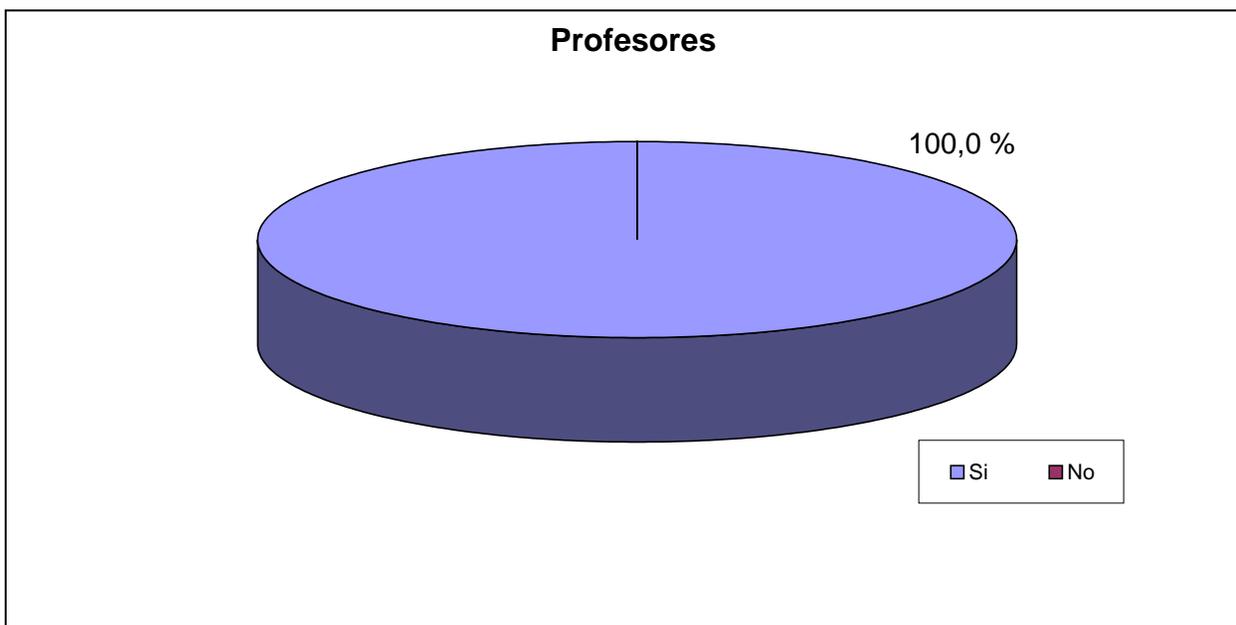


### Personal obrero



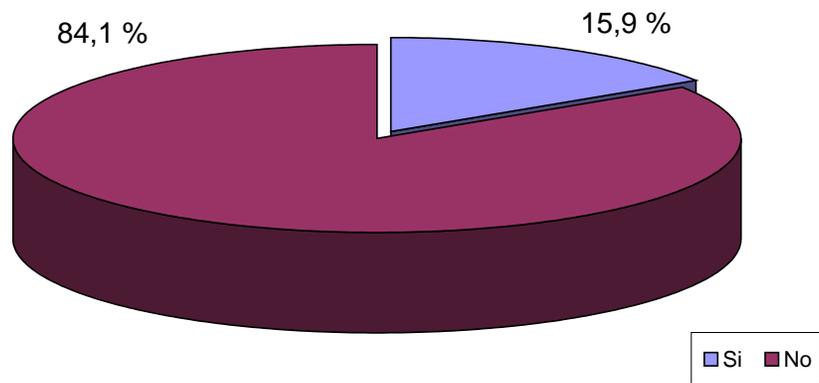


6. ¿Está informado acerca de las medidas de seguridad para la manipulación de las sustancias químicas que se utilizan en los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica?

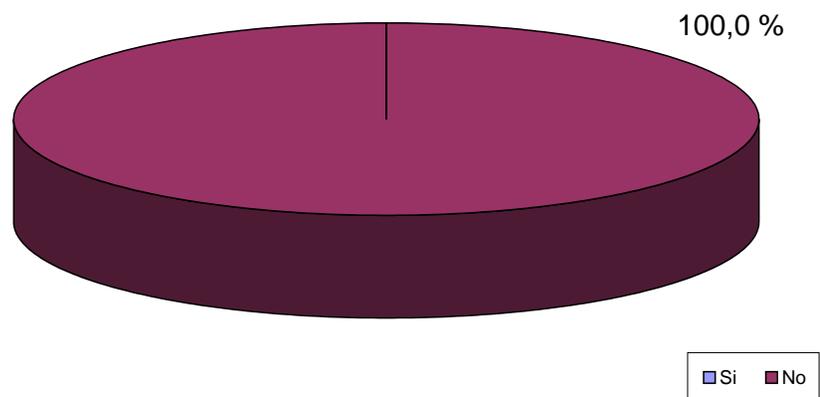




### Personal administrativo

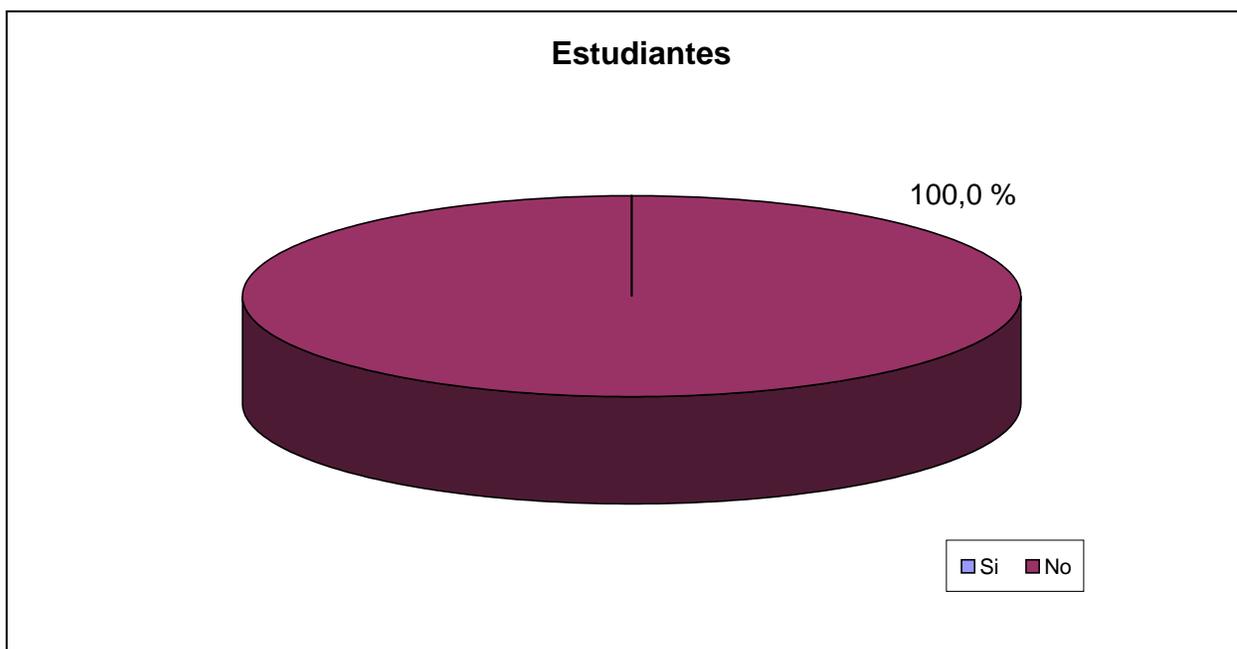
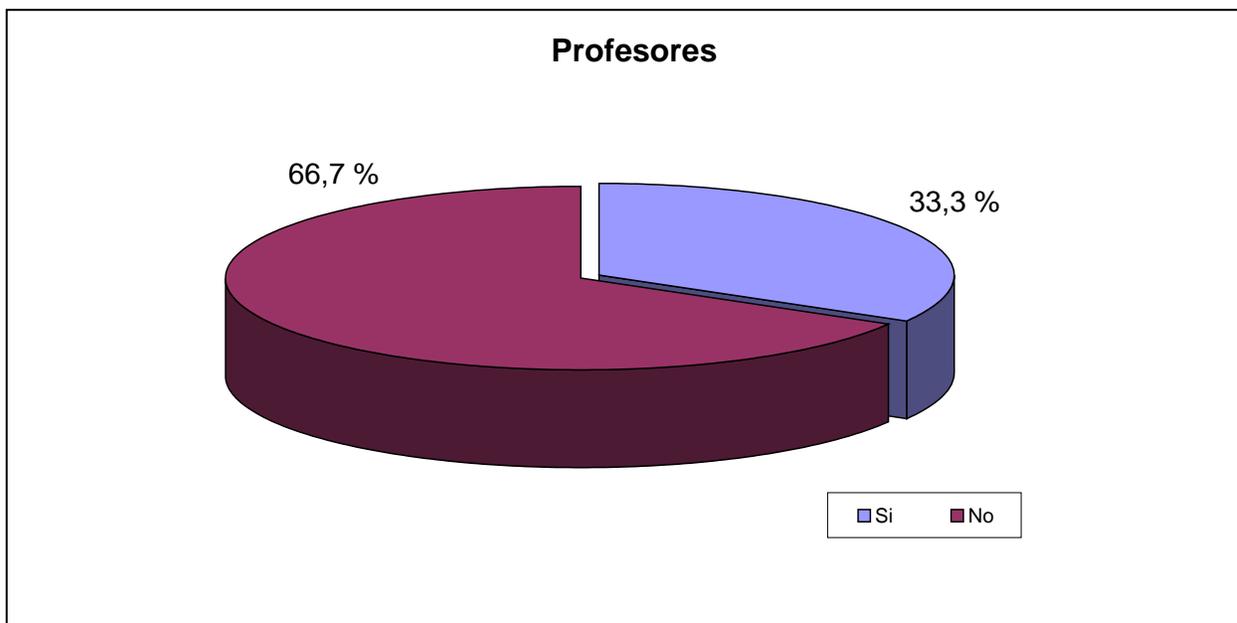


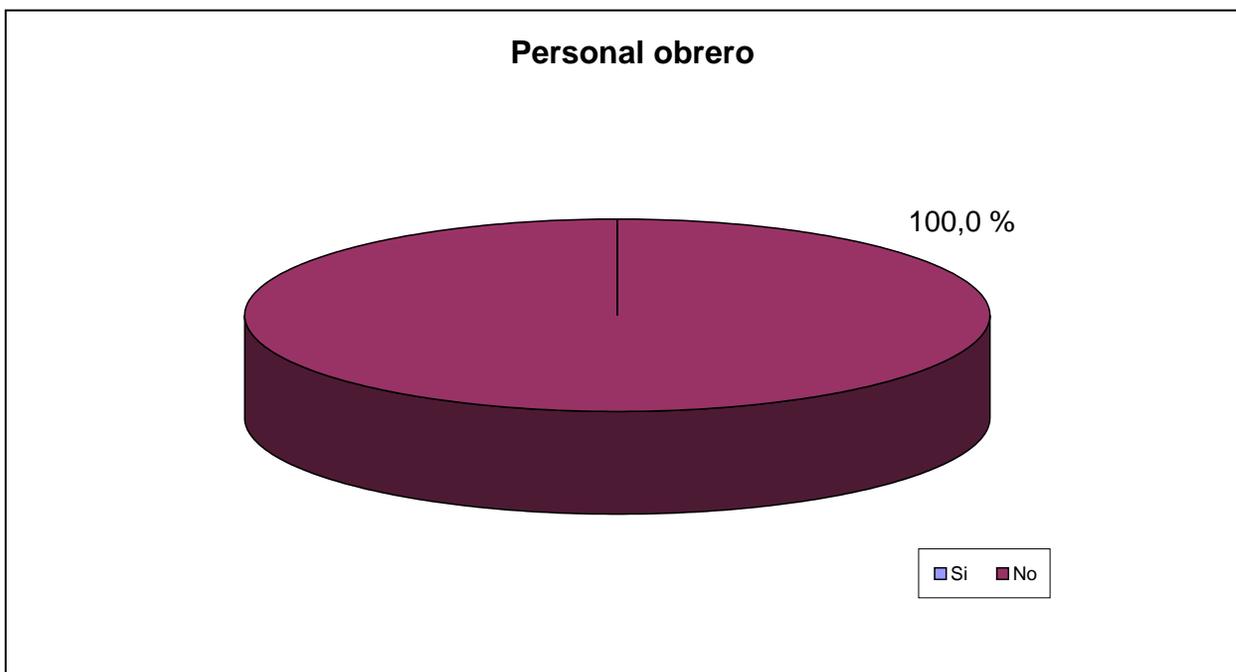
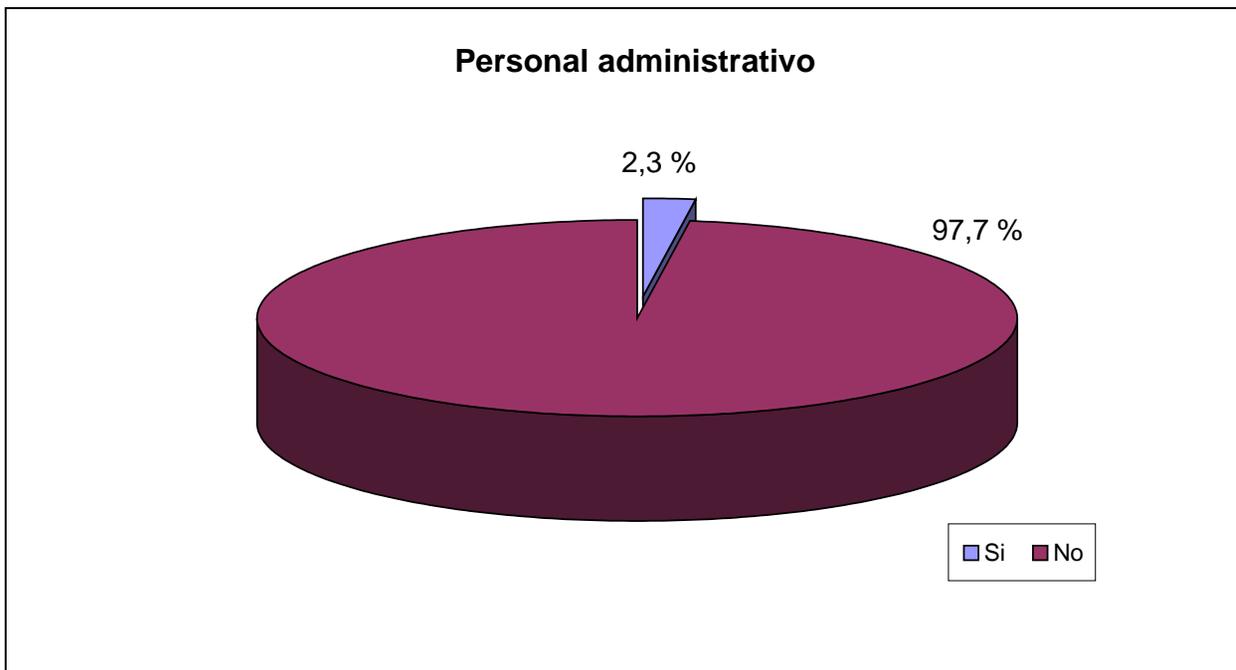
### Personal obrero





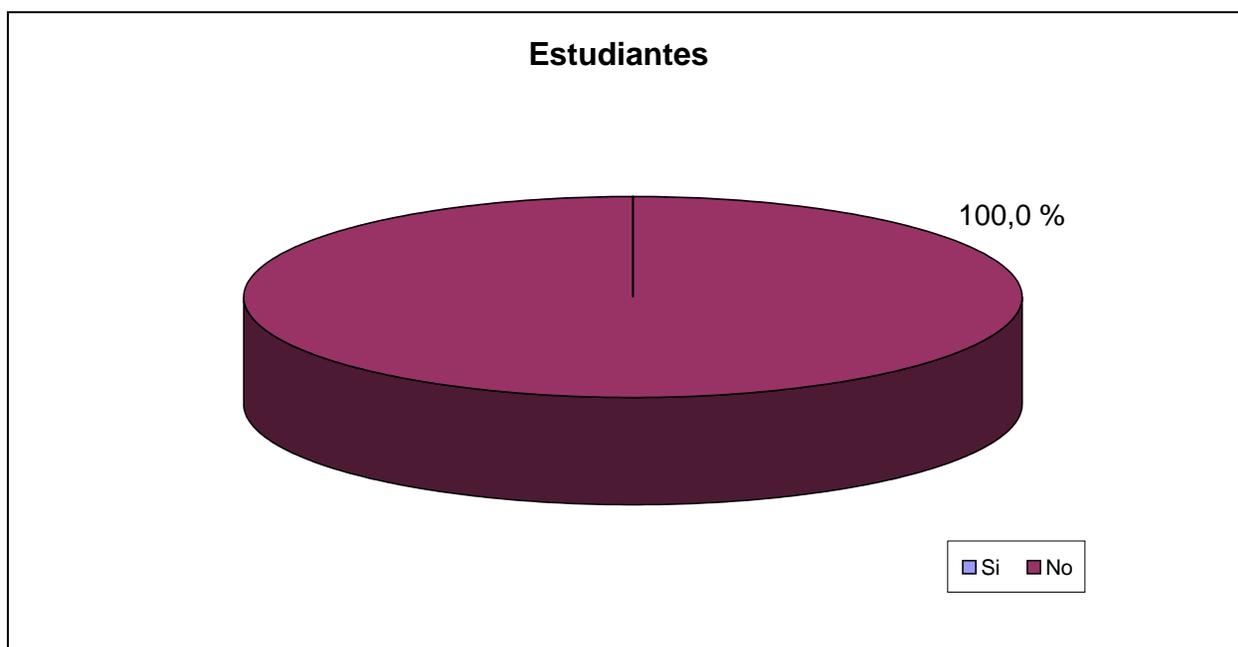
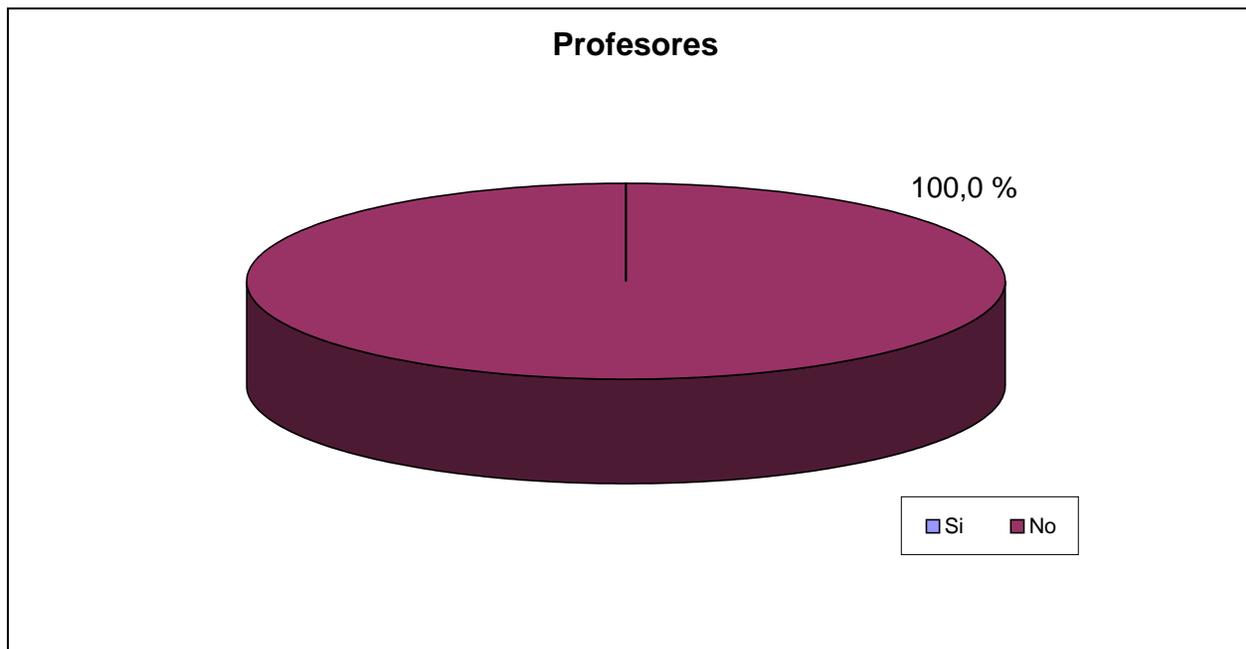
7. ¿Conoce Ud. la disposición final que se le da a los desechos provenientes de las actividades de los laboratorios?

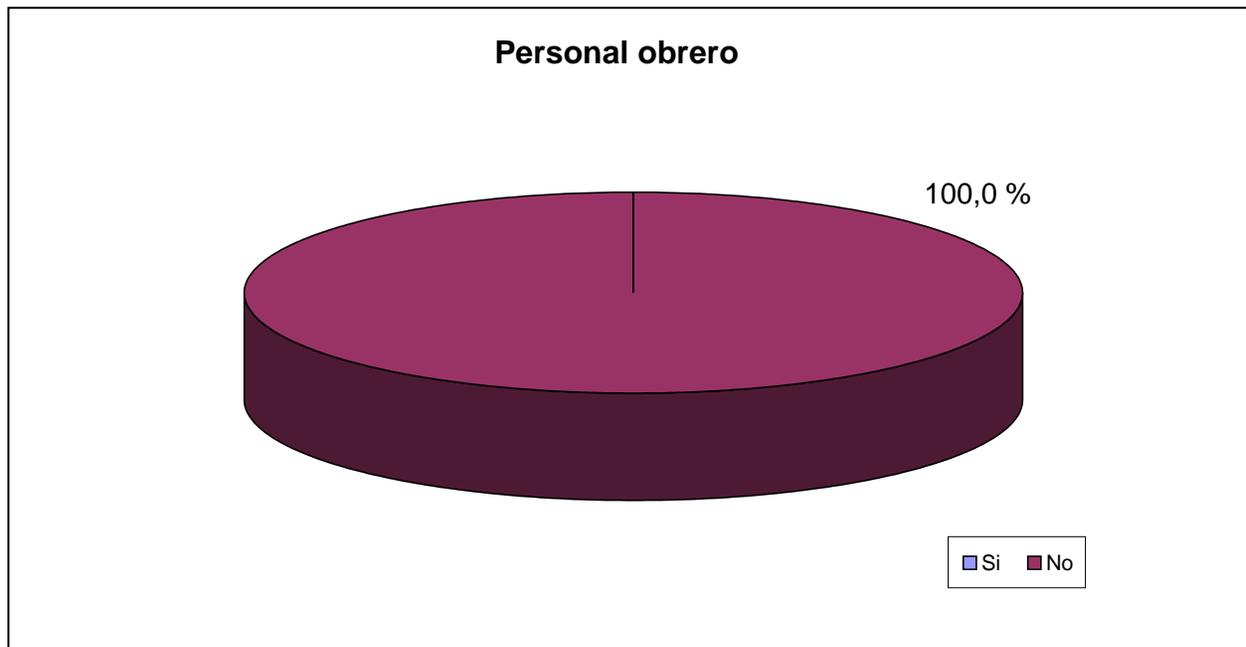
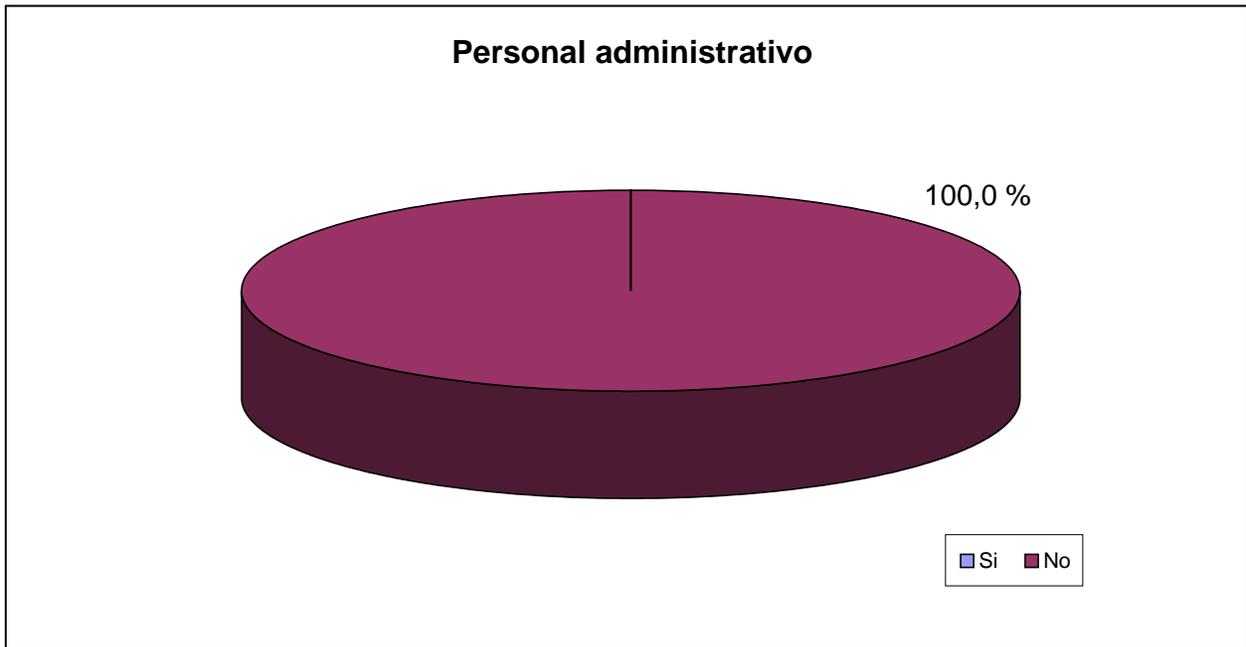






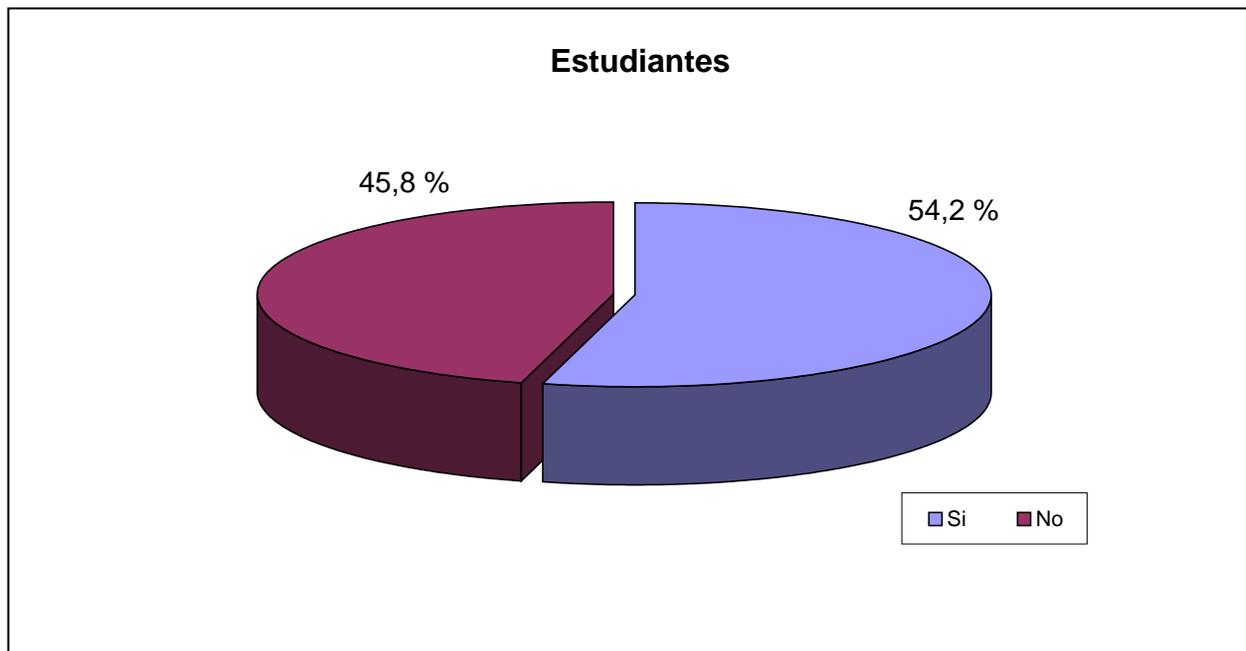
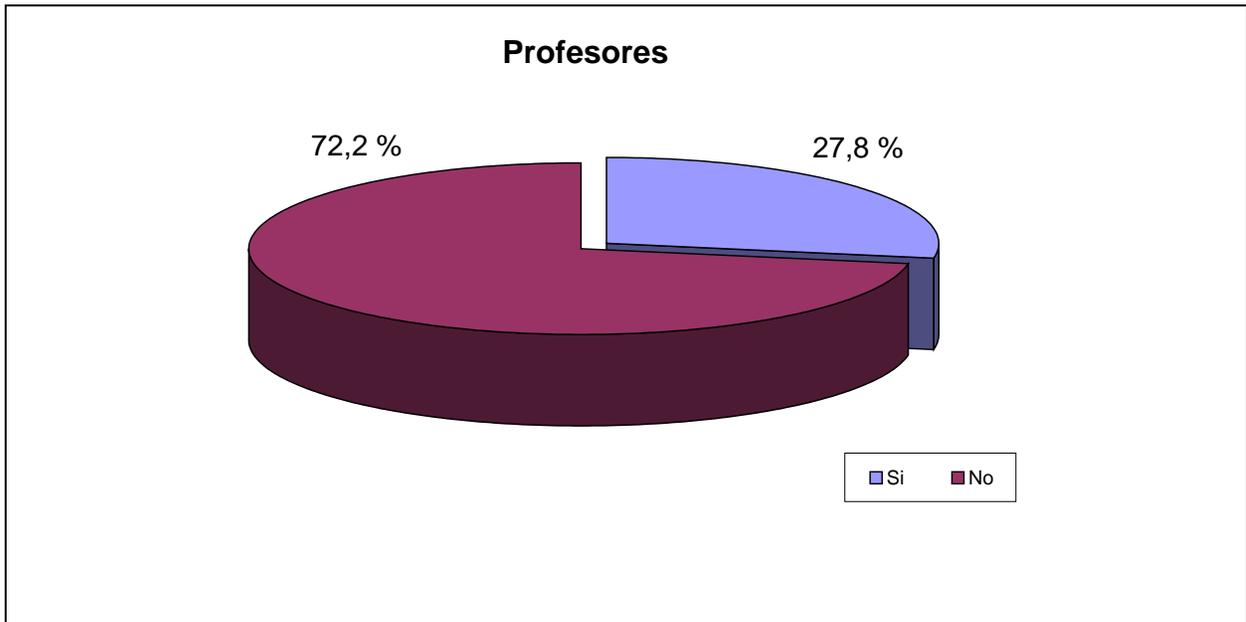
8. ¿Existe un plan de gestión de desechos en los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica?





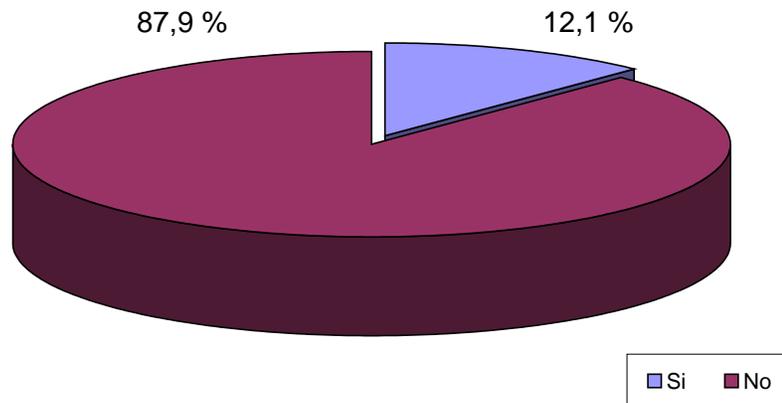


9. Durante su permanencia en los laboratorios o áreas cercanas ¿ha sentido que su salud ha resultado perjudicada?

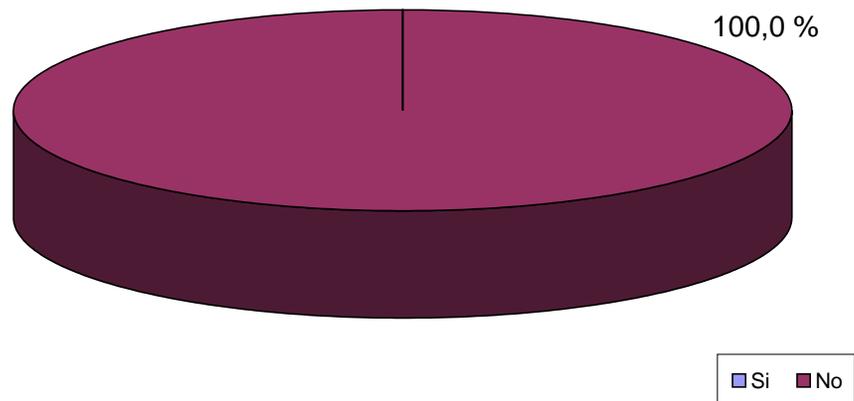




### Personal administrativo

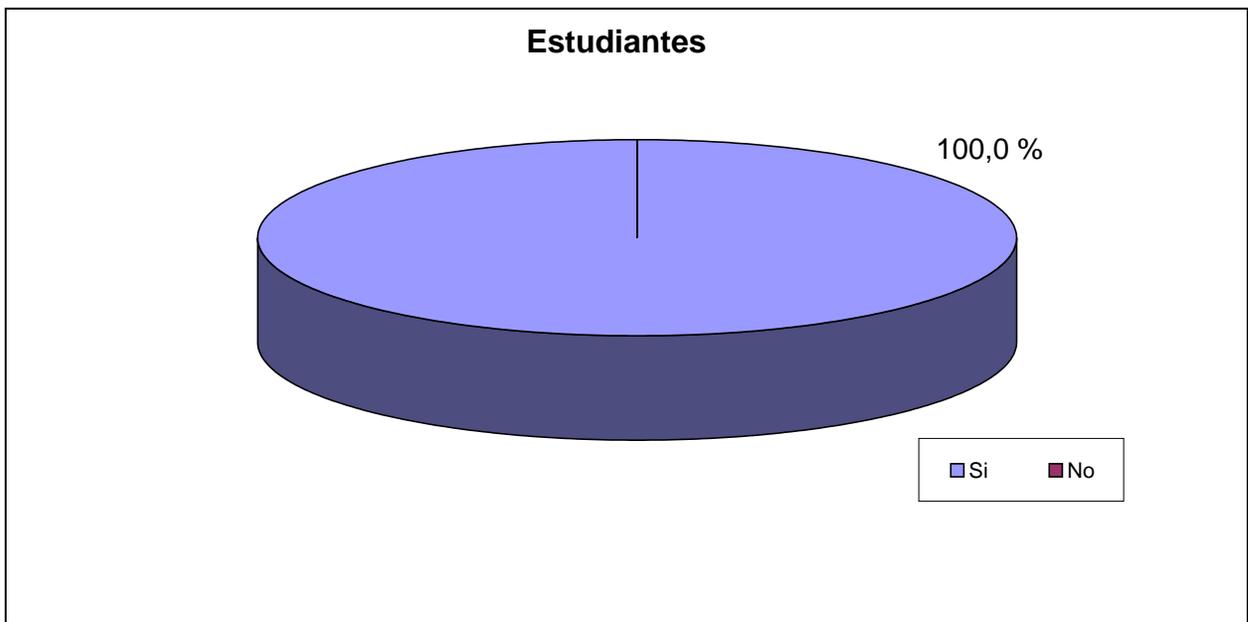
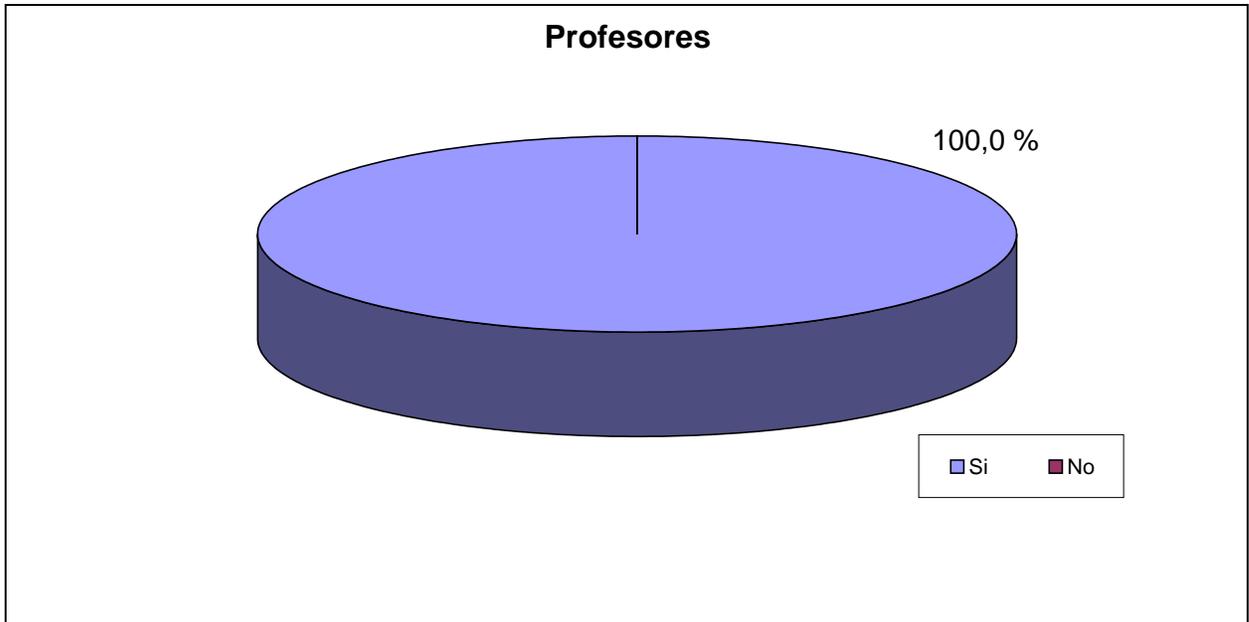


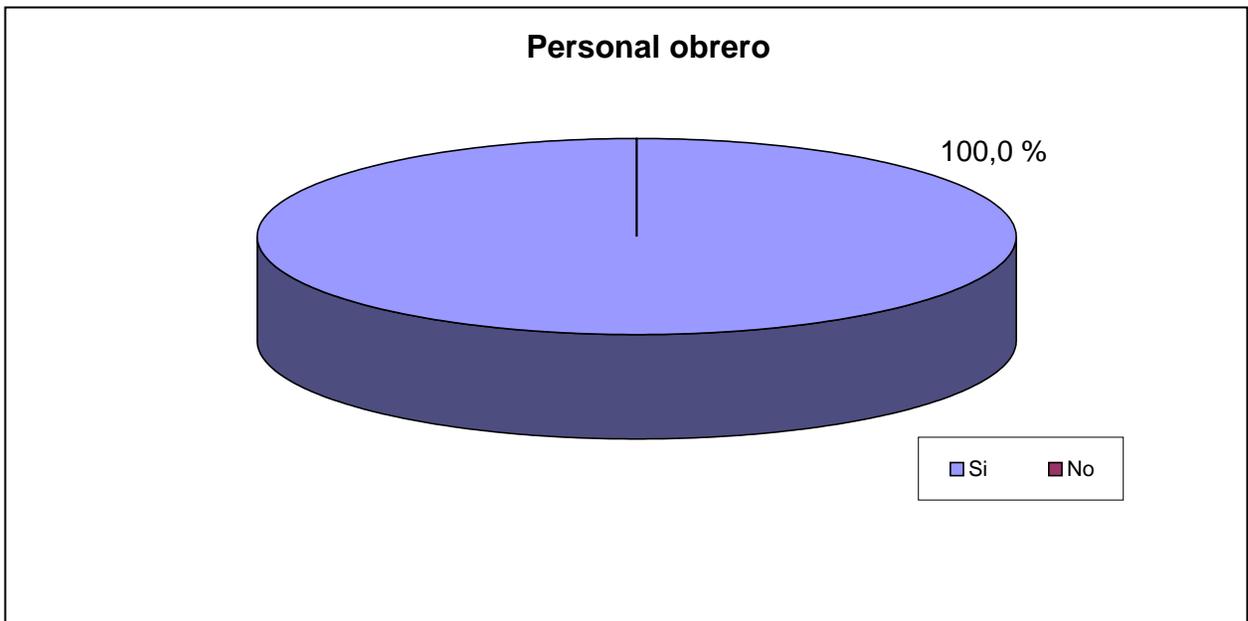
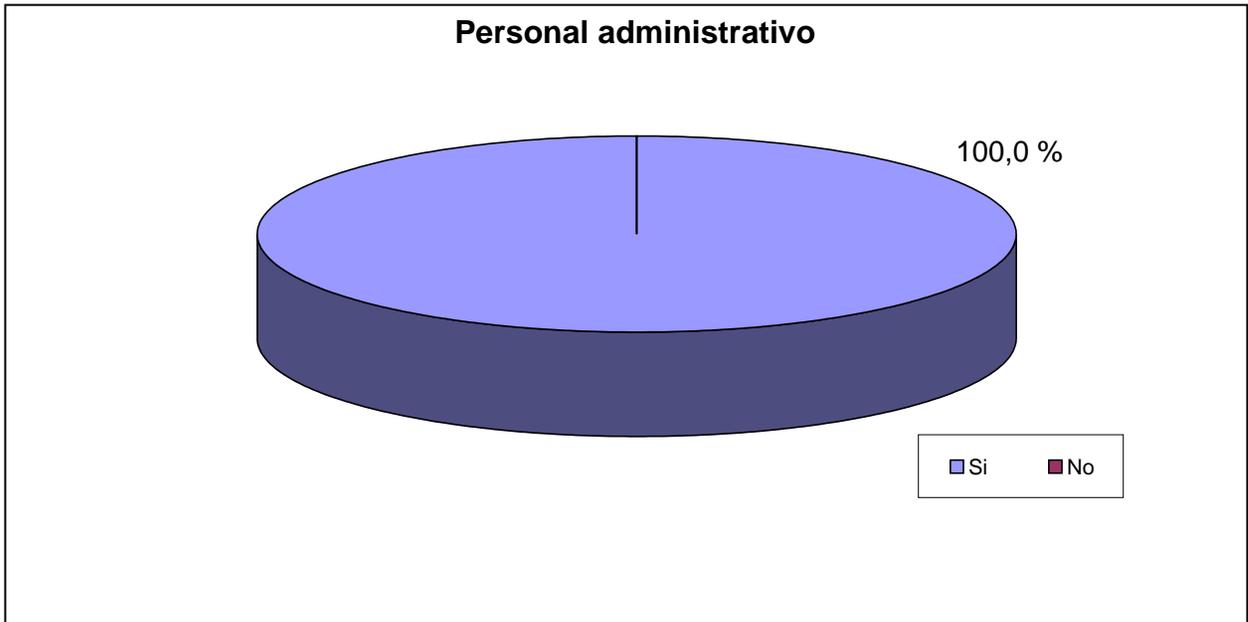
### Personal obrero





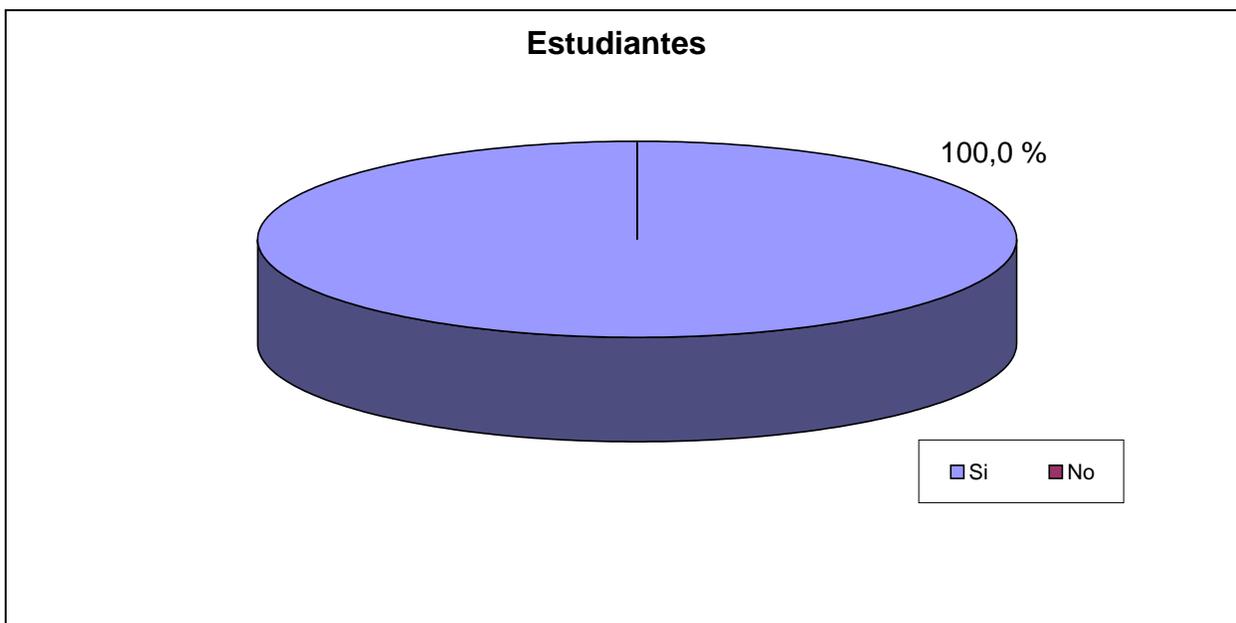
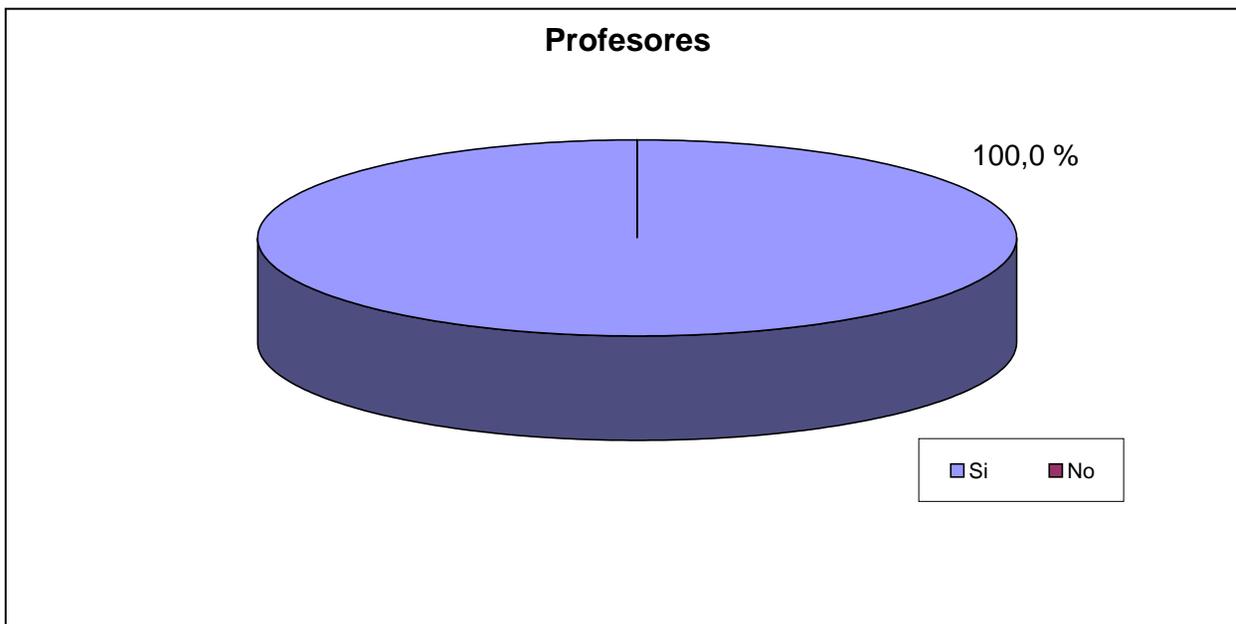
10. ¿Considera necesario el estudio de la situación ambiental de los laboratorios?

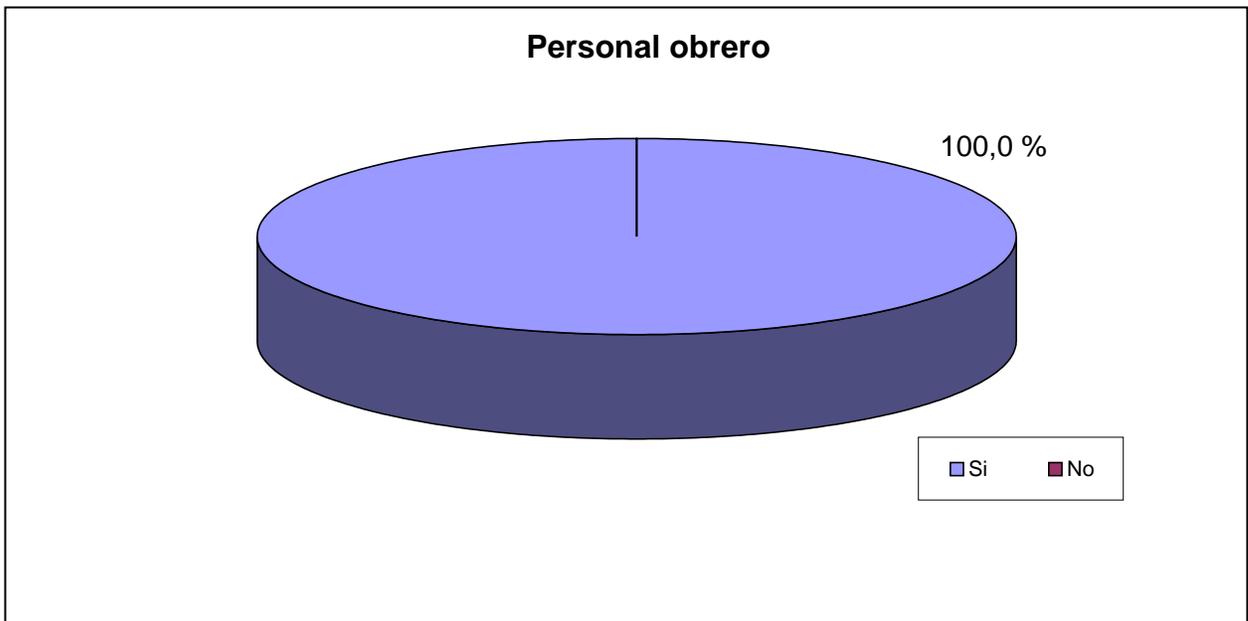
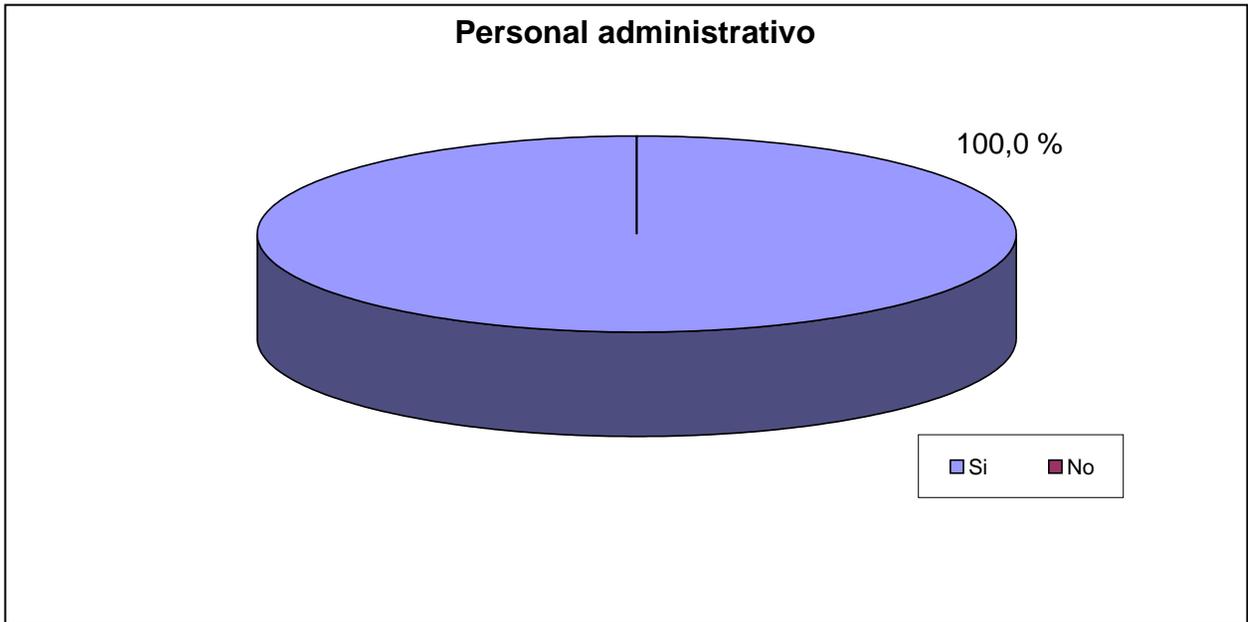






11. ¿Considera necesaria la propuesta e implementación de un plan de mejoras en cuanto al manejo y disposición de materiales y desechos peligrosos en los laboratorios?







Aspectos	Si	No	Observaciones
El número de ítems es adecuado	✓		
El ítem permite el logro del objetivo relacionado con el diagnóstico	✓		
Los ítems están presentados en forma lógica-secuencial	✓		
El número de ítems es suficiente para recoger la información. En caso de ser negativa sugiera que ítem falta.	✓		

Observaciones: \_\_\_\_\_

Realizado por:

Nombre: Eliana Rodríguez

C.I. 134165859

Firma: [Firma manuscrita]

Cargo: Docente - Delmaris  
Esc. Agrícola  
Industrial

Validez		
No aplicable	Aplicación considerando las observaciones	Aplicable
		✓

**Instrumento:** Cuestionario dirigido a profesores, estudiantes, personal administrativo y obrero de la Facultad de Ingeniería

**Investigación:** Propuesta para el mejoramiento de la situación ambiental de los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo.

Ítem	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11	
	Si	No																				
La redacción del ítem es clara	/		/		/		/		/		/		/		/		/		/		/	
El ítem tiene coherencia interna	/		/		/		/		/		/		/		/		/		/		/	
El ítem induce a la respuesta	/		/		/		/		/		/		/		/			X	/		/	
El ítem mide lo que pretende	/		/		/		/		/		/		/		/			X	/		/	

Aspectos	Si	No	Observaciones
El número de ítems es adecuado	✓		
El ítem permite el logro del objetivo relacionado con el diagnóstico	✓		
Los ítems están presentado en forma lógica-secuencial	✓		
El número de ítems es suficiente para recoger la información. En caso de ser negativa sugiera que ítem falta.	✓		

Observaciones: Mejorar el ítem 9

---

Realizado por:

Nombre: Tony Espinosa

C.I. 17035611

Firma: [Firma]

Cargo: JEFE LIQ

MSc. Ing. Tony M. Espinosa P.  
C.I.V. 122.344 / C.I. 12035611

Validez		
No aplicable	Aplicación considerando las observaciones	Aplicable
	✗	



Aspectos	Si	No	Observaciones
El número de ítems es adecuado	✓		
El ítem permite el logro del objetivo relacionado con el diagnóstico	✓		
Los ítems están presentado en forma lógica-secuencial	✓		
El número de ítems es suficiente para recoger la información. En caso de ser negativa sugiera que ítem falta.	✓		

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Realizado por:

Nombre: Crisdalith Cortés

C.I. 14252108

Firma: [Firma manuscrita]

Cargo: Decente

Validez		
No aplicable	Aplicación considerando las observaciones	Aplicable
		✓



---

## APÉNDICE E

### ESTIMACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES

A continuación se presentan los modelos matemáticos y relaciones necesarias para la estimación de las concentraciones de sólidos disueltos totales en las muestras de agua residual captadas en los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica.

#### E.1. Cálculo de la constante de la celda del conductímetro del Laboratorio de Fisicoquímica (LFQ)

Para la determinación de la constante de la celda del conductímetro se aplica la siguiente ecuación:

$$K = \frac{Ls}{L} \quad (I)$$

Donde:

K: Constante de la celda, ( $\text{cm}^{-1}$ ).

L: Conductancia de la solución, (mho).

Ls: Conductividad específica de la solución, (mho/cm).

Experimentalmente, puede usarse una solución de cloruro de potasio para la determinación de la constante de la celda. En el caso del conductímetro del LFQ, el valor promedio de conductancia medido para una solución de cloruro de potasio 0,01N a 25°C es de  $(10,74 \pm 0,01)$  mmho.

Adicionalmente, el valor de conductividad específica para una solución 0,01 N de cloruro de potasio a 25°C es de 12,886 mmho/cm. (Castellan, 1987)



Sustituyendo en la ecuación (I), se obtiene:

$$K = \frac{12,886 \text{ mmho/cm}}{10,74 \text{ mmho}} = 1,19921 \text{ cm}^{-1}$$

- Cálculo del error de la constante de la celda:

$$\Delta K = \left| \frac{\partial Ls}{\partial K} \right| \cdot \Delta Ls + \left| \frac{\partial L}{\partial K} \right| \cdot \Delta L \quad (\text{II})$$

Como Ls es un valor bibliográfico su error se considera nulo, entonces, se obtiene:

$$\Delta K = \left| \frac{-Ls}{L^2} \right| \Delta L \quad (\text{III})$$

Sustituyendo en la ecuación (III), se obtiene:

$$\Delta K = \left| \frac{-12,886 \text{ mmho/cm}}{(10,74 \text{ mmho})^2} \right| \cdot (0,01 \text{ mmho}) = 0,0012$$

Finalmente, el valor de la constante de la celda es:

$$K = (1,199 \pm 0,001) \text{ cm}^{-1}$$

## E.2. Estimación de la concentración de sólidos disueltos totales en las muestras de agua residual captadas

Con la ecuación (IV) es posible estimar la concentración de SDT en una muestra de agua haciendo uso de la conductividad eléctrica. (Crites y Tchobanoglous, 2000)

$$\text{SDT (mg/L)} \approx 600 * Ls \text{ (mmho/cm)} \quad (\text{IV})$$



Donde:

SDT: Concentración de sólidos disueltos totales, (mg/L).

En la tabla E.1 se presentan los valores de conductancia medidos para las muestras de agua residual captadas en las prácticas de los laboratorios.

**Tabla E.1. Conductancia de las muestras de agua residual captadas en los laboratorios**

<b>Muestra</b>	<b>Conductancia (L ± 0,01) mmho</b>
1-A	0,51
2-A	0,49
3-A	1,10
4-A	0,39
5-A	2,14
1-O	7,44
2-O	1,10
3-O	1,69
4-O	1,59
5-O	0,56
6-O	1,70
7-O	0,96
8-O	0,82



Aplicando la ecuación (I), se determina la conductividad específica de las muestras y se obtiene:

**Tabla E.2. Conductividad específica de las muestras de agua residual captadas en los laboratorios**

Muestra	Conductividad específica (Ls ± 0,02) mmho
1-A	0,61
2-A	0,59
3-A	1,32
4-A	0,47
5-A	2,57
1-O	8,92
2-O	1,32
3-O	2,03
4-O	1,91
5-O	0,67
6-O	2,04
7-O	1,15
8-O	0,98

Sustituyendo la conductividad de la muestra 1-A en la ecuación (IV), se obtiene:

$$\text{SDT}(\text{mg/L}) = 600 \cdot (0,61\text{mmho}) = 366\text{mg/L}$$

- Cálculo del error de la concentración de SDT:

$$\Delta\text{SDT} = \left| \frac{\partial\text{Ls}}{\partial\text{SDT}} \right| \Delta\text{Ls} = 600 \cdot \Delta\text{Ls} \quad (\text{V})$$



Sustituyendo en la ecuación (V), se obtiene:

$$\Delta\text{SDT} = 600 \cdot (0,02) = 12\text{mg/L}$$

Finalmente, la concentración de SDT es:

$$\text{SDT} = (366 \pm 10)\text{mg/L}$$

En la tabla E.3 se presentan las concentraciones de SDT en las muestras de agua residual captadas en los laboratorios.

**Tabla E.3. Concentración de sólidos disueltos totales de las muestras de agua residual captadas en los laboratorios**

<b>Muestra</b>	<b>Concentración de sólidos disueltos totales (SDT <math>\pm</math> 10) mg/L</b>
1-A	366
2-A	354
3-A	792
4-A	282
5-A	1.542
1-O	5.352
2-O	792
3-O	1.218
4-O	1.146
5-O	402
6-O	1.223
7-O	690
8-O	590



## APÉNDICE F

### RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AGUA RESIDUAL

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el análisis de las muestras de agua residual captadas en los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica.

**Tabla F.1. Parámetros fisicoquímicos de las muestras recolectadas en el Laboratorio de Química Analítica**

Parámetros	Máximo permisible (*)	Muestras				
		01-A (15/05)	02-A (22/05)	03-A (29/05)	04-A (05/06)	05-A (12/06)
Cadmio (mg/L)	0,1	0,82	-----	4,90	-----	-----
Cloruros (mg/L)	1000	35	45	45	-----	95
Cobre (mg/L)	0,5	0,33	-----	0,35	-----	15,90
Cromo (mg/L)	2	2,60	1,68	ND	-----	3,01
DBO <sub>5,20</sub> (mg/L)	60	34	44	23	28	22
DQO (mg/L)	350	136	185	95	110	104
Detergentes (mg/L)	2,0	24,0	26,0	27,0	12,0**	4,5***
Fósforo (mg/L)	1,0	-----	0,6	0,6	-----	9,7
Hierro (mg/L)	10,00	0,93	2,81	0,87	-----	-----
Manganeso (mg/L)	2,00	-----	0,30	1,71	-----	-----
Níquel (mg/L)	1,0	0,20	-----	ND	-----	-----
Nitrógeno (mg/L)	10,0	7,0	4,4	8,0	23,0	48
Sulfatos (mg/L)	600	92	94	94	-----	302
Zinc (mg/L)	5,00	0,16	1,50	1,07	-----	-----
pH (adim)	(6-9)	5,30	3,41	5,57	7,98	2,92



**Tabla F.1. Parámetros fisicoquímicos de las muestras recolectadas en el Laboratorio de Química Analítica (continuación)**

Parámetros	Máximo permisible (*)	Muestras				
		01-A (15/05)	02-A (22/05)	03-A (29/05)	04-A (05/06)	05-A (12/06)
Sólidos disueltos totales (mg/L)	-----	366	354	792	282	1542

(\*) Valores máximos permisibles según el decreto 3.219.

(\*\*) Uso de detergentes biodegradables (16% p/v fenilsulfonato de sodio).

(\*\*\*) Uso de detergentes biodegradables (8% p/v fenilsulfonato de sodio).

ND: No detectable.

01-A: Práctica 1; 02-A: Práctica 2; 03-A: Práctica 3; 04-A: Práctica 4; 05-A: Prácticas 5, 6, 7 y 8.

**Tabla F.2. Parámetros fisicoquímicos de las muestras recolectadas en el Laboratorio de Química Orgánica**

Parámetros	Máximo permisible (*)	Muestras							
		01-O (20/05)	02-O (27/05)	03-O (03/06)	04-O (10/06)	05-O (17/06)	06-O (26/06)	07-O (01/07)	08-O (07/07)
Cloruros (mg/L)	100	280	305	405	490	25	475	40	-----
DBO <sub>5,20</sub> (mg/L)	60	730	76	208	54	215	150	66	88
DQO (mg/L)	350	2284	380	904	233	897	656	300	316
Detergentes (mg/L)	2,0	30	34	18**	22**	7,5***	3,8***	25	21,5
Fósforo (mg/L)	1,0	1,4	8,7	-----	-----	-----	4,0	-----	-----
Hierro (mg/L)	25,00	11,20	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Manganeso (mg/L)	2,0	0,3	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Nitrógeno (mg/L)	10,0	8,0	-----	-----	11,6	-----	-----	-----	-----
Sulfatos (mg/L)	600	1500	92	82	208	100	-----	302	-----
Zinc (mg/L)	5,0	1,5	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----



Tabla F.2. Parámetros fisicoquímicos de las muestras recolectadas en el Laboratorio de Química Orgánica (continuación)

Parámetros	Máximo permisible (*)	Muestras							
		01-O (20/05)	02-O (27/05)	03-O (03/06)	04-O (10/06)	05-O (17/06)	06-O (26/06)	07-O (01/07)	08-O (07/07)
Aceites/Grasas (mg/L)	20,0	-----	-----	-----	-----	-----	1,2	-----	-----
pH (adim)	(6-9)	2,48	5,16	8,95	5,75	3,76	8,90	3,29	5,56
Sólidos disueltos totales (mg/L)	-----	5352	792	1218	1146	402	1223	690	590

(\*) Valores máximos permisibles según el decreto 3.219.

(\*\*) Uso de detergentes biodegradables (16% p/v fenilsulfonato de sodio).

(\*\*\*) Uso de detergentes biodegradables (8% p/v fenilsulfonato de sodio).

01-O: Práctica 1; 02-O: Práctica 2; 03-O: Práctica 3; 04-O: Práctica 4; 05-O: Práctica 5; 06-O: Práctica 6; 07-O: Práctica 7; 08-O: Práctica 8.



## APÉNDICE G

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LAS PRÁCTICAS DE LOS LABORATORIOS DE QUÍMICA ANALÍTICA Y QUÍMICA ORGÁNICA

A continuación se presentan los fundamentos teóricos y algunos conceptos básicos referidos a las prácticas de los laboratorios de Química Analítica y Química Orgánica.

#### G.1. Prácticas del Laboratorio de Química Analítica

Las prácticas que se desarrollan en el Laboratorio de Química Analítica son: Identificación de aniones, cationes y sales, determinación de la dureza del agua, electrodeposición, determinación espectrofotométrica usando curva de calibración, titulación colorimétrica, conductimetría y potenciometría.

- **Identificación de sales**

Las sales son compuestos iónicos formados por cationes y aniones. Para identificar la sal presente en una muestra sólida se recurre a la química analítica cualitativa; ya que el análisis cualitativo se encarga de identificar las sustancias presentes en una muestra, sólo interesándose en qué elementos o compuestos están presentes sin determinar en qué cantidad.

El análisis cualitativo es un método para identificar una sustancia desconocida pasando muestras de la misma por una serie de análisis químicos. La marcha analítica se basa en reacciones químicas conocidas, de forma que para cada reactivo añadido se espera una reacción prevista, la cual determina si la sustancia está presente o no en la muestra. La identificación de la sal se reduce a identificar el catión y el anión presentes en ella; para lo cual se cuenta con ensayos preliminares para aniones y cationes, y específicos para cada anión y cada catión. También existen ensayos preliminares que



se pueden aplicar a la muestra antes de ser disuelta, éstos permiten observar características físicas y químicas que junto a las pruebas para aniones y cationes ayudan a descartar posibles componentes y a constatar el resultado obtenido. (Day y Underwood, 2000)

- **Determinación de la dureza del agua:**

La dureza del agua es producida por las sales de calcio y magnesio, y en menor proporción por el hierro, el aluminio y otros metales. La que se debe a los bicarbonatos y carbonatos de calcio y magnesio se denomina dureza temporal y puede eliminarse por ebullición, que al mismo tiempo esteriliza el agua. La dureza residual se conoce como dureza no carbónica o permanente. Las aguas que poseen esta dureza pueden ablandarse añadiendo carbonato de sodio y cal, o filtrándolas a través de zeolitas naturales o artificiales que absorben los iones metálicos que producen la dureza, y liberan iones sodio en el agua. La dureza total, se define como la suma de la dureza temporal y permanente y se expresa en partes por millón de carbonato de calcio (ppm  $\text{CaCO}_3$ ) porque, generalmente, la concentración de iones calcio es muy superior a la de iones magnesio, o de cualquier otro ión metálico presente en el agua. La dureza total puede determinarse experimentalmente a través de la titulación complejométrica con EDTA (ácido etilendiaminotetracético), usando un indicador metalcrómico. (Day y Underwood, 2000)

- **Electrodeposición:**

La electrodeposición es un proceso electroquímico el cual consiste en revestir una superficie con un revestimiento metálico adherente. Se refiere específicamente al proceso electroquímico en el cual, se deposita un metal sobre otro metal a través de la inmersión de productos en un baño electrolítico acuoso cuyos principales componentes son sales u otros componentes solubles del metal que se desea depositar sobre el objeto inmune.



La electrogravimetría consiste en revestir un cátodo de platino pesado previamente con una capa de otro metal para después pesarlo de nuevo y determinar la cantidad de metal que se depositó en él. Las determinaciones electrogravimétricas simples son muy utilizadas para metales. La técnica funciona muy bien cuando se va a determinar un metal bastante noble como la plata o el cobre en muestras que tienen otros componentes que se reducen con mayor dificultad que el  $H^+$ . La evolución del hidrógeno evita que el cátodo se haga lo suficientemente negativo para reducir otros metales. Algunas veces se adicionan otras especies, llamadas despolarizantes o amortiguadores de potencial, que sirven para el potencial, existe mucha libertad mismo propósito. Cuando el  $H^+$  actúa como amortiguador de para controlar el potencial del cátodo mediante el ajuste de pH de la solución. La sensibilidad de este método la determina en gran parte el procedimiento de pesado. (Day y Underwood, 2000)

- **Determinación espectrofotométrica usando curva de calibración:**

La espectrofotometría es un método donde un estudio detallado de la absorción de energía radiante por las especies químicas permite una mayor precisión en su caracterización y en su cuantificación. La espectrofotometría sugiere la medición de la cantidad de energía radiante que absorbe un sistema químico en función de la longitud de onda de la radiación, así como las mediciones por separado a una longitud de onda determinada.

La absorción es el proceso mediante el cual una especie, en un medio transparente, capta selectivamente ciertas frecuencias de la radiación electromagnética. Los métodos de absorción poseen la ventaja de producir poca o ninguna alteración en el sistema estudiado. Los espectros de absorción se pueden obtener utilizando muestras que están en diversas formas: gases, películas delgadas de algún líquido, soluciones en varios solventes e incluso sólidos. La mayor parte de los trabajos analíticos se realizan con soluciones. La magnitud de la absorción depende de la distancia que recorre la radiación a través de la solución, de la longitud de onda y de la naturaleza de las especies moleculares en solución.



El espectro de una sustancia es la representación de la absorbancia en función de la longitud de onda, éste gráfico presenta ondulaciones con máximos y mínimos. Para hacer las determinaciones cuantitativas se elige la longitud de onda correspondiente a la absorbancia máxima, pues el error de medición es mínimo y la sensibilidad es máxima. (Day y Underwood, 2000)

- **Titulación colorimétrica:**

Todas las moléculas pueden absorber radiación en la región UV-visible debido a que contienen electrones, compartidos y sin compartir, que se pueden excitar a niveles de energía más elevados. Las longitudes de onda en las que ocurre la absorción dependen de la fuerza con que están unidos los electrones a la molécula.

La colorimetría es un método de análisis químico especialmente adecuado para la determinación de pequeñas cantidades de sustancias. Se basa en la medición de la intensidad de la luz absorbida por la solución de la sustancia que se valora, después de una reacción adecuada destinada a desarrollar una coloración cuya intensidad es función directa de la concentración.

Las medidas fotométricas o espectrofotométricas pueden utilizarse provechosamente para localizar el punto de equivalencia de una valoración, siempre que el analito, el reactivo o el producto de la valoración absorban radiación. En otros casos, un indicador absorbente puede proporcionar el cambio de absorbancia necesario para localizar el punto de equivalencia. Las titulaciones fotométricas con frecuencia poseen ventajas de sensibilidad para la detección del punto final y de capacidad para evitar interferencias, con respecto a las titulaciones visuales. Además no se limitan sólo a la región del espectro que puede ver el ojo humano y se pueden automatizar con facilidad. (Day y Underwood, 2000)

- **Potenciometría:**



La potenciometría es una técnica electroanalítica con la que se puede determinar la concentración de una especie electroactiva en una disolución empleando dos electrodos a partir de la medición directa de una diferencia de potencial.

Los métodos electroanalíticos son métodos instrumentales de análisis que emplean las propiedades electroquímicas de una solución para determinar la concentración de un analito. Las técnicas electroanalíticas presentan, en general, una buena selectividad y sensibilidad, así como un coste menor que otros tipos de técnicas.

La potenciometría es una técnica electroanalítica con la que se puede determinar la concentración de una especie electroactiva en una disolución empleando dos electrodos. El primero es llamado “de referencia”; su potencial eléctrico es conocido y constante. Por tanto, no varía durante el experimento ni entre experimentos. El segundo es llamado “de trabajo”; el potencial generado por este electrodo depende de la concentración de la especie electroactiva que se desea medir. En resumidas cuentas, se basa en la construcción de una celda voltaica, a la cual se le mide la diferencia de potencial generado entre los electrodos de trabajo y de referencia. Al interpretar esa diferencia de potencial, se puede conocer la concentración de la especie deseada. (Day y Underwood, 2000)

- **Conductimetría:**

La conductividad electrolítica es una medida de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Las soluciones de electrolitos conducen una corriente eléctrica por la emigración de iones bajo la influencia de un campo eléctrico.

Una valoración conductimétrica implica la medida de la conductancia de la muestra después de sucesivas adiciones de reactivo. El punto final es determinado a partir de una representación de la conductancia o de la conductancia específica como función del volumen de valorante añadido. Las curvas de valoración toman una variedad de formas dependiendo del sistema químico que se investigue. Sin embargo, en general, están caracterizadas por segmentos rectilíneos con pendientes desiguales a ambos



lados del punto de equivalencia; para establecer un punto final conductimétrico son necesarias medidas suficientes para definir la curva de valoración. Estos datos son representados como una función del reactivo añadido, entonces son extrapoladas las dos porciones lineales, siendo tomado el punto de intercepción como el punto de equivalencia. (Day y Underwood, 2000)

### G.2. Prácticas del Laboratorio de Química Orgánica

Las prácticas que se desarrollan en el Laboratorio de Química Orgánica son: Identificación de compuestos orgánicos, preparación y propiedades de hidrocarburos, preparación de un producto de condensación, preparación y propiedades de un colorante, polímeros de adición y condensación, preparación de ésteres de interés industrial, obtención y propiedades de grasas, aceites y jabones, y oxidación de compuestos orgánicos.

- **Identificación de compuestos orgánicos:**

Para la identificación de compuestos orgánicos se lleva a cabo el análisis orgánico cualitativo; el cual se basa en ciertas reacciones químicas que detectan grupos funcionales concretos como alcohol, amina, aldehído, éster, ácido carboxílico y éter; así como la determinación de propiedades físicas y químicas. (Morrison y Boyd, 1976)

El análisis cualitativo orgánico representa una de las mejores vías para la identificación de un compuesto orgánico, la cual puede llevarse a cabo mediante el siguiente esquema:

- Examen preliminar de las características físicas.
- Purificación de la muestra y determinación de las propiedades físicas.
- Pruebas cualitativas de los elementos presentes.
- Pruebas de solubilidad.
- Pruebas de clasificación de los grupos funcionales.
- Examen de los espectros del compuesto.



- Preparación de derivados. (Guía de práctica del Laboratorio de Química Orgánica, 2007).

- **Preparación y propiedades de hidrocarburos:**

Las reacciones de eliminación pueden emplearse no sólo para la obtención de alquenos simples sino que son los métodos generales más adecuados para introducir dobles enlaces carbono-carbono en todo tipo de molécula. Los más importantes de estos métodos, por su aplicabilidad, son la deshidrohalogenación de haluros de alquilo y la deshidratación de alcoholes. Ambos sufren la desventaja, donde la estructura lo permite, de la posibilidad de la eliminación de hidrógeno de cualquiera de los dos carbonos adyacentes al portador de  $-OH$ , lo que frecuentemente dan origen a isómeros.

La deshidratación de alcoholes, consiste en la eliminación del grupo  $-OH$  de la molécula de alcohol, para formar posteriormente un alqueno. Para ello, se agrega al alcohol, en presencia de calor, un ácido mineral; el cual actúa como catalizador dentro de la reacción. El mecanismo generalmente aceptado para la deshidratación de alcoholes se resume en las siguientes etapas: el alcohol se une con un ión hidrógeno para formar el alcohol protonado, el cual se disocia en agua y un ión carbonio; luego, éste pierde un ión hidrógeno para generar así el alqueno. (Morrison y Boyd, 1976)

- **Preparación de un producto de condensación:**

Una condensación aldólica entre dos compuestos carbonílicos diferentes se conoce como condensación aldólica cruzada; ésta no siempre es factible en un laboratorio, puesto que puede resultar una mezcla de cuatro productos. Sin embargo, tal síntesis puede ser factible comercialmente si la mezcla es separable y si los componentes pueden venderse. A nivel industrial, la condensación aldólica cruzada es empleada para la elaboración de la esencia de canela, esencia de jazmín y de alcoholes insaturados, principalmente, el alcohol n-butílico y el 2-etil-1-hexanol.



Para evitar la formación de productos colaterales indeseables en la reacción de condensación aldólica es necesario controlar las condiciones de reacción, para maximizar el rendimiento de la misma. En condiciones determinadas, se puede obtener un solo producto, y con un buen rendimiento, usando la condensación aldólica cruzada: (a) un reactivo no contiene hidrógenos  $\alpha$ , por lo que es incapaz de autocondensarse; (b) se mezcla el reaccionante con el catalizador; y luego (c) se agrega lentamente a esta mezcla un compuesto carbonílico que contenga hidrógenos  $\alpha$ . Así, en todo momento sólo hay una concentración muy baja del compuesto carbonílico ionizable, por lo que el carbocatión que genera reacciona casi exclusivamente con la otra sustancia carbonílica, presente en exceso.

Hay un gran número de condensaciones que guardan estrecha relación con la aldólica y cada una parece ser distinta a la otra. Sin embargo, un examen más detenido demuestra que, al igual que en la condensación aldólica, cada una de ellas supone un ataque de un ión carbonio a un grupo carbonílico. Entre estas condensaciones están: Perkin, Doebner y Claisen, entre otros. (Morrison y Boyd, 1976)

- **Preparación y propiedades de un colorante:**

Los colorantes azoicos o sintéticos son ampliamente utilizados a nivel industrial, su uso no sólo se limita al teñido de telas y tejidos, en muchas ocasiones son utilizados para teñir papeles, pinturas, entre otros; aunque su aplicación específica depende del uso determinado para el cual se ha sintetizado el colorante.

Las aminas aromáticas primarias reaccionan con el ácido nitroso para formar sales de diazonio. Cuando una amina aromática primaria, disuelta o suspendida en un ácido mineral acuoso y frío se trata con nitrito de sodio, se forma una sal diazonio. Las reacciones de las sales de diazonio se pueden agrupar en reacciones de reemplazo y copulación. El catión diazonio es inestable a temperaturas superiores a los 5 °C y se descompone para dar origen a una reacción de reemplazo, por lo tanto, para la preparación de un colorante, mediante la reacción de copulación o acoplamiento, es



necesario controlar la temperatura del baño helado donde se lleva a cabo la reacción para evitar que ocurran reacciones colaterales.

En condiciones apropiadas, las sales de diazonio pueden reaccionar con compuestos aromáticos para dar productos llamados azo-compuestos. En las reacciones de copulación es de máxima importancia que se ajuste el medio al grado correcto de acidez o alcalinidad; ya que en presencia de hidróxido de sodio muy concentrado el catión diazonio se puede transformar en otras sustancias que no copulan. (Morrison y Boyd, 1976)

- **Polímeros de adición y condensación:**

Un polímero es una sustancia constituida por cadenas largas de moléculas. El término macromolécula, o polímero, se aplica a las sustancias de peso molecular elevado que están compuestas por un gran número de unidades de bajo peso molecular, llamadas monómeros, que se unen entre sí por medio de enlaces covalentes.

Si los monómeros que forman la macromolécula están unidos por sus extremos formando una cadena larga sin que las distintas cadenas se encuentren unidas entre sí por enlaces covalentes, se denominan polímeros lineales. Dichos polímeros, salvo que su peso molecular sea muy alto, suelen ser solubles en distintos disolventes y al calentarse se ablandan o se funden, por lo cual pueden extruirse en forma de fibras o moldearse, adoptando la forma que se desee. Por ello, se dice que son termoplásticos. Por el contrario, aquellos polímeros cuyas cadenas se encuentran entrecruzadas, uniéndose entre sí en diversos puntos mediante enlaces covalentes, se denominan polímeros entrecruzados o termoestables. Este tipo de polímero adopta la forma de grandes redes tridimensionales que hacen que sean insolubles e infusibles.

El proceso de polimerización y puede realizarse de dos formas distintas:

- Polimerización por adición



### - Polimerización por condensación

Ambos tipos de reacciones han de ser capaces de continuar indefinidamente. Siempre que reaccionen dos moléculas de monómero, el producto resultante debe ser capaz de reaccionar con otro monómero para que la cadena pueda alargarse.

La polimerización por condensación consiste en la reacción entre dos moléculas y la pérdida de una molécula pequeña, para formar otra de mayor tamaño. Las condensaciones más comunes implican la formación de amidas y ésteres. (Morrison y Boyd, 1976)

- **Preparación de ésteres de interés industrial:**

Un ácido carboxílico se convierte directamente en un éster cuando se le calienta con un alcohol en presencia de un ácido mineral, el cual generalmente es ácido sulfúrico concentrado o cloruro de hidrógeno seco; esta reacción se conoce como “reacción de esterificación de Fisher”.

Esta reacción es reversible y generalmente alcanza el equilibrio cuando aún quedan cantidades apreciables de los reaccionantes. La esterificación directa tiene la ventaja de ser una síntesis de una sola etapa; si el ácido o bien el alcohol son baratos y de fácil acceso, pueden emplearse en gran exceso para así desplazar el equilibrio hacia la formación del éster, lo que favorece el rendimiento de la reacción. (Morrison y Boyd, 1976)

- **Obtención y propiedades de grasas, aceites y jabones:**

Las grasas y aceites son ésteres de la glicerina y se conocen como glicéridos, la diferencia entre ambos radica en que las grasas son sólidas a temperatura ambiente mientras que los aceites son líquidos a temperatura ambiente.



La saponificación es la reacción de hidrólisis de las grasas que produce sales de ácidos carboxílicos y glicerol. El jabón corriente actual es simplemente una mezcla de sales sódicas de ácidos grasos de cadenas largas mientras que, el detergente requiere el uso de alcoholes  $C_{12}$  a  $C_{18}$  para su manufactura. Los detergentes que más probablemente se emplean son sales sódicas de ácidos alquilbencenosulfónicos.

En cuanto al carácter limpiador, el problema del lavado es la grasa que compone y contiene la suciedad. El agua sola no es capaz de disolver estas sustancias hidrófobas; en contacto con el agua, las gotitas de aceite tienden a juntarse, de modo que se separa una capa oleosa y otra acuosa; la presencia de jabón cambia esta situación. Los extremos no polares de las moléculas de jabón se disuelven en la gotita de aceite, mientras que los grupos carboxilato se proyectan hacia la capa acuosa que los rodea. La repulsión entre cargas iguales evita que las gotas de aceite se unan, con lo que se forma una emulsión estable de aceite y agua que se puede separar de la superficie que se está lavando. (Morrison y Boyd, 1976)

- **Oxidación de compuestos orgánicos:**

El compuesto que resulte de la oxidación de un alcohol depende del número de hidrógenos unidos al átomo de carbono enlazado con el  $-OH$ , es decir, si el alcohol es primario, secundario o terciario. Los productos pueden ser aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos, estos son compuestos importantes, por lo que su preparación por oxidación de alcoholes es de gran valor en síntesis orgánica.

De los muchos reactivos que pueden emplearse para oxidar alcoholes, solamente se pueden considerar los más comunes, aquellos que contienen  $Mn(VII)$  y  $Cr(VI)$ . Los alcoholes primarios pueden oxidarse a aldehídos empleando permanganato de potasio o sodio. Puesto que los aldehídos se oxidan fácilmente a ácidos, los primeros deben ser eliminados de la mezcla reaccionante por medio de técnicas especiales para evitar su oxidación posterior. De igual forma, es posible oxidar alcoholes primarios a aldehídos mediante un complejo óxido crómico-piridina, que no oxida el aldehído a ácido carboxílico. (Morrison y Boyd, 1976)





---

## ANEXO 1

### MÉTODOS UTILIZADOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA RESIDUAL

- **DETERMINACIÓN DE CLORO: MÉTODO 4500-Cl B. IODOMETRIC (Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater, 1995)**

#### **Generalidades:**

El cloro liberará yodo de la solución de yoduro de potasio (KI) de pH 8 o menos. El yodo liberado es titulado con una solución estándar de tiosulfato de sodio usando almidón como indicador. Interferencias: Interfieren formas oxidadas del manganeso y otros agentes oxidantes. Agentes reductores como sulfuros orgánicos también interfieren.

**Reactivos:** ácido acético glacial, yoduro de potasio (cristales), solución estandarizada de tiosulfato 0,01 N ó 0,025 N, solución de yodo 0,0282 N.

#### **Procedimiento:**

1. Volumen de la muestra: Seleccionar un volumen de muestra que no requiera más de 20 mL de solución de tiosulfato de sodio 0,01 N ni menos de 0,2 mL para el punto final de almidón-yodo. Para un rango de concentración de cloro estimada de 1 a 10 mg/L, usar una muestra de 500 mL.
2. Preparación para la titulación: Colocar 5 mL de ácido acético, o suficiente para reducir el pH entre 3 y 4 en un frasco. Agregar 1 g de yoduro de potasio, luego, agregar la muestra y mezclar.



3. Titulación: Realizar la titulación alejado de la luz solar. Agregar la solución de tiosulfato de sodio 0,025 N ó 0,01 N en una bureta. Añadir 1 mL de solución de almidón y titular hasta que el color azul desaparezca.
4. Titulación del blanco: Tomar un volumen de agua destilada igual al de la muestra usada para la titulación, agregar 5 mL de ácido acético, 1 g de yoduro de potasio y 1 mL de solución de almidón. Realizar las titulaciones del blanco como se indica en a ó b, la que aplique:
  - a. Si el color azul aparece, titular con solución de tiosulfato 0,01 N ó 0,025 N hasta que el color desaparezca y registre el resultado. B es negativo (ver ecuación I).
  - b. Si no aparece el color azul, titular con solución de yodo 0,0282 N hasta que el color azul aparezca. Titular nuevamente con solución de tiosulfato de sodio 0,01 N ó 0,025 N y registrar la diferencia. B es positivo (ver ecuación I).

**Cálculo:**

$$\text{mgCl} = \frac{(A \pm B) \cdot N \cdot 35450}{\text{mLmuestra}} \quad (\text{I})$$

Donde:

A: Volumen gastado en la titulación de la muestra, (mL).

B: Volumen gastado en la titulación del blanco (positivo o negativo), (mL).

N: Normalidad de la solución de tiosulfato de sodio empleada en la titulación.

- **DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO: MÉTODO 4500-N<sub>org</sub>C. SEMI-MICRO-KJELDAHL (Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater, 1995)**

**Equipos:**

- a. Digestor: Usar frascos kjeldahl con una capacidad de 100 mL en un equipo de digestión semi-micro-kjeldahl, equipado con elementos de calentamiento. Los



elementos de calentamiento debe proveer de una temperatura entre 365 y 380 °C para una digestión efectiva.

- b. Equipo de destilación.
- c. pH-metro.

**Procedimiento:**

1. Selección del volumen de la muestra: Determinar el volumen de la muestra siguiendo la tabulación que se muestra a continuación:

<b>Nitrógeno en la muestra (mg/L)</b>	<b>Volumen de la muestra (mL)</b>
4-40	50
8-80	25
20-200	10
40-400	5

2. Eliminación de amoníaco: Tomar 50 mL de la muestra o el volumen apropiado y diluir a 50 mL con agua en un beaker de 100 mL. Agregar 3 mL de buffer de borato y ajustar el pH a 9,5 con hidróxido de sodio 6 N, usando un pH-metro. Transferir la muestra a un frasco kjeldahl de 100 mL de capacidad y destilar hasta 30 mL. Si la muestra no requiere eliminación de amoníaco realizar directamente la digestión de la muestra.
3. Digestión: Cuidadosamente, agregar 10 mL de reactivo de digestión al frasco kjeldahl que contiene la muestra. Introducir 5 ó 6 perlas de vidrio (3-4 mm de diámetro). Realizar el calentamiento dentro de la campana, para remover adecuadamente los humos de SO<sub>3</sub>. Continuar la destilación rápidamente hasta que la solución se aclare. Luego, colocar los calentadores en su nivel máximo y realizar la digestión por 30 min. Transferir la muestra por dilución y lavado dentro del equipo de destilación micro-kjeldahl, el volumen no debe exceder 30 mL.
4. Destilación: Destilar y recolectar 30-40 ml de destilado con 10 mL de una solución de ácido bórico contenido en un matraz de 125 mL.



5. Medición final de amoníaco: Determinar la concentración de amoníaco por nesslerización, titulación o método del electrodo selectivo.

- **DETERMINACIÓN DE FÓSFORO: MÉTODO 4500-PC VANADOMOLYBDOPHOSPHORIC ACID COLORIMETRIC (Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater, 1995)**

**Equipos:** Espectrofotómetro, filtro y papel de filtro.

**Reactivos:** Fenolftaleína, ácido clorhídrico, carbón activado, reactivo vanadato-molibdato:

Solución A: Disolver 25 g de molibdato de amonio en 300 mL de agua destilada.

Solución B: Disolver 1,25 g de vanadato de amonio en 300 mL de agua destilada mediante calentamiento; enfriar y agregar 330 mL de ácido clorhídrico concentrado.

Enfriar la solución B a temperatura ambiente, mezclar las soluciones A y B y diluir a 1 L.

Solución de fosfato: Disolver 219,5 mg de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  en agua destilada y diluir hasta 1000 mL.

**Procedimiento:**

- a. Ajuste del pH de la muestra: Si el pH de la muestra es mayor a 10, agregar 1 gota de fenolftaleína a 50 mL de la muestra y obtener un cambio a color rojo añadiendo 1+1 HCl, antes de diluir a 100 mL.
- b. Eliminación de color de la muestra: Remover el color de la muestra mediante agitación de 50 mL de la muestra con 200 mg de carbón activado en un matraz por 5 min, filtrar para remover el carbón.
- c. Color desarrollado en la muestra: Colocar 35 mL o menos de la muestra en un matraz de 50 mL. Agregar 10 mL del reactivo vanadato-molibdato y diluir con agua destilada. Preparar un blanco, en el cual los 35 mL de agua destilada son sustituidos por la muestra. Luego de 10 min o más, medir la absorbancia de la muestra y del



blanco a una longitud de onda de 400-490 nm. El color es estable por días y su intensidad no es afectada por los cambios en la temperatura ambiente.

- d. Preparación de la curva de calibración: Preparar una curva de calibración usando volúmenes adecuados de la solución estándar de fosfato. Realizar una familia de curvas de calibración para la solución estándar de fosfato a diferentes longitudes de onda. Estimar la concentración de fósforo mediante la comparación con las curvas de calibración elaboradas.

**Cálculos:**

$$\text{mgP /L} = \frac{\text{mgP} \cdot 1000}{\text{mLmuestra}} \quad (\text{II})$$

Donde:

mgP/L: Concentración de fósforo, (mg/L).

mgP: Masa de fósforo determinada mediante la curva de calibración, (mg).

mLmuestra: Volumen de muestra, (mL).

- **DETERMINACIÓN DE SULFATOS: MÉTODO 4500-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> E. TURBIDIMETRIC (Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater, 1995)**

**Generalidades:**

El ión sulfato precipita en ácido acético y cloruro de bario, consecuencia de la formación de sulfato de bario. La absorbancia de la suspensión del sulfato de bario es medida por un fotómetro y la determinación de la concentración de iones sulfato es por comparación de lectura con una curva de calibración. Interferencias: El color o material suspendido puede interferir, sílice en exceso puede interferir. En aguas que tienen gran contenido de materia orgánica puede que el sulfato de bario no precipite satisfactoriamente.

**Equipos:** Agitador magnético, fotómetro, cronómetro.



**Reactivos:**

- a. Solución buffer A: Disolver 30 g de cloruro de magnesio, 5 g de acetato de sodio, 1 g de nitrato de potasio y 20 mL de ácido acético (99%), en 500 mL de agua destilada y completar hasta 1000 mL.
- b. Solución buffer B (requerida cuando la concentración de ión sulfato es inferior a 10 mg/L): Disolver 30 g de cloruro de magnesio, 5 g de acetato de sodio, 1 g de nitrato de potasio, 0,111 g de sulfato de potasio y 20 mL de ácido acético (99%), en 500 mL de agua destilada y completar hasta 1000 mL.
- c. Cloruro de bario.
- d. Solución estándar de sulfato: Disolver 0,1479 g de sulfato de sodio anhidro en agua destilada y diluir hasta 1000 mL.

**Procedimiento:**

- a. Formación de la turbidez de sulfato de bario: Colocar 100 mL de la muestra en un matraz de 250 mL de capacidad. Agregar 20 mL de la solución buffer y mezclar en el equipo de agitación, añadir una cucharada de cristales de cloruro de bario y medir el tiempo inmediatamente. Agitar por 60 segundos a velocidad constante.
- b. Medición de la turbidez de sulfato de bario: Luego que el período de agitación ha terminado, colocar la solución en una celda del fotómetro y medir la turbidez.
- c. Preparación de la curva de calibración: Estimar la concentración de iones sulfato mediante la comparación con una curva de calibración preparada con soluciones estándar de iones sulfato.

**Cálculos:**

$$\text{mgSO}_4^{-2} / \text{L} = \frac{\text{mgSO}_4^{-2} \cdot 1000}{\text{mLmuestra}} \quad (\text{III})$$



Donde:

$\text{mgSO}_4^{-2} / \text{L}$ : Concentración de sulfatos, (mg/L).

$\text{mgSO}_4^{-2}$ : Masa de sulfatos determinada mediante la curva de calibración, (mg).

mLmuestra: Volumen de muestra, (mL).

- **DETERMINACIÓN DE DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO: MÉTODO 5220 B. OPEN REFLUX (Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater, 1995)**

**Generalidades:**

Principio: La muestra es colocada en un equipo de reflujo con una solución fuertemente ácida de dicromato de potasio en exceso. Luego de la digestión, el dicromato de potasio remanente no reducido es titulado con sulfato de amonio-ferroso para determinar la cantidad de dicromato de amonio consumida y la materia orgánica oxidable es calculada en términos de equivalentes de oxígeno.

**Equipos:** Equipo de reflujo.

**Reactivos:**

- a. Solución de dicromato de potasio 0,0417 M.
- b. Reactivo de ácido sulfúrico: Agregar sulfato de plata al ácido sulfúrico concentrado a una rata de 5,5 g de sulfato de plata por kg de ácido sulfúrico.
- c. Solución estándar de sulfato amonio-hierro (FAS), aproximadamente de 0,25 M.
- d. Sulfato de mercurio ( $\text{HgSO}_4$ ), en cristales.
- e. Potasio hidrógeno ftalato, KHP ( $\text{HOOCC}_6\text{H}_4\text{COOK}$ ): Disolver 425 g de KHP en agua destilada y disolver a 1000 mL.



### Procedimiento:

Tratamiento de muestras con demanda química de oxígeno mayor a 50 mg O<sub>2</sub>/L: Colocar 50 mL de muestra en un frasco de reflujo de 500 mL de capacidad. Agregar 1 g de sulfato de mercurio, perlas de vidrio, y muy lentamente añadir 5 mL del reactivo de ácido sulfúrico. Mezclar para disolver el sulfato de mercurio. Enfriar mientras se lleva a cabo el mezclado para evitar pérdida de materiales por volatilización. Agregar 25 mL de solución de dicromato de potasio 0,0417 M y mezclar. Añadir 70 mL adicionales del reactivo de ácido sulfúrico y continuar agitando mientras se agrega. Colocar el condensado en el equipo de reflujo por 2 horas; luego, desconectar el equipo de reflujo y diluir la mezcla aproximadamente dos veces su volumen usando agua destilada.

Enfriar a temperatura ambiente y titular el dicromato de potasio remanente con FAS 0,25 M. El primer cambio de color de azul-verde a marrón rojizo es tomado como el punto final de la titulación. De la misma manera, someter a reflujo y titular un blanco que contenga los reactivos y un volumen de agua destilada igual al de la muestra.

### Cálculos:

$$\text{COD} = \frac{(A - B) \cdot M \cdot 8000}{\text{mLmuestra}} \quad (\text{IV})$$

Donde:

COD: Demanda química de oxígeno, (mg/L).

A: Volumen de FAS usado para titular el blanco, (mL).

B: Volumen de FAS usado para titular la muestra, (mL).

M: Molaridad del FAS, (M).



- **DETERMINACIÓN DE DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO: MÉTODO 5210 B. 5-DAY BOD TEST (Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater, 1995)**

**Generalidades:**

El método consiste en llenar un recipiente hermético con la muestra hasta desbordar, incubado a una temperatura específica por 5 días. El oxígeno disuelto es medido inicialmente y después de la incubación, y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es obtenida mediante la diferencia entre el oxígeno disuelto inicial y final.

**Equipos:** Botellas de incubación de 200-300 mL de capacidad, incubadora de aire o baño de agua (con temperatura controlada a 20°C).

**Reactivos:**

- a. Solución buffer de fosfato: Disolver 8,5 g de  $K_2HPO_4$ , 33,4 g de  $Na_2HPO_4$  y 1,7 g de  $NH_4Cl$  en 500 mL de agua destilada y diluir hasta 1 L.
- b. Solución de sulfato de magnesio: Disolver 22,5 g de sulfato de magnesio en agua destilada y diluir hasta 1 L.
- c. Solución de cloruro de calcio: Disolver 27,5 g de cloruro de calcio en agua destilada y diluir hasta 1 L.
- d. Solución de cloruro férrico: Disolver 0,25 g de cloruro férrico en agua destilada y diluir hasta 1 L.
- e. Solución de cloruro de amonio: Disolver 1,15 g de cloruro de amonio en agua destilada y diluir hasta 1 L.
- f. Ácido sulfúrico.
- g. Tiosulfato de sodio (0,025 N).



---

**Procedimiento:**

- a. Según la cantidad de muestras a evaluar, se somete a aireación cierta cantidad de agua destilada por un lapso de 1 y  $\frac{1}{2}$  hora.
- b. Se mide el pH de cada muestra, ajustando hasta pH neutro (7), utilizando ácido sulfúrico (1:3) si el pH es básico, y NaOH (6N) si es ácido. Esto se realiza con la finalidad de proporcionar un medio adecuado para el desarrollo de las bacterias.
- c. Luego de transcurrir 1 y  $\frac{1}{2}$  hora, al agua aireada se le agregan los nutrientes: solución buffer de fosfato, cloruro de calcio y cloruro férrico. Se debe agregar 1 mL de cada nutriente por litro de agua aireada (agua de dilución).
- d. Se procede a airear el agua de dilución de 2 a 5 minutos.
- e. Se mide el oxígeno disuelto al agua de dilución (oxígeno disuelto inicial).
- f. La cantidad de veces que hay que diluir la muestra debe ser tal que después del período de incubación contenga todavía oxígeno disuelto en cantidad apreciable.
- g. Conocidas las diluciones a realizar se coloca en las botellas de incubación la cantidad de muestra, completando su volumen con agua de dilución, asegurándose que las botellas queden tapadas herméticamente y teniendo cuidado de no dejar burbujas de aire.
- h. Se colocan las botellas en la incubadora por cinco días manteniendo la temperatura a 20°C.
- i. Pasado los cinco días se titula con tiosulfato de sodio (0,025 N). La demanda bioquímica de oxígeno se determina como la diferencia entre el oxígeno disuelto inicial y final.

- **DETERMINACIÓN DE TENSOACTIVOS: MÉTODO 5540 C. ANIONIC SURFACTANTS AS MBAS (Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater, 1995)**

**Generalidades:**

El método de MBAS es muy usado para estimar el contenido de tensoactivos aniónicos en el agua y en el agua residual. Este método comprende tres extracciones



sucesivas de una solución acuosa ácida que contiene exceso de azul de metileno en cloroformo, seguido por la medición del color azul en el cloroformo por espectrofotometría a 652 nm. Interferencias: La presencia de sustancias orgánicas como sulfatos, carboxilatos y fenoles, y de sustancias inorgánicas como tiocianatos, nitratos y cloruros, puede influir en la transferencia del azul de metileno en la fase de cloroformo.

**Equipos:** Espectrofotómetro, embudos de separación.

**Reactivos:**

- a. Solución estándar de alquilbenceno lineal (LAS): Diluir 10 mL de alquilbenceno hasta 1000 mL usando agua destilada.
- b. Fenolftaleína (indicador).
- c. Hidróxido de sodio, 1N.
- d. Ácido sulfúrico, 1 N y 6 N.
- e. Cloroformo.
- f. Reactivo de azul de metileno: Disolver 100 mg de azul de metileno en 100 mL de agua destilada. Transferir 30 mL a un matraz de 1000 mL; agregar 500 mL de agua, 41 mL de ácido sulfúrico 6 N y 50 g de fosfato de sodio. Agitar hasta disolver y diluir a 1000 mL.
- g. Peróxido de hidrógeno, 30%.

**Procedimiento:**

- a. Preparación de la curva de calibración: Prepare en 10 embudos de separación con 0, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 y 20 mL de solución LAS. Agregar suficiente agua para completar 100 mL en cada embudo. Realizar una curva de calibración de absorbancia vs. microgramo de LAS en la solución.
- b. Volumen de la muestra: Seleccionar el volumen de la muestra de acuerdo a la concentración de MBAS esperada:



<b>Concentración MBAS esperada (mg/L)</b>	<b>Volumen de la muestra (mL)</b>
0,025-0,080	400
0,08-0,40	250
0,4-2,0	100

Si la concentración esperada es superior a 2,0 mg/L será necesario realizar diluciones.

c. Tratamiento con peróxido de hidrógeno: Si es necesario evitar la decoloración del azul de metileno por la presencia de sulfuros, agregar unas pocas gotas de peróxido de hidrógeno al 30%.

d. Extracción:

- Agregar la muestra a un embudo de separación. Hacer la muestra alcalina mediante la adición gota a gota de hidróxido de sodio 1N, usando fenolftaleína como indicador. Desaparecer el color rosado por adición gota a gota de ácido sulfúrico 1 N.
- Agregar 10 mL de cloroformo y 25 mL de reactivo de azul de metileno. Agitar vigorosamente el embudo por 30 segundos y dejar separar las fases.
- Extraer la capa de cloroformo del embudo de separación y repetir el proceso de extracción dos veces más usando 10 mL de cloroformo cada vez.
- Combinar todos los extractos de cloroformo.

e. Medición: Mida la absorbancia del extracto y determine los microgramos de MBAS usando la curva de calibración.

**Cálculos:**

$$\text{mgMBAS /L} = \frac{\mu\text{gLAS}}{\text{mLmuestra}} (V)$$

Donde:

mgMBAS/L: Concentración de tensoactivos aniónicos, (mg/L).

$\mu\text{gLAS}$ : Masa de LAS, (microgramos).

mLmuestra: Volumen de la muestra, (mL).



























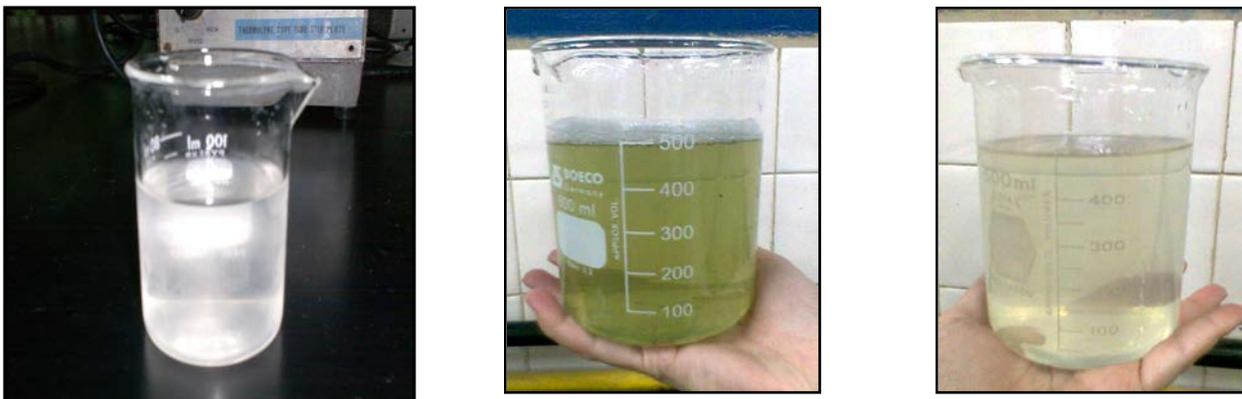


Figura 1. Muestras de agua residual 4-A (izquierda), 7-O (medio) y mezcla (derecha) crudas.



Figura 2. Lodo formado luego del tratamiento de las muestras de agua residual 4-A (izquierda), 7-O (medio) y mezcla (derecha).



Figura 3. Muestras 4-A (izquierda), 7-O (medio) y mezcla (derecha) tratadas mediante coagulación-floculación.



## ANEXO 3

### RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS GASEOSOS



Hidrolab Toro Consultores, C.A.

Emisiones Atmosféricas

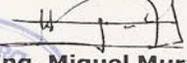
REF: AG-001-EA-2.008

#### CARACTERIZACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES

Revisado por:

  
Ing. Edilmar Del Nogal

Aprobado por:

  
Ing. Miguel Mura V.



Realizado por:

TSU. Grises Llovera  
TSU. Nayrin Toro

VALENCIA, JUNIO DE 2.008

Calle Silva entre Av. Montes de Oca y Carabobo. Edif. Hielo El Polo, Local C. La Candelaria-Valencia, Edo. Carabobo.  
Venezuela-Tlf. (0241) 8312630-8355461-Fax: (0241) 8312874. Emails: [hidrolab@telcel.net.ve](mailto:hidrolab@telcel.net.ve)-[hidrolab@cantv.net](mailto:hidrolab@cantv.net)

Fecha de Elaboración  
26 de Junio de 2.008

Página 1 de 3



Hidrolab Toro Consultores, C.A.

Emisiones Atmosféricas

REF: AG-001-EA-2.008

## CARACTERIZACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS

### 1 INTRODUCCIÓN

**HIDROLAB TORO CONSULTORES, C.A.**, con el Permiso N° 02-038, Inscrito en el Registro de Laboratorios Ambientales de la Dirección General Sectorial de Calidad Ambiental, adscrita al Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, realizó el análisis de muestras de gas de chimeneas captadas por Adriana González.

### 2 DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO

#### 2.1 OBJETIVO

El objetivo es determinar las concentraciones de Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC) presentes en las muestras.

#### 2.2 ALCANCE

El alcance consistió en determinar la concentración de:

- 1 muestra de VOC

### 3 MÉTODOS DE ANÁLISIS

En la realización de los análisis **HIDROLAB TORO CONSULTORES, C.A.**, utilizó los métodos de la Norma Venezolana **COVENIN** y los métodos de la **Environmental Protection Agency (EPA)**, para la determinación de cada uno de los parámetros exigidos para el informe final.

- Análisis por cromatografía de gases. Método 18 EPA: Determination of Compound Organic Volatile.

Calle Silva entre Av. Montes de Oca y Carabobo. Edif. Hielo El Polo, Local C. La Candelaria-Valencia, Edo. Carabobo. Venezuela-Tlf. (0241) 8312630-8355461-Fax: (0241) 8312874. Emails: [hidrolab@telcel.net.ve](mailto:hidrolab@telcel.net.ve)-[hidrolab@cantv.net](mailto:hidrolab@cantv.net)

Fecha de Elaboración  
26 de Junio de 2.008

Página 2 de 3



Hidrolab Toro Consultores, C.A.

Emisiones Atmosféricas

REF: AG-001-EA-2.008

#### 4 RESULTADOS

A continuación se presenta un cuadro resumen con los resultados para cada una de las muestras:

**Cuadro N° 1**  
**CARACTERIZACIÓN DE LAS MUESTRAS SUMINISTRADAS POR**  
**ADRIANA GONZALEZ**

Fuente	Fecha de Captación	Fecha de Análisis	Concentración de Compuestos Orgánicos Volátiles, mg/m <sup>3</sup>
Muestra N° 1	29/05/2008	03/06/2008	N.D.

N.D.: No Detectado

Calle Silva entre Av. Montes de Oca y Carabobo. Edif. Hielo El Polo, Local C. La Candelaria-Valencia, Edo. Carabobo.  
Venezuela-Tlf. (0241) 8312630-8355461-Fax: (0241) 8312874. Emails: [hidrolab@telcel.net.ve](mailto:hidrolab@telcel.net.ve)-[hidrolab@cantv.net](mailto:hidrolab@cantv.net)

Fecha de Elaboración  
26 de Junio de 2.008

Página 3 de 3



Description : ADRIANA GONZALEZ  
Conditions : MUESTRA: TESIS  
: ANALISIS: VOC  
: DETECTOR: FID  
: FECHA DE CAPTACION : 29-05-08 ANALISIS: 03-06-08  
: VOLUMEN INYECTADO: 1ul DILUCION: 5ml  
File : 3726.CHR  
Temperature : A0001.TEM  
Components : CALDIC1.CPT



Component	Number	Retention	Area	External	Units
	0		0.00	0.00	



Hidrolab Toro Consultores, C.A.

Emisiones Atmosféricas

REF: AG-002-EA-2.008

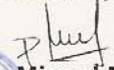
**CARACTERIZACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS  
COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES**

Revisado por:

Aprobado por:

  
Ing. Edilmar Del Nogal  
Jefe Dpto. Aire



  
Mag. Miguel Mura V.  
Director-Gerente

Realizado por:

TSU. Grises Llovera  
TSU. Nayrin Toro

VALENCIA, JULIO DE 2.008

Calle Silva entre Av. Montes de Oca y Carabobo. Edif. Hielo El Polo, Local C. La Candelaria-Valencia, Edo. Carabobo.  
Venezuela-Tlf. (0241) 8312630-8355461-Fax: (0241) 8312874. Emails: [hidrolab@telcel.net.ve](mailto:hidrolab@telcel.net.ve)-[hidrolab@cantv.net](mailto:hidrolab@cantv.net)

Fecha de Elaboración  
29 de Julio de 2.008

Página 1 de 3



## CARACTERIZACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS

### 1 INTRODUCCIÓN

**HIDROLAB TORO CONSULTORES, C.A.**, con el Permiso Nº 02-038, Inscrito en el Registro de Laboratorios Ambientales de la Dirección General Sectorial de Calidad Ambiental, adscrita al Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, realizó el análisis de muestras de gas de chimeneas captadas por Adriana González.

### 2 DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO

#### 2.1 OBJETIVO

El objetivo es determinar las concentraciones de Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC) presentes en las muestras.

#### 2.2 ALCANCE

El alcance consistió en determinar la concentración de:

- 1 muestra de VOC

### 3 MÉTODOS DE ANÁLISIS

En la realización de los análisis **HIDROLAB TORO CONSULTORES, C.A.**, utilizó los métodos de la Norma Venezolana **COVENIN** y los métodos de la **Environmental Protection Agency (EPA)**, para la determinación de cada uno de los parámetros exigidos para el informe final.

- Análisis por cromatografía de gases. Método 18 EPA: Determination of Compound Organic Volatile.

---

Calle Silva entre Av. Montes de Oca y Carabobo. Edif. Hielo El Polo, Local C. La Candelaria-Valencia, Edo. Carabobo. Venezuela-Tlf. (0241) 8312630-8355461-Fax: (0241) 8312874. Emails: [hidrolab@telcel.net.ve](mailto:hidrolab@telcel.net.ve)-[hidrolab@cantv.net](mailto:hidrolab@cantv.net)

Fecha de Elaboración  
29 de Julio de 2.008

Página 2 de 3



Hidrolab Toro Consultores, C.A.

Emisiones Atmosféricas

REF: AG-002-EA-2.008

#### 4 RESULTADOS

A continuación se presenta un cuadro resumen con los resultados para cada una de las muestras:

**Cuadro N° 1**  
**CARACTERIZACIÓN DE LAS MUESTRAS SUMINISTRADAS POR**  
**ADRIANA GONZALEZ**

Fuente	Fecha de Captación	Fecha de Análisis	Concentración de Compuestos Orgánicos Volátiles, mg/m <sup>3</sup>
Muestra N° 2	03/07/2008	26/07/2008	N.D.

N.D.: No Detectado

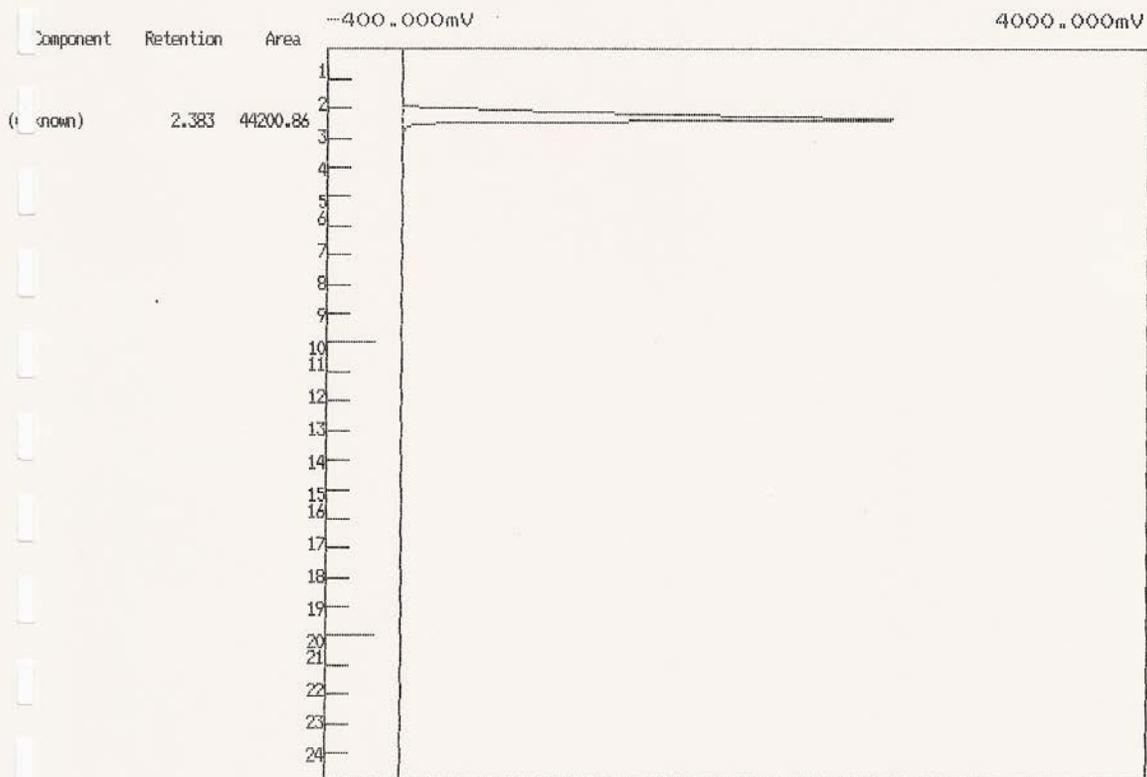
Calle Silva entre Av. Montes de Oca y Carabobo. Edif. Hielo El Polo, Local C. La Candelaria-Valencia, Edo. Carabobo.  
Venezuela-Tlf. (0241) 8312630-8355461-Fax: (0241) 8312874. Emails: [hidrolab@telcel.net.ve](mailto:hidrolab@telcel.net.ve)-[hidrolab@cantv.net](mailto:hidrolab@cantv.net)

Fecha de Elaboración  
29 de Julio de 2.008

Página 3 de 3



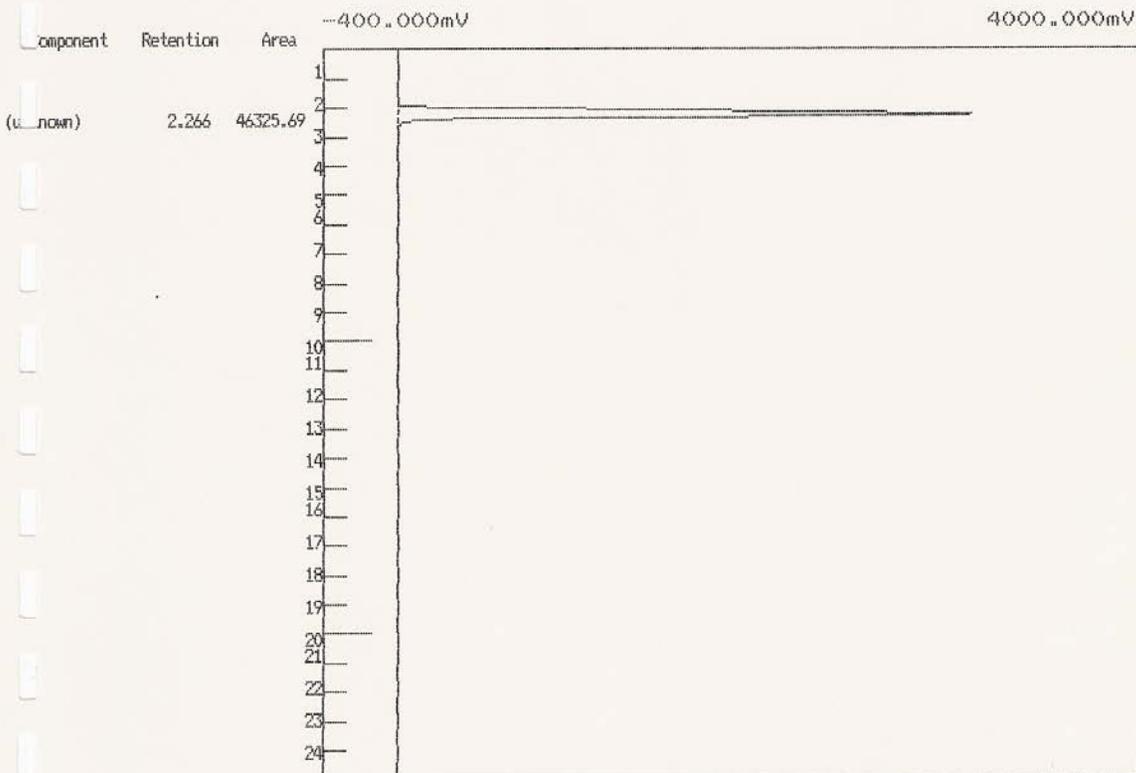
Description : Adriana Gonzal  
Conditions : Muestra: M1 Fraccion: 1  
: Analisis: VOC  
: Detector: FID  
: Analisis: 26/07/08 Muestreo: 03/07/08  
: Inyeccion: 1 uL Dilucion: 1 mL metanol  
File : 3992.CHR  
Temperature : A0001.TEM  
Components : CALDIC1.CPT



Component	Number	Retention	Area	External	Units
	0		0.00		0.00



Description : Adriana Gonzal  
Conditions : Muestra: M2 Fraccion: 2  
: Analisis: VOC  
: Detector: FID  
: Analisis: 26/07/08 Muestreo: 03/07/08  
: Inyeccion: 1 uL Dilucion: 1 mL metanol  
File : 3994.CHR  
Temperature : A0001.TEM  
Components : CALDIC1.CPT



Component	Number	Retention	Area	External	Units
0			0.00	0.00	