



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**“EFECTO DE LA CANTIDAD DE RESIDUO DE JARDIN
SOBRE EL CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA EN UN
SUELO DE TIPO ARENA LIMOSA (SM)”.**

Trabajo presentado a la Universidad de Carabobo como requisito
para optar al título de INGENIERO CIVIL

RANGEL, DANIEL
RODRÍGUEZ G., CARLOS A.

Valencia, Octubre de 2010



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“EFECTO DE LA CANTIDAD DE RESIDUO DE JARDIN
SOBRE EL CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA EN UN
SUELO DE TIPO ARENA LIMOSA (SM)”.**

Autores: Rangel, Daniel.

Rodríguez G. Carlos

Tutor(a): Prof. Mariela, Aular

Valencia, Octubre de 2010.



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



Autores: Rangel Daniel

Rodríguez Carlos

Tutor(a): Prof. Mariela, Aular

**“EFECTO DE LA CANTIDAD DE RESIDUO DE JARDIN SOBRE EL
CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA EN UN SUELO DE TIPO ARENA
LIMOSA (SM)”.**

RESUMEN

La contaminación es cualquier sustancia o forma de energía que puede provocar algún daño o desequilibrio, irreversible o no, en un ecosistema afectando a los seres vivos que se encuentren presente, los desechos sólidos, entre los cuales se encuentran los desechos de jardín, no son debidamente tratados en los rellenos sanitarios o vertederos, contribuyendo con el desequilibrio, se conoce que la materia orgánica puede ser utilizada como abono, mediante esta premisa surge el interés de Evaluar el efecto de la cantidad de residuo de jardín sobre el contenido de materia orgánica en un suelo de tipo arena limosa (SM), con un ángulo de fricción de $29,8^\circ$ y cohesión promedio de 3.1 ton/m^2 . En un suelo ubicado en el Sector V del Municipio Naguanagua, en el Estado Carabobo, aplicando una técnica que se apoya en ciertos parámetros empleados por el compostaje. El diseño de la investigación es de tipo experimental con un tipo de selección de muestra no probabilístico, se utilizaron 4 muestras de 3200 cc de suelo contenidas en envases de 5000 cc. a los cuales se le añadieron 1%, 3% y 5% de residuo vegetal (grama) del volumen de suelo, y una muestra que se dejó original la cual recibe el nombre de muestra blanco o de control. Se realizó un análisis de la carga bacteriana a las muestras durante cuatro semanas consecutivas en el Centro de Investigaciones Microbiológicas Aplicada (CIMA) de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de Carabobo, dando como resultado que el residuo vegetal mejora rotundamente la calidad del suelo aumentando la carga bacteriana que se encuentre, los microorganismos son estimulados con el residuo vegetal y logran adaptarse al nuevo medio degradando la materia orgánica satisfactoriamente siendo el mejor porcentaje que se le puede añadir al suelo de este sector el 1% de residuo vegetal. Palabras claves: suelo, materia orgánica, compostaje.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AMBIENTAL



CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes miembros del jurado asignado para evaluar el trabajo especial de grado titulado **“EFECTO DE LA CANTIDAD DE RESIDUO VEGETAL DE JARDÍN SOBRE EL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA EN UN SUELO DE TIPO ARENA LIMOSA (SM).”**, realizado por los bachilleres: **RANGEL B. DANIEL A.**, Cédula de identidad: 18.410.554, **RODRIGUEZ G. CARLOS A.**, Cédula de identidad 17.450.289, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo.

Prof. Mariela Aular
TUTOR

Prof. Arnoldo Gómez
JURADO

Prof. Norma Licon
JURADO

Valencia, Octubre de 2010.

DEDICATORIA

Al culminar una de mis grandes metas; dedico este trabajo a todas aquellas personas que de una manera u otra me incentivaron en el transcurrir del tiempo. Y muy especialmente a:

A Dios mi señor, por enseñarme el camino hacia el éxito, por darme paciencia, luz, mucha salud, enseñarme el amor y por darme una gran familia.

A mi Papá Jaime y a mi Mamá Magalli mis motivos de perseverancia, mis grandes apoyos cuyo amor y confianza fueron esenciales en los momentos difíciles. Por su lucha y esfuerzo en darnos lo mejor a mí y a mis hermanos.

A mis hermanos que los quiero mucho que durante todo mis momentos de mi vida me han enseñado a crecer a Polly, sé que disfruta mucho esta meta conmigo, a Jaime y a Lyly que quisiera verlos algún día cumplir esta meta y a Lyly mi mas gran apoyo de todos los días y quien conoce todos mis secretos y aventuras.

A mis grandes y preciosos sobrinos que los adoro y los quiero con locura, Alejandro, Esteban, Omar José y Marcela porque son mi alegría de todos los días.

A mi único y el gran amor de mi vida, José R Guerrer

Carlos Rodriguez

DEDICATORIA

Este trabajo de grado está dedicado a mis padres que fueron quienes me trajeron al mundo y me brindaron todo su apoyo durante todo este tiempo, a mi madre que me está viendo desde el cielo y sé que estará orgullosa de mí, a mi familia que nunca dudó en darme todo su apoyo incondicional.

A todo aquel que de alguna forma tanto directa como indirectamente a contribuido a las decisiones que he tomado hasta hoy y que me han brindado todo su apoyo, sobre todo en los peores momentos de mi vida, se que aun están allí esperando para ayudarme a levantar en caso de que me tropiece y que nunca me abandonaran pase lo que pase. En especial a mis mejores amigos Miguel Lucero, Luis Patiño, Eduardo Abellana, Elim Hernández Yllyanna Vargas, José guerreo.

A mis profesores por lograra transmitirme todo lo que saben y por ayudarme en mis peores momentos, en especial Aura Parraga, Fernando Villalobos, Mariela Aular, entre tantos que no caben en esta hoja.

A todas la personas con que tuve la oportunidad de compartir los mejores momentos durante el desarrollo de mi carrera dentro y fuera de la universidad y me dieron la oportunidad de sentir que no estaba solo, pues la verdad siempre he contado y contare con ustedes donde quiera que este.

Daniel Rangel

AGRADECIMIENTOS

Gracias por ayudarnos a alcanzar este sueño directa o indirectamente. Esta meta alcanzada es tan de nosotros como de todos ustedes. En especial agradecimientos a:

A Dios, por darnos fuerzas para salir adelante después de cada tropiezo y enseñarnos que con perseverancia y constancia si se puede.

A nuestros Padres y familias por guiarnos, escucharnos, por brindarnos sus palabras de aliento y apoyo, en nuestras vidas, carrera universitaria y en el presente trabajo de grado.

Con mucho cariño a nuestra tutora Mariela Aular, por su paciencia y dedicación; por brindarnos su apoyo en la realización de nuestra tesis.

A César Robles Machado por su amistad, ayuda y apoyo en la realización del presente trabajo de grado.

A todos nuestros amigos, les agradecemos a todos ustedes el haber llegado a nuestras vidas y el compartir momentos agradables y momentos tristes, esos momentos son los que nos hacen crecer y valorar a las personas que nos rodean.

A la Universidad de Carabobo por ser nuestra casa de estudio y a todos los profesores gracias por los conocimientos que nos impartieron a lo largo de nuestra carrera.

Daniel y Carlos.

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

iii

| | |
|----------------------------|------|
| DEDICATORIAS | iv |
| AGRADECIMIENTOS | vi |
| RESUMEN | vii |
| ÍNDICE GRÁFICAS Y FIGURAS | xi |
| ÍNDICE DE CUADROS Y TABLAS | xiii |
| INTRODUCCIÓN | 14 |

CAPITULO I: EL PROBLEMA

| | |
|-------------------------------|----|
| Planteamiento del Problema | 16 |
| Objetivos de la Investigación | 19 |
| Objetivos Generales | 19 |
| Objetivos Específicos | 19 |
| Justificación | 19 |
| Delimitación | 21 |

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

| | |
|---|----|
| Antecedentes de la Investigación | 22 |
| Bases Teóricas | 24 |
| Residuos sólidos | 24 |
| Residuos peligrosos y no peligrosos | 24 |
| Residuos orgánicos e inorgánicos | 24 |
| Clasificación de los residuos sólidos | 25 |
| Materiales generalmente recuperados de los residuos sólidos | 26 |
| Técnicas de minimización de los residuos sólidos | 27 |

| | |
|--|----|
| Relleno sanitario | 28 |
| Crecimiento bacteriano | 29 |
| Muerte de un microorganismo | 32 |
| Detección y medida del crecimiento bacteriano | 34 |
| Ciclo de crecimiento bacteriano | 36 |
| Factores físicos y químicos que influyen en el crecimiento bacteriano | 38 |
| Conclusiones sobre el crecimiento bacteriano | 39 |
| Ley de tolerancia de Shelford | 42 |
| Consecuencias ley de tolerancia | 43 |
| El suelo | 44 |
| Clasificación de los suelos | 45 |
| Causas de la degradación o destrucción de los suelos | 46 |
| Composición del suelo | 47 |
| Estructura del suelo | 50 |
| Expresión del contenido hídrico | 56 |
| Importancia de la materia orgánica del suelo | 57 |
| Procesamiento de residuos de jardín | 61 |
| Diferencia entre compostaje, compost y humus | 62 |
| Factores que condicionan el proceso de compostaje | 63 |
| Sistema de hipótesis y variables | 65 |
| | |
| CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO | |
| Tipo de Investigación | 68 |
| Diseño de la Investigación | 68 |
| | |
| Descripción de la metodología | |
| Ubicación del suelo | 69 |

| | |
|---|----|
| Establecer la cantidad de residuo vegetal a añadir | 70 |
| Determinación de la carga bacteriana presente en el suelo con residuo vegetal | 70 |
| Condiciones optimas necesarias para la realización del experimento | 71 |
| Comparación de la carga bacteriana del suelo blanco o de control y el suelo con residuo vegetal | 71 |
| Población | 71 |
| Muestra | 72 |
| Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 73 |
| Análisis de datos | 74 |
| CAPITULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS | |
| Presentación análisis y resultados | 75 |
| Muestra blanco o control | 76 |
| Muestra con residuo de jardín 1% | 77 |
| Crecimiento bacteriano blanco vs 1% | 79 |
| Muestra con residuo de jardín 3% | 80 |
| Crecimiento bacteriano blanco vs 3% | 82 |
| Muestra con residuo de jardín 5% | 83 |
| Crecimiento bacteriano blanco vs 5% | 84 |
| Crecimiento bacteriano blanco 1% 3% 5% | 86 |
| CONCLUSIONES | 88 |
| RECOMENDACIONES | 90 |
| BIBLIOGRAFÍA | 91 |
| ANEXO | 94 |

ÍNDICE DE GRÁFICAS Y FIGURAS

FIGURAS

| | |
|---|----|
| Fig. 1 Curva de crecimiento bacteriano | 36 |
| Fig. 2 Ley de tolerancia de Shelford | 42 |
| Fig. 3 Fases del suelo | 48 |
| Fig. 4 Fuerzas resistentes en el suelo en función del contenido de humedad | 50 |

GRÁFICAS

| | |
|--|----|
| Gráfica N° 1. Grafico crecimiento bacteriano del suelo blanco sin Residuo Vegetal | 75 |
| Gráfica N° 2. Grafico crecimiento bacteriano del suelo con el 1% de concentración del residuo vegetal | 77 |
| Gráfica N° 3. Grafico comparativo del crecimiento bacteriano del suelo Blanco y el 1% de concentración de residuo vegetal | 78 |
| Grafica N°4. Grafico crecimiento bacteriano del suelo con el 3% de concentración del residuo vegetal | 79 |
| Gráfica N° 5 .Gráfico comparativo del crecimiento bacteriano del suelo Blanco y el 3% de concentración de residuo vegetal | 81 |
| Grafica N°6. Grafico crecimiento bacteriano del suelo con el 5% de concentración del residuo vegetal | 82 |
| Gráfica N° 7 .Gráfico comparativo del crecimiento bacteriano del suelo | |

| | |
|---|----|
| Blanco y el 5% de concentración de residuo vegetal | 84 |
| Gráfica N° 8 .Gráfico comparativo del crecimiento bacteriano del suelo a distintas concentraciones de residuo vegetal | 85 |

ÍNDICE DE CUADROS Y TABLAS

CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro N° 1. Composición media del suelo | 47 |
| Cuadro N° 2. Resistencia al corte de diferentes tipos de suelos | 52 |

TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla N° 1. Cuadro de operacionalización de variables | 66 |
| Tabla N° 2. Estudio de la carga bacteriana | 74 |
| Tabla N° 3. Muestra blanco o de control | 74 |
| Tabla N° 4. Volúmenes de residuo de jardín | 76 |
| Tabla N° 5. Muestra con residuo de jardín 1% | 76 |
| Tabla N° 6. Crecimiento bacteriano blanco vs 1% | 78 |
| Tabla N° 7. Muestra con residuo de jardín 3% | 79 |
| Tabla N° 8. Crecimiento bacteriano blanco vs 3% | 80 |
| Tabla N° 9. Muestra con residuo de jardín 5% | 82 |
| Tabla N° 10. Crecimiento bacteriano blanco vs 5% | 83 |

INTRODUCCIÓN

La basura es uno de los mayores problemas ambientales de Venezuela. De hecho, fue decretado como emergencia nacional en el año 2001, como consta en la Gaceta Oficial número 37.216. Se estima que en Venezuela se producen 20.000 toneladas de desperdicios por día.

“El 90% de la basura que se genera en Venezuela es aprovechable lo que significa que muchos objetos que se consideran desechos podrían ser reciclados. Sólo se reaprovecha el 17% y esto es así porque hay falta de incentivos fiscales, el producto es subpagado y no hay compradores suficientes para productos reciclados” (fuente: El Universal Mayo 19, 2003). Además de esto, las medidas tomadas por el estado no son las más favorables, porque no impulsan programas alternativos de gestión de los desechos.

Los residuos de jardinería municipal, restos orgánicos de los mercados, fracción orgánica de los restaurantes, cafeterías, empresas agro alimentarias y en general todos los desechos de procedencia orgánica, pueden ser tratados mediante varias técnicas de compostaje.

En el Municipio Naguanagua incluyendo el sector V objeto de nuestro estudio los residuos no son procesados y terminan siendo dispuestos en el relleno sanitario de La Guásima agravando la situación del relleno.

Con este estudio se tiene como propósito evaluar el efecto de la cantidad de residuo vegetal de jardín sobre la materia orgánica en un suelo tipo arena limosa con un ángulo de fricción de $29,8^\circ$ y cohesión promedio de 3.1 ton/m²; el cual proporcionará información a entes públicos y privados para estudios y/o proyectos sobre la disposición de este tipo de residuos, con la posibilidad de rehusarlos para mejorar la estructura y características del suelo del municipio.

La metodología aplicada en esta investigación está enmarcada en un estudio de tipo explicativo y experimental en el cual se estudiarán muestras representativas del suelo en el sector V, a las cuales se les añadió diferentes porcentajes de residuo vegetal con la finalidad de evaluar su incidencia en la cantidad de carga bacteriana.

Este trabajo se encuentra estructurado en cuatro capítulos, el primer capítulo “EL PROBLEMA” presenta el planteamiento del problema, los objetivos, justificación o importancia y la delimitación de la investigación.

El segundo capítulo “EL MARCO TEORICO” está formado por los antecedentes de estudio a este trabajo, las bases teóricas que lo sustentan y por el último el sistema hipotético con sus variables e indicadores.

El tercer capítulo “EL MARCO METODOLÓGICO” trata del tipo y diseño de la investigación, su universo de estudio, la muestra y población, los instrumentos de recolección de información y el análisis de datos.

En el cuarto capítulo se realiza la presentación y análisis de los resultados obtenidos en la investigación.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

Planteamiento del Problema

La aceleración del proceso de urbanización y el incesante crecimiento de la industrialización han provocado la modificación en los patrones de consumo del hombre moderno. El incremento constante de bienes disponibles y la generación de formas que promueven su consumo ha ocasionado un aumento en la cantidad de residuos que se generan.

Fuente: Ricardo Bertolino1 / Martín Toledo (s.f)

El deterioro del medio ambiente ha sido, durante los últimos años, un tema de importancia primordial para los países del primer mundo. Irónicamente, en Venezuela país que ha sido clasificado como uno de seis países "megadiversos" de Latinoamérica, considerado entre los diez lugares más importantes del mundo para la conservación de la biodiversidad, el debate sobre la problemática ambiental no ha cobrado el mismo vigor.

Fuente: González, M y Nagel, J (2005)

“En general, en Venezuela se puede estimar que el 70% de los residuos quedan expuestos al aire libre por falta de rellenos sanitarios adecuados y sólo 30% recibe tratamiento, todo lo cual está generando un grave problema de contaminación en el país”.

Los residuos y desechos de los Municipios Valencia, Naguanagua, San Diego, Libertador y Los Guayos en una cantidad de 2.000 toneladas diarias son descargados en el vertedero de La Guásima, afectando

significativamente los niveles de calidad ambiental de la zona.

Fuente: <http://www.eco2site.com/News/mayo/venezuela.asp>

Específicamente, se observa una gran cantidad de residuos sólidos que no son tratados debidamente, y el crecimiento exponencial de estos, se tiene un aumento de los vertederos incontrolados a cielo abierto, también conocidos como botaderos de basura. Las consecuencias de este desequilibrio son más evidentes en los lugares destinados al depósito de los residuos, donde se profundiza la contaminación de los suelos, aire y aguas, se generan condiciones ideales para la instalación de focos de enfermedades que pueden afectar a la población y se concentran gran cantidad de recicladoras marginales que basan su economía de subsistencia en la selección de los residuos allí acumulados.

Buena parte de esos residuos provienen de los jardines, como el 60% de los desperdicios generados son de tipo orgánico y de este porcentaje una parte importante es de origen vegetal compuesto por: hojas, tallos, recortes de césped de jardín entre otros, es necesario evitar que estos desechos que ocupan volúmenes significativos lleguen a los rellenos sanitarios y utilicen un espacio valioso de disposición final de los Rellenos Sanitarios Municipales. Fuente: Fernández Alonso, N (2003)

Una alternativa sencilla, barata y muy eficiente para reducir la cantidad de residuos de jardinería que ingresan al flujo diario de los Rellenos Sanitarios Municipales, es utilizarlos como alternativa ecológica para acondicionamiento de suelos mediante una técnica que se apoya en ciertos parámetros del compostaje.

La técnica se basa en agregar residuo de jardín y mantener el 50% de la humedad del suelo, con una aireación frecuente, todo esto con el fin de proveerle mejores condiciones a los microorganismos presentes en el suelo

para así realizar una descomposición natural de la materia orgánica hecha por los organismos descomponedores (bacterias, hongos).

Fuente: Mogollón J. y Ochoa C. (2010)

Por consiguiente se desea agregar residuo vegetal con el propósito de estudiar la incidencia que tiene éste en el desarrollo de la carga bacteriana que posee el suelo a fin de mejorar el contenido de materia orgánica en él.

De la situación anteriormente citada surgen las siguientes interrogantes:

¿Qué efecto tiene la cantidad de residuo vegetal de jardín sobre el contenido de materia orgánica en un suelo de tipo arena limosa?

¿Cómo se determina la presencia de carga bacteriana en el suelo sin residuo vegetal?

¿Cuánto es la cantidad de residuo vegetal de jardín a adicionar?

¿Cómo se determina la presencia de carga bacteriana en el suelo con residuo vegetal?

¿Cuál es la incidencia del residuo vegetal sobre el suelo original?

Objetivos de la Investigación

Objetivo general

Evaluar el efecto de la cantidad de residuo de jardín sobre el contenido de materia orgánica en un suelo de tipo arena limosa (SM).

Objetivos específicos

1. Analizar la carga bacteriana presente en el suelo sin residuo vegetal.
2. Establecer la cantidad de residuo vegetal de jardín a adicionar.
3. Estudiar la carga bacteriana presente en el suelo con residuo vegetal.

4. Comparar la carga bacteriana del suelo con residuo vegetal y el suelo original.

Justificación

La contaminación del medio ambiente ha sido y es uno de los principales problemas del ser humano en las últimas décadas y no solo afecta hoy en día sino también a las futuras generaciones. El aumento en la producción de residuo vegetal de jardín, el cual ocupa un volumen considerable en los rellenos sanitarios contribuye a la saturación de los mismos, la reutilización del desecho vegetal (grama) intenta colocar un granito de arena al grave problema de contaminación ambiental que existe, presentando una solución alternativa a los vertederos o rellenos sanitarios, y que puede ser aplicable de forma productiva y económica dándole un manejo apropiado a esos residuos agregando material vegetal al suelo y manteniendo ciertos parámetros usados por la técnica del compostaje .

Con los residuos de jardín se puede fabricar compost. El Compost es uno de los mejores abonos orgánicos que se puede obtener en forma fácil y que permite mantener la fertilidad de los suelos con excelentes resultados en el rendimiento de los cultivos. Es el resultado de un proceso controlado de descomposición de materiales orgánicos debido a la actividad de alimentación de diferentes organismos del suelo (bacterias, hongos, lombrices, ácaros, insectos, etc.) en presencia de aire (oxígeno). El abono compostado es un producto estable, sanitariamente neutro, con un contenido Carbono/Nitrógeno (C/N 10-15), pH neutro, que se le llama humus.

La ecología, el manejo de los recursos naturales, el reciclaje y la lucha contra la contaminación están en desarrollo constante, por lo que la técnica empleada tiene actualmente mucha aplicación, ya que convierte los desperdicios orgánicos en un sustrato muy rico.

El Compost se usa como:

- ❖ Abono de áreas plantadas, reemplaza al estiércol.
- ❖ Mejorador de suelo antes de plantar, reemplaza a los fertilizantes químicos.
- ❖ Aditivo cuando se planta en macetas.

Como aporte académico este estudio servirá como un antecedente a consultar para futuras tesis y su análisis y comparación con otras investigaciones similares referidas a otros tipos de suelos, permitirán a

particulares y las municipalidades implementar procedimientos que mejoren la calidad del medio ambiente.

Delimitación

El trabajo de investigación se realizó a una muestra de suelo tipo arena limosa (SM), la muestra se obtuvo en un terreno ubicado entre la Urbanización Quintas de Naguanagua y la Urbanización Cantapiedra, en el Sector V del Municipio Naguanagua, en el Estado Carabobo, utilizando los valores de cargas bacteriana para medir la cantidad de materia orgánica, el cálculo de la población microbiana será realizada en un inicio sólo a un suelo sin residuo vegetal y luego durante cuatro semanas se estudiará a este suelo sin residuo y a otros tres que se le adiciono concentraciones de 1%, 3% y 5% de su volumen en residuo vegetal de jardín en condiciones de temperatura ambiente, aireación frecuente y el 50% de contenido de humedad que posea el suelo. El ensayo se realizó en el Centro de Investigaciones Microbiológicas Aplicadas (CIMA) de la Universidad de Carabobo.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

Antecedentes de la Investigación

Se realizó una investigación sobre trabajos relacionados con el tema objeto de esta tesis para lograr la información necesaria para llevar a feliz término nuestros objetivos.

Chandler C., Ferrer J., Mármol Z., Páez G., Ramones E. y Perozo R. (2008). Efecto de la aireación en el compostaje del bagacillo de la caña de azúcar. Escuela de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. Universidad del Zulia, Núcleo Punto Fijo. Se estudió la producción de abono orgánico a partir del bagacillo de caña de azúcar mediante el compostaje en un biorreactor cilíndrico de lecho empacado. Las condiciones de operación del equipo permitieron variar el caudal de aire y el tiempo de aireación en el día. El análisis de varianza aplicado a los resultados, mostró que el efecto causado por el flujo de aire y el tiempo de aireación no fue significativo sobre los contenidos de nitrógeno y carbono. Se observó que el tiempo de aireación tuvo un efecto significativo sobre la relación carbono/nitrógeno (C/N). De este modo esta investigación aporta criterios técnicos para la ejecución del proyecto y posibles propuestas.

Román Y. Y Vivas M. (2008). Evaluación del riesgo geotécnico en el Sector 5 del Municipio Naguanagua, Estado Carabobo. Facultad de ingeniería Universidad de Carabobo. El siguiente trabajo de grado, tuvo por objeto evaluar el potencial de riesgo geotécnico existente en el sector 5 del Municipio Naguanagua Estado Carabobo, donde se realizó una investigación de campo clasificando los siguientes tipos de suelo: Arena Arcillosa (SC), Arena Limosa (SC), Arena Mal Gradada (SP), Limo de Baja Plasticidad (ML), Arcilla de Baja Plasticidad (CL), para luego elaborar un plano que identifique la ubicación de los suelos en el Sector 5. Donde el 56,25% de los 16 sectores dentro de este sector, están constituidos por arenas limosas, que presentan un ángulo de fricción entre 27,6° - 37,8° y una cohesión de 0,2 a 27,23 Ton/m². El aporte de esta investigación se basa en administrar la información del tipo de suelo con el cual se van a desarrollar los ensayos.

Reyes María Victoria y Uzcátegui Iván (2010) Evaluar el efecto de la cantidad de residuo de jardín sobre el contenido de materia orgánica en un suelo de tipo limo de baja plasticidad en el sector V de la urbanización Los Guayabitos de Naguanagua. Facultad de ingeniería Universidad de Carabobo. El trabajo tiene como objetivo principal determinar el crecimiento bacteriano en un suelo de tipo limo de baja plasticidad cuando se le añade residuo vegetal a diferentes concentraciones. A partir de este experimento se determinara si el suelo estudiado es apto para el buen desarrollo bacteriano para así poder acondicionarlo con residuo vegetal, Este proyecto sirvió para el desarrollo de la metodología, la determinación de criterios y la aplicación de resultados sobre la investigación.

BASES TEÓRICAS

Residuos Sólidos: son todos aquellos residuos en su estado sólido que pueden clasificarse de acuerdo a su naturaleza y a su peligrosidad.

Residuos no peligrosos: Son aquellos producidos en cualquier lugar y en desarrollo de su actividad, que no presenta ningún riesgo para la salud humana y/o el medio ambiente; se consideran en este grupo los residuos biodegradables, reciclables, inertes y ordinarios o comunes.

Residuos peligrosos: Son aquellos residuos producidos con algunas de las siguientes características: infecciosas, combustibles, inflamables, explosivas, reactivas, radioactivas, volátiles, corrosivas y/o tóxicas, que pueden causar daño a la salud humana y/o al medio ambiente. Así mismo se consideran peligrosos los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos. Chung Alfonso (2006)

Clasificación de los Residuos Sólidos

En realidad este no es un punto rígido, ya que existen diversos autores que proponen diversas categorías de clasificación así como terminologías, sin

embargo se ha podido notar 2 tipos de clasificaciones mayormente usadas, las cuales son, clasificación por su Fuente Generadora y Clasificación según sus Características.

❖ **Según su fuente generadora.**

El conocimiento y estudio de las fuentes generadoras y los tipos de residuos así como sus tasas, son importantes para el diseño de un plan de minimización; los orígenes de los residuos sólidos se relacionan con el suelo y su localización, dentro de este grupo se tiene las siguientes:

Categorías: 1.) Doméstico, 2.) Comercial, 3.) Institucional, 4.) Construcción y Demolición, 5.) Industrial, 6.) Industriales Asimilables a Urbanos, 7.) Agrícola y 8.) Residuos de Servicios Municipales.

❖ **Según sus características.**

Este es un tipo de clasificación más general, pero también útil para la selección de la técnica de Minimización de Residuos; según este esquema se tienen 3 clases: Orgánicos, Inorgánicos y Con Características especiales.

Residuos Orgánicos: son aquellos de origen orgánico como por ejemplo: verduras, cáscaras de fruta o huevos, los huesos de res ó pollo, espinas de pescado, restos de comida, etc. los cuales tienden a disminuir en las sociedades más avanzadas. Los residuos orgánicos son muy útiles para el compostaje.

Residuos No orgánicos o Inorgánicos: aquellos cuyo origen no es orgánico, como por ejemplo: hojas de papel, empaques de plástico, cartón, aluminio o lata, tarros plásticos o metálicos, bolsas de plástico o papel, etc.; son muy útiles para el proceso de reciclaje.

Residuos Especiales: este tipo de residuos requiere un tratamiento especial y casi en su totalidad no son aptos para el Reciclaje, excepto en casos especiales. Se separan del resto, debido a que son peligrosos tanto para la salud como para los ecosistemas. Como por ejemplo: las pilas o baterías, etc.

Basura: se llama así a aquellos objetos que ya no se pueden volver a usar, se le conoce mejor como residuos sólidos o desperdicios sólidos.

Composición de Residuos Sólidos: es el estudio realizado para conocer el porcentaje y la cantidad de cada uno de los residuos sólidos generados.

Gestión de Residuos Sólidos: es el conjunto de prácticas orientadas a educar a la población, manejar y utilizar técnicas de minimización en los residuos sólidos, de tal forma que se pueda controlar la cantidad que se genera.

Rehúso: utilizar nuevamente un objeto para lo mismo o un nuevo uso.

Reciclaje: proceso mediante el cual se recupera de los residuos, materiales para hacer otro objeto o ese mismo.

Centros Recolectores: lugar especial, donde los pobladores pueden llevar residuos sólidos reciclables.

Lixiviados: son líquidos formados a partir de la mezcla de aguas procedentes de las lluvias y la descomposición de la basura de los Rellenos Sanitarios.
Fuente: Chung Alfonso (2006)

Materiales generalmente recuperados de los residuos sólidos.

Dentro de la composición de los residuos sólidos, existe un grupo de materiales que se tienen en cuenta en la mayoría de planes de gestión de residuos sólidos, por lo cual su estudio es importante.

Aluminio: el aluminio que se separa está conformado por 2 sectores: Latas de aluminio y aluminio secundario, este último incluye marcos de ventana contrapuestas etc.

Papel: los papeles una vez recogidos deben limpiarse y separarse según su tipo ya que cada uno de ellos tiene una valoración diferente en el mercado.

Residuos de Jardín: en la mayoría de lugares se recoge separadamente, su utilidad está en el compostaje, en especial hojas, recortes de césped y arbustos etc. Fuente: Chung Alfonso (2006)

Técnicas de minimización de residuos sólidos

Las técnicas de minimización de residuos sólidos, son aquellas que se usan para darle un destino final a todos los residuos recolectados, sin embargo se debe tener en cuenta estas 3 fases:

1. Pre-recogida

Donde los residuos son envasados y preparados para el transporte al centro de tratamiento.

2. Recogida

En esta fase los residuos son transportados hasta el centro de tratamiento y luego descargados.

3. Tratamiento

Donde se aplican la técnica de minimización de residuos sólidos elegida. Actualmente la técnica más utilizada en nuestro país es el Relleno Sanitario, sin embargo existen otras técnicas "alternativas" para minimizar los residuos sólidos. Asimismo se puede observar que en el mundo la tendencia actual no va por el camino de la simple eliminación, sino en la medida de lo posible la reutilización o el reciclaje; a continuación se explica las principales técnicas de minimización de residuos sólidos

Relleno sanitario

También conocido como Vertedero Controlado, es un lugar generalmente alejado de las ciudades, destinado a enterrar todos los residuos recogidos en determinadas zonas, manteniendo bajo un estricto control todos los factores de degradación ambiental; este método permite evitar malos olores, la propagación de roedores y plagas etc.; sin embargo no es la solución total al problema, cabe recordar una definición de la Asociación Americana de Ingenieros Civiles (ASCE): "la aparente simplicidad del método no debe considerarse como olvido de la necesidad de continuas y competentes medidas de ingeniería de planificación y control. Por el contrario, la falta de esta ingeniería de planificación, origina casi siempre inconvenientes en el proceso, y se traduce también en serios perjuicios para los recursos de la comunidad" El Relleno Sanitario ocupa un lugar y contamina tierras que el hombre va a necesitar el día de mañana, por otro lado las normas exigen que los Rellenos Sanitarios tengan una manta plástica en la parte baja, para evitar contaminaciones y filtraciones, pero aún así el uso de esta manta no garantiza que esto no suceda.

Otro problema relacionado con los rellenos sanitarios y con la gestión actual de tratamiento de los residuos sólidos, es que se desperdician también aquellos que pueden volver al ciclo de producción, esto es conocido también como la industria de la recuperación.

Fuente: Chung Alfonso (2006).

Conceptos y expresión matemática del crecimiento bacteriano.

Crecimiento Bacteriano

Es el aumento del número de microorganismos a lo largo del tiempo. Por tanto, no nos referimos al crecimiento de un único microorganismo (ciclo

celular) sino al demográfico de una población. En este tema nos centraremos en el crecimiento de bacterias.

Denominamos ciclo celular al proceso de desarrollo de una bacteria considerada de forma aislada. A lo largo del ciclo celular, tiene lugar la replicación del material de la bacteria, la síntesis de sus componentes celulares, el crecimiento para alcanzar un tamaño doble del inicial y su división por bipartición de la bacteria para dar lugar a dos células hijas. La duración del ciclo celular coincide con el tiempo de generación y depende, en general, de los mismos factores de los que depende este.

El crecimiento de una población resulta de la suma de los ciclos celulares de todos sus individuos. Este crecimiento suele ser asincrónico puesto que cada microorganismo se encuentra en un punto diferente del ciclo celular. Por consiguiente, en un momento determinado en una población se encuentran células que acaban de dividirse, otras que están replicando su ADN y elongándose, otras que están iniciando la división celular, etc.

En un crecimiento sincrónico todas las células se encuentran simultáneamente en la misma fase del crecimiento celular. Los cultivos sincrónicos son muy difíciles de mantener por lo que su importancia está principalmente ligada a los estudios básicos de biología microbiana. Sin embargo, en la naturaleza, las bacterias del suelo se encuentran en condiciones de crecimiento próximas a la fase estacionaria (en la que se produce una cierta sincronización del cultivo) y, por consiguiente, durante cierto tiempo las poblaciones naturales probablemente se comporten como relativamente sincrónicas.

Las poblaciones de bacterias pueden crecer de una forma explosiva acumulando grandes números en un periodo de tiempo muy reducido.

Puesto que el efecto nocivo (infecciones o intoxicaciones) de los microorganismos depende de su número en la mayoría de los casos, entender cómo se produce el crecimiento microbiano es importante para poder evitar o reducir dichos efectos nocivos.

Las bacterias crecen siguiendo una progresión geométrica en la que el número de individuos se duplica al cabo de un tiempo determinado denominado tiempo de generación (\hat{o}). De esta forma, podemos calcular el número de bacterias (N) al cabo de un número de generaciones (n) usando la ecuación siguiente:

$$N = N_0 2^n$$

Siendo N_0 el número de células en el momento actual.

El número de generaciones se puede calcular de la siguiente forma:

$$n = t / \hat{o}$$

Donde t es el tiempo transcurrido.

Los tiempos de generación de bacterias creciendo en ambientes favorables pueden ser muy cortos (valores de \hat{o} de 20 minutos). Esto lleva a que una única célula ($N_0 = 1$) creciendo con un $\hat{o} = 20$ minutos, llegue a poder producir 4.7×10^{21} células en 24 horas.

Si la bacteria crece en un medio líquido, las células que se producen en cada división continúan su vida independientemente en la mayoría de los casos formando una suspensión de células libres.

Cuando una célula aislada comienza a crecer sobre un substrato sólido, el resultado del crecimiento al cabo del tiempo es una colonia. Se denomina unidad formadora de colonia (UFC) a una célula viva y aislada que se encuentra en un substrato y en condiciones ambientales adecuadas y produce una colonia en un breve lapso de tiempo.

Una UFC también puede corresponder a más de una célula cuando éstas forman parte de grupos unidos fuertemente (estreptococos o diplococos, por ejemplo) ya que cada grupo formará una sola colonia.

Cuando algunos tipos de bacterias o de levaduras patógenas crecen sobre superficies forman biopelículas (biofilms) en los que las células se asocian entre sí mediante capas de polisacáridos que forman una película que recubre la superficie sobre la que se encuentran las células.

Los biofilms son muy importantes porque los microorganismos que los forman resultan más resistentes a antibióticos y al ataque de células del sistema inmune y, por consiguiente, las infecciones que producen son más difíciles de tratar. La presencia de biopelículas es un problema serio en los implantes ortopédicos, catéteres.

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos27/crecimientobacteriano/crecimiento-bacteriano.shtml>

Muerte de un Microorganismo.

Desde el punto de vista microbiológico, un microorganismo muere cuando pierde de forma irreversible la capacidad de dividirse. El fundamento de esta definición es que si un microorganismo ha perdido la capacidad de dividirse no podrá formar una colonia sobre un medio de cultivo y no será posible detectar su presencia por los métodos microbiológicos tradicionales.

Es decir: cuando no se produce aumento en el número de microorganismos no hay crecimiento. Sin embargo, un microorganismo puede estar muerto desde el punto de vista microbiológico y continuar desarrollando una actividad metabólica que se traduzca, por ejemplo, en liberación de toxinas.

El crecimiento explosivo de las bacterias produce un gran número a partir de una única célula inicial de forma que, tras un periodo de tiempo de incubación en las condiciones ambientales adecuadas, se produce una colonia de individuos iguales.

Para crecer, un microorganismo necesita nutrientes que le aporten energía y elementos químicos para la síntesis de sus constituyentes celulares.

Dependiendo de la fuente de carbono que utilizan, los microorganismos se pueden clasificar en:

Autótrofos: si es el CO₂ atmosférico (microorganismos que fotosintetizan)

Heterótrofos: si utilizan carbono orgánico.

Los microorganismos de importancia clínica son todos ellos heterótrofos.

La fórmula elemental de un microorganismo es, aproximadamente, C₄H₇O₂N lo que supone que los componentes de las células son: carbono que representa alrededor del 50% del peso seco, oxígeno (32%), nitrógeno (14%) y debe estar disponible, normalmente, en forma de NH₄ o de aminoácidos a los que se pueda tomar su grupo amino; fósforo (3%) y debe estar en forma de PO₄³⁻, azufre que representa en torno al 1% y procede de aminoácidos sulfurados o de SO₄²⁻; y otros elementos traza entre los que se encuentran Fe, K, Mg, Mn, Co, Mb, Cu y Zn.

La elaboración de medios de cultivo que permitan aislar microorganismos a fin de iniciar posteriores cultivos puros requiere proporcionar los nutrientes antes citados y, en ciertos casos, algunos aminoácidos o vitaminas que determinados tipos de microorganismos no pueden sintetizar.

Los medios de cultivo se pueden clasificar en definidos cuando su composición química se conoce totalmente y complejos cuando no es el caso porque están compuestos por mezclas de extractos de materiales complejos (extracto de levadura, extracto de carne, etc.).

Por otra parte, los medios de cultivo pueden ser líquidos o bien sólidos si se añade algún agente solidificante que no sea consumible por los microorganismos (normalmente agar).

En función de los microorganismos que pueden crecer en ellos, los medios pueden ser:

Selectivos: cuando favorecen el crecimiento de ciertos microorganismos mientras suprimen el de otros (por ejemplo, el medio SPS para clostridios).

Diferenciales: cuando alguno de sus componentes permite identificar las colonias de un tipo de microorganismos (por ejemplo medios con hematóes para identificar colonias de microorganismos hemolíticos)

Selectivo-diferenciales: cuando combinan las dos características anteriores (por ejemplo, el agar de MacConkey para identificar *Escherichia coli*).

Medios de enriquecimiento: que permiten aislar un tipo determinado de microorganismo a partir de una mezcla una población mixta de gran tamaño.

Detección y medida del crecimiento bacteriano

Existen diferentes sistemas para detectar y medir el crecimiento de microorganismos; se basan en los cambios sucesivos en el número de células o en el peso de la masa de las células. Los principales métodos son: recuento directo, medida de la masa de las células, recuento de viables, medida del número de partículas, medida de parámetros bioquímicos y medida de la actividad metabólica.

Recuento directo: consiste en la observación al microscopio de volúmenes muy pequeños de suspensiones de bacterias. Se usan unos portaobjetos especiales denominados cámaras de Petroff-Hausser. Para que la medida sea correcta es necesario que la densidad de células sea al menos de 10⁵ bacterias por ml.

Con este método no se pueden distinguir células vivas de células muertas.

Medida de la masa de células: el sistema se basa en que las células en suspensión dispersan la luz causando la turbidez del cultivo. La turbidez depende de la masa en suspensión y, por tanto, midiendo esta se puede estimar aquella, este es el parámetro de medida más fácil de usar en los cultivos de laboratorio. La densidad de células debe ser del orden de 10⁵ por ml.

- Recuento de viables: consiste en sembrar un volumen determinado de cultivo o muestra sobre el medio de cultivo sólido adecuado para estimar el número de viables contando el número de colonias que se forman puesto que cada una de estas deriva de una UFC. Para que la medida sea correcta desde el punto de vista estadístico, es necesario contar más de 300 UFC.

- Medida del número de partículas: usando contadores electrónicos de partículas. Estos sistemas no nos indican si las partículas corresponden a células vivas o muertas; pero nos pueden dar una idea del tamaño de las partículas.
- Medida de parámetros bioquímicos: tales como la cantidad de ADN, ARN, proteínas, peptidoglicano, etc. por unidad de volumen.
- Medida de actividad metabólica: de las bacterias como que respiran producen una disminución del potencial redox del medio en que se encuentran como consecuencia del consumo de oxígeno (utilización de colorantes sensibles a oxidación-reducción tales como el azul de metileno).

Ciclo de crecimiento bacteriano.

En un cultivo bacteriano en medio líquido, se pueden diferenciar cuatro fases en la evolución de los parámetros que miden el crecimiento microbiano:

Fase lag o de adaptación: Durante esa fase los microorganismos adaptan su metabolismo a las nuevas condiciones ambientales (de abundancia de nutrientes) para poder iniciar el crecimiento exponencial.

Fase exponencial o logarítmica: en ella la velocidad de crecimiento es máxima y el tiempo de generación es mínimo. Durante esta fase las bacterias consumen los nutrientes del medio a velocidad máxima. La evolución del número de células durante esta fase se explica con el modelo matemático descrito anteriormente. Esta fase corresponde a la de infección y multiplicación dentro del organismo del agente infeccioso.

Fase estacionaria: en ella no se incrementa el número de bacterias (ni la masa u otros parámetros del cultivo). Las células en fase estacionaria desarrollan un metabolismo diferente al de la fase de exponencial y durante ella se produce una acumulación y liberación de metabolitos secundarios que pueden tener importancia en el curso de las infecciones o intoxicaciones producidas por bacterias.

Curva de crecimiento bacteriano.

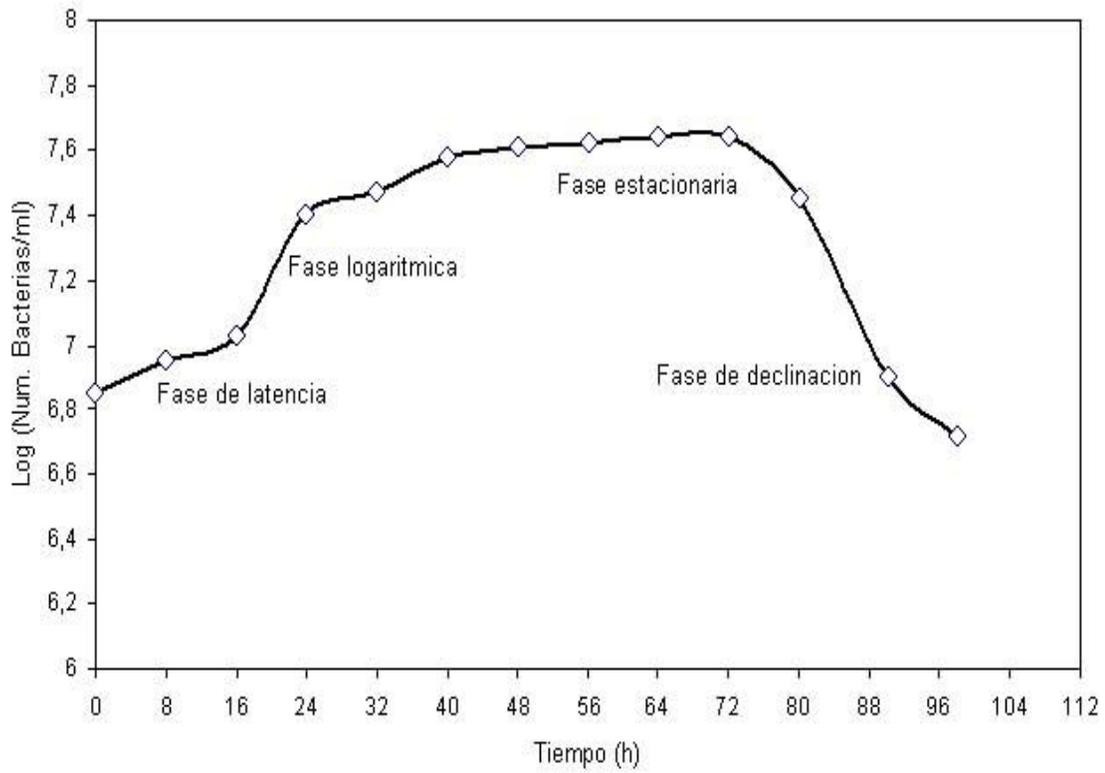


Figura 1: **Curva de crecimiento bacteriano**

Fuente: Sergio A. Pérez, Zulay M. Niño, Víctor Hernández y Carlos Hernández.

Los microorganismos entran en fase estacionaria bien porque se agota algún nutriente esencial del medio, porque los productos de desecho que han liberado durante la fase de crecimiento exponencial hacen que el medio sea inhóspito para el crecimiento microbiano o por la presencia de competidores u otras células que limiten su crecimiento.

La fase estacionaria tiene gran importancia porque probablemente represente con mayor fidelidad el estado metabólico real de los microorganismos en muchos ambientes naturales.

Fase de muerte: se produce una reducción del número de bacterias viables del cultivo.

Las fases, parámetros y cinética de crecimiento discutidas para el caso de los medios líquidos se presentan también en los sólidos. La cinética de crecimiento, en este caso, sólo se puede seguir utilizando unos sistemas de detección especiales siendo el más sencillo, la medida del número de células viables por unidad de superficie o por unidad de masa.

Factores físicos y químicos que influyen en el crecimiento bacteriano.

Temperatura: Cada microorganismo tiene una temperatura de crecimiento adecuada. Si consideramos la variación de la velocidad de crecimiento en función de la temperatura de cultivo, podemos observar una temperatura mínima por debajo de la cual no hay crecimiento; a temperaturas mayores se produce un incremento lineal de la velocidad de crecimiento con la temperatura de cultivo hasta que se alcanza la temperatura óptima a la que la velocidad es máxima. Por encima de esta temperatura óptima, la velocidad de crecimiento decae bruscamente y se produce la muerte celular.

El aumento de la velocidad de crecimiento con la temperatura se debe al incremento generalizado de la velocidad de las reacciones enzimáticas con la temperatura. Se denomina coeficiente de temperatura a la relación entre el incremento de la velocidad de reacción y el de temperatura. En términos generales, la velocidad de las reacciones bioquímicas suele aumentar entre 1.5 y 2.5 veces al aumentar 10 °C la temperatura a la que tienen lugar.

La falta de crecimiento a temperaturas bajas se debe a la reducción de la velocidad de las reacciones bioquímicas y al cambio de estado de los lípidos de la membrana celular que pasan de ser fluidos a cristalinos impidiendo el funcionamiento de la membrana celular.

La muerte celular a altas temperaturas se debe a la desnaturalización de proteínas y a las alteraciones producidas en las membranas lipídicas a esas temperaturas.

Es importante tener en cuenta que a temperaturas bajas, el metabolismo celular es lento y las células paran de crecer; aunque suelen morir. Sin embargo, cuando la temperatura es superior a la óptima, se produce la muerte celular rápidamente y las células no pueden recuperar su capacidad de división si baja posteriormente la temperatura. Esto permite esterilizar por calor y no por frío.

pH: Es un parámetro crítico en el crecimiento de microorganismos ya que cada tipo de microorganismo tiene un rango de pH en el que puede vivir adecuadamente, fuera de este rango muere.

El pH intracelular es ligeramente superior al del medio que rodea las células ya que, en muchos casos, la obtención de energía metabólica depende de la existencia de una diferencia en la concentración de protones a ambos lados de la membrana citoplásmica.

El pH interno en la mayoría de los microorganismos está en el rango de 6,0 a 8,0. Los rangos de pH tolerables por diferentes tipos de microorganismos son, también, distintos. Hay microorganismos acidófilos que pueden vivir a pH=1.0 y otros alcalófilos que toleran pH=10.0.

El efecto letal del pH ácido sobre los microorganismos tiene aplicación en la conservación de alimentos acidificándolos. De esta forma, la adición de ácido acético en forma de vinagre permite la conservación de alimentos perecederos (escabeches, por ejemplo) y la producción de ácidos en el curso de fermentaciones naturales permite alargar la vida de los alimentos (coles fermentadas, por ejemplo).

Un microorganismo es aerobio cuando necesita oxígeno para vivir y es anaerobio cuando o bien no lo necesita (anaerobios facultativos como las bacterias entéricas, o como *Saccharomyces cerevisiae*; o anaerobios aerotolerantes como las bacterias lácticas) o cuando muere en presencia de oxígeno (anaerobios estrictos como los clostridios).

Hay microorganismos que, aunque viven en presencia de oxígeno, no son capaces de utilizarlo como aceptor final de electrones y deben desarrollar un metabolismo fermentativo (los estreptococos, por ejemplo).

Por otra parte, hay microorganismos que pueden desarrollar ambos tipos de metabolismo. Esto es: en presencia de oxígeno desarrollan un metabolismo oxidativo y en su ausencia, fermentativo. El rendimiento de los procesos fermentativos es menor que el de los respirativos: las bacterias y las levaduras producen menos biomasa cuando crecen fermentando que cuando lo hacen respirando.

En el curso de ciertas reacciones metabólicas redox se forman compuestos altamente reactivos (radicales libres, formas superóxido) que pueden dañar las proteínas, membranas y ácidos nucleicos produciendo la muerte de las células.

Las células se defienden de estos compuestos reactivos mediante las enzimas de: superóxido dismutasa (SOD) y catalasa. Los anaerobios estrictos carecen de SOD y de catalasa o tienen niveles muy bajos de estas enzimas de forma que no pueden sobrevivir en presencia de oxígeno. La detección de estas enzimas tiene valor taxonómico.

Conclusiones sobre el crecimiento bacteriano

El crecimiento bacteriano puede considerarse como el crecimiento de poblaciones de muchos millones de células cuyas características son esencialmente estadísticas, y el comportamiento de la célula individual es tomado como una frecuencia.

El crecimiento de las bacterias en cultivo puede determinarse midiendo experimentalmente el incremento de la materia celular (protoplasma) o del incremento del número de células.

Las posibilidades fisiológicas de los microorganismos se relacionan inversamente con sus necesidades nutricionales, ya que, la síntesis de componentes celulares a partir de materia inorgánica o compuesto inorgánicos simples es obviamente un proceso más complejo de lo que sería si los productos de partida fueran sustancias orgánicas complejas químicamente más parecidas a los constituyentes finales de la célula. Los microorganismos probióticos juegan un papel importante en el desarrollo de nueva flora intestinal y de sustancias capaces de disminuir los patógenos como bacterias, virus y parásitos.

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos27/crecimientobacteriano/crecimiento-bacteriano.shtml>

Ley de tolerancia de shelford

Por encima o debajo de algunos límites ambientales, un microorganismo no crecerá, independientemente del nutriente

La existencia y prosperidad de un organismo depende del carácter completo de un conjunto de condiciones. La ausencia o el mal estado de un organismo podrán ser debidos a la deficiencia o al exceso, cualitativo o cuantitativo, con respecto a uno cualquiera de diversos factores que se acercarán tal vez a los límites de tolerancia del organismo en cuestión.

El ecólogo norteamericano Shelford (1911) encontró que no nada más los límites menores en los factores ambientales pueden producir un pobre o menor desarrollo en los microorganismos sino que también los factores máximos causaban lo mismo (i.e., límites superiores). Esta ley enuncia que “cada ser vivo presenta, frente a los diversos factores ecológicos, unos límites de tolerancia entre los cuales se sitúa su óptimo ecológico”.

Así entonces, no sólo la escasez de algo puede constituir un factor limitativo, sino también el exceso de algo (luz, agua,...). De manera que los organismos tienen un máximo y un mínimo ecológico, con un margen entre uno y otro que representan los límites de tolerancia.

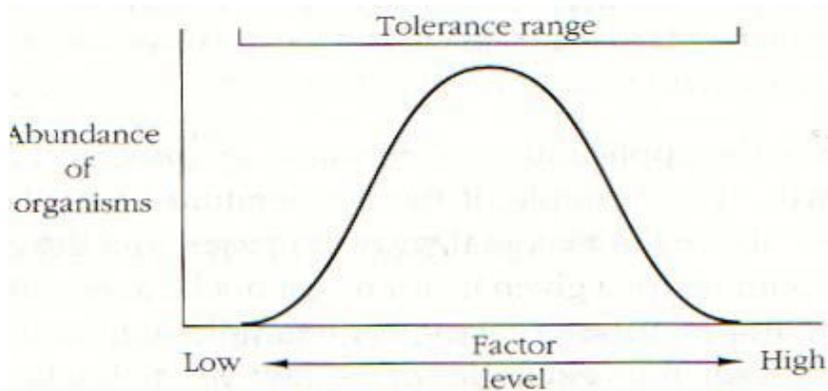


Figura 2: Ley de Tolerancia de Shelford

Consecuencias de la Ley de Tolerancia:

Un mismo organismo puede tener un margen amplio de Tolerancia para un factor y un margen pequeño para otro.

Los organismos con márgenes amplios de tolerancia para todos los factores son los que tienen más posibilidades de estar geográficamente más distribuidos, cuando las condiciones no son óptimas para una especie con respecto a un determinado factor ecológico, los límites de tolerancia podrán reducirse con relación a otros factores ecológicos.

Fuente: <http://www.uhu.es/03016/pagina03016/apuntes/tema1.htm>

Los microorganismos a los que se refiere el trabajo de investigación presentaran alguna tolerancia que les dará mejores o peores condiciones de acuerdo a su medio ambiente, en la investigación, los microorganismos adquieren los nutrientes esencialmente del entorno en que ellos se encuentran presentes (el suelo).

“Suelo, es un término del que hacen uso diferentes profesantes. La interpretación varía de acuerdo con sus respectivos intereses. Para el agrónomo, por ejemplo, la palabra se aplica a la parte superficial de la corteza capaz de sustentar vida vegetal, siendo esta interpretación demasiado restringida para el ingeniero. Para el geólogo es todo material intemperizado en el lugar en que ahora se encuentra y con contenido de

materia orgánica cerca de la superficie; esta definición peca de parcial en ingeniería, al no tomar en cuenta los materiales transportados no intemperizados posteriormente a su transporte” Fuente: Juárez Badillo (2005)

Se denomina suelo a la capa superficial no consolidada de la superficie terrestre, la que está formada predominantemente por compuestos inorgánicos, hasta más del 99 %, con un porcentaje variable de sustancias orgánicas.

De un modo simplificado puede decirse que las etapas implicadas en su formación son las siguientes:

- ❖ Disgregación mecánica de las rocas.
- ❖ Meteorización química de los materiales regolíticos, liberados.
- ❖ Instalación de los seres vivos (vegetales, microorganismos, etc.) sobre ese substrato inorgánico. Esta es la fase más significativa, ya que con sus procesos vitales y metabólicos, continúan la meteorización de los minerales, iniciada por mecanismos inorgánicos. Además, los restos vegetales y animales a través de la fermentación y la putrefacción enriquecen ese sustrato.
- ❖ Mezcla de todos estos elementos entre sí, y con agua y aire intersticiales.

Fuente Hans Fassbender y Elemer Bornemisza (2000)

Clasificación de los suelos

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

La forma original de este sistema fue propuesto por Casagrande en 1942. En cooperación con la Oficina de Restauración de Estados Unidos, el sistema fue revisado en 1952. Hoy en día, es ampliamente usado por los ingenieros

(Prueba D-2487 de la ASTM). El sistema Unificado de Clasificación orgánica de los suelos en dos amplias categorías:

Suelos de grano grueso que son de naturaleza tipo grava y arenosa con menos del 50% pasando por la malla N° 200. Los símbolos del grupo comienzan con un prefijo G o S. G significa grava o suelo gravoso y S significa arena (sand) o suelo arenoso.

Los suelos de grano fino con 50% o más pasando por la malla N° 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo M, que significa limo inorgánico, C para arcilla inorgánica u O para limos y arcillas orgánicos. El símbolo Pt se usa para turbas, lodos y otros suelos altamente orgánicos.

Otros símbolos son también usados para la clasificación:

W: bien graduado

P: mal graduado

L: baja plasticidad (límite líquido menor que 50)

H: alta plasticidad (límite líquido mayor que 50)

En el plano entregado correspondiente al Sector V de Naguanagua se clasificaron suelos de Arena Limosa (SM), Arena Arcillosa (SC), Arena Mal Gradada (SP), Limo de baja plasticidad (ML) y Arcilla de baja plasticidad (CL).

Nuestro trabajo corresponde a un suelo de arena limosa (SM) en el cual según la tabla del Sistema Unificado de Clasificación: Más de 12% pasa la malla N° 200 con un índice de plasticidad menor que 4.

Fuente: Braja M. Das (2001)

Por su funcionalidad los suelos se clasifican como:

Suelos arenosos: No retienen el agua, tienen muy poca materia orgánica y no son aptos para la agricultura, ya que no tienen nutrientes.

Suelos calizos: Tienen abundancia de sales calcáreas, son de color blanco, secos y áridos, y no son buenos para la agricultura.

Suelos húmicos (tierra negra): Tienen abundante materia orgánica en descomposición, de color oscuro, retienen bien el agua y son excelentes para el cultivo.

Suelos arcillosos: Están formados por granos finos de color amarillento y retienen el agua formando charcos. Si se mezclan con humus pueden ser buenos para cultivar.

Suelos pedregosos: Formados por rocas de todos los tamaños, no retienen el agua y no son buenos para el cultivo.

Causas de la degradación o destrucción de los suelos.

Meteorización consiste en la alteración que experimentan las rocas en contacto con el agua, el aire y los seres vivos.

Meteorización física o mecánica: es aquella que se produce cuando, al bajar las temperaturas el agua que se encuentran en las grietas de las rocas, se congela con ella, aumenta su volumen y provoca la fractura de las rocas.

Meteorización química: se produce cuando los materiales rocosos reaccionan con el agua o con las sustancias disueltas en ella.

Erosión: es el desgaste y fragmentación de los materiales de la superficie terrestre por acción del agua, el viento, etc. Los fragmentos que se desprenden reciben el nombre de detritos.

Transporte: consiste en el traslado de los detritos de un lugar a otro.

Sedimentación: conformada por el depósito de los materiales transportados, los cuales reciben el nombre de sedimentos, y cuando estos sedimentos se cementan originan las rocas sedimentarias.

Los suelos se pueden destruir por las lluvias. Estas van lavando el suelo, quitándole todos los nutrientes que necesita para poder ser fértil, los árboles no pueden crecer ahí y se produce una deforestación que conlleva como consecuencia la desertificación.

Fuente: <http://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea30s/ch028.htm>

Composición del suelo

Los componentes del suelo se pueden dividir en sólidos, líquidos y gaseosos.

En un suelo se distinguen tres fases constituyentes: la sólida, la líquida y la gaseosa. La fase sólida está formada por las partículas minerales del

suelo (incluyendo la capa sólida adsorbida); la líquida por el agua (libre, específicamente), aunque en el suelo pueden existir otros líquidos de menor significación; la fase gaseosa comprende sobre todo el aire, pero pueden estar presentes otros gases (vapores sulfurosos, anhídrido carbónico, etc.)

Cuadro 1: *Composición media del suelo*

| Composición media | | |
|--------------------|---------------|--------|
| Componente | Gas del suelo | Aire |
| Oxígeno | 10 – 20 % | 21 % |
| Nitrógeno | 78,5 – 80 % | 78 % |
| Dióxido de carbono | 0.2 – 3.5 % | 0.03 % |
| Otros | < 1 % | > 1 % |

Las fases líquida y gaseosa del suelo suelen comprenderse en el volumen de vacíos (Vv), mientras que la fase sólida constituye el volumen de sólidos (Vs).

Se dice que un suelo es totalmente saturado cuando todos sus vacíos están ocupados por agua. Un suelo en tal circunstancia consta, como caso particular de sólo dos fases, la sólida y la líquida.

Las relaciones entre las diferentes fases constitutivas del suelo (fases sólida, líquida y gaseosa), permiten avanzar sobre el análisis de la distribución de las partículas por tamaños y sobre el grado de plasticidad del conjunto. En los laboratorios de mecánica de suelos puede determinarse fácilmente el peso de las muestras húmedas, el peso de las muestras secadas al horno y la gravedad específica de las partículas que conforman el suelo, entre otras. Las relaciones entre las fases del suelo tienen una amplia aplicación en la Mecánica de Suelos para el cálculo de esfuerzos.

La relación entre las fases, la granulometría y los límites de Atterberg se utilizan para clasificar el suelo y estimar su comportamiento. Modelar el suelo es colocar fronteras que no existen. El suelo es un modelo discreto y eso entra en la modelación con dos parámetros, e y h (relación de vacíos y porosidad), y con las fases. El agua adherida a la superficie de las partículas, entra en la fase sólida. En la líquida, sólo el agua libre que podemos sacar a

105 °C cuando, después de 24 o 18 horas, el peso del suelo no baja más y permanece constante.

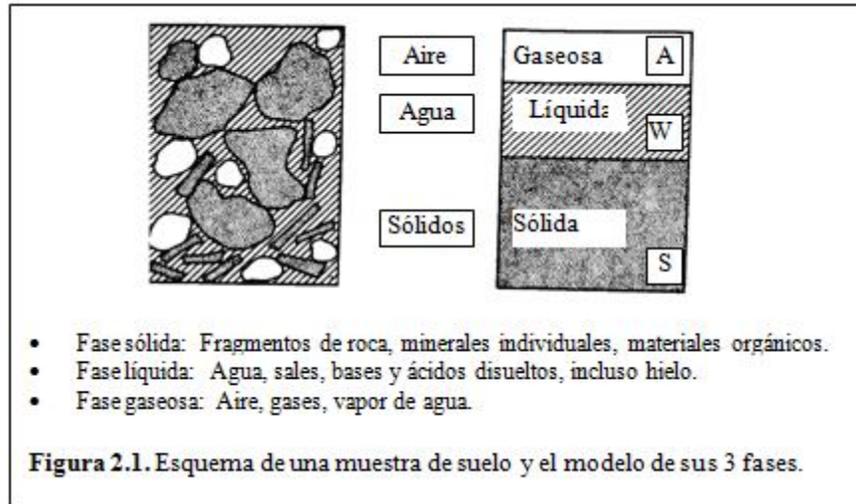


Figura 3: Fases del suelo

Fuente: Gonzalo Duque-Escobar y Carlos -Enrique Escobar Potes. Manizales, (2002).

Estructura del suelo

Se entiende por estructura de un suelo la distribución o diferentes proporciones que presentan, los distintos tamaños de las partículas sólidas que lo conforman, y son:

Materiales finos, (arcillas y limos), de gran abundancia en relación a su volumen, lo que los confiere una serie de propiedades específicas, como:

- ❖ Cohesión.
- ❖ Plasticidad
- ❖ Adhesión.
- ❖ Resistencia al corte.
- ❖ Fricción.

Cohesión: se define como la atracción relativa entre partículas similares la que da tenacidad y dureza a un suelo haciéndolo resistente a su separación. Las partículas minerales con carga de distinto signo, se atraen entre si con tenacidad proporcional a dichas cargas a sus masas. Esta propiedad física de atracción, es de importancia en la dinámica del suelo por que origina la tenacidad como forma de resistencia a la separación de sus elementos o a la penetración de las herramientas de corte.

La capacidad de resistencia del suelo al corte, se modifica según sus características, el grado de humedad y la consolidación. Fundamentalmente el contenido de humedad hace que el suelo pase por diferentes estados: duro o consolidado, friable o desmenuzable, plástico y líquido. Las zonas de separación corresponden a los límites de retracción que se usan para valorar el comportamiento del suelo. Utilizando estos límites y estudiando la variación de la cohesión de las partículas de suelo, a medida que aumenta el contenido de humedad puede cuantificarse el estado óptimo para realizar una labor.

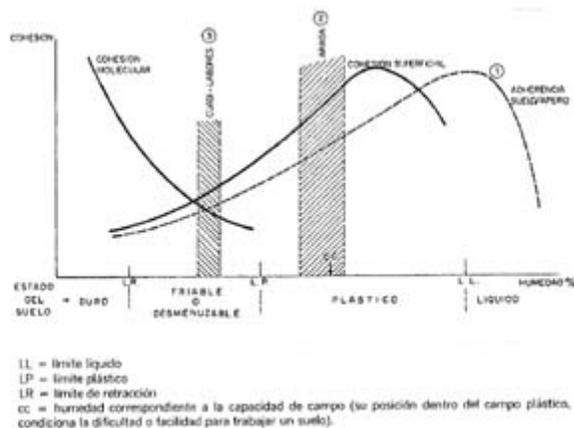


Figura 3. Fuerzas resistentes del suelo en función del contenido de humedad.

Figura 4: Fuerzas resistentes en el suelo en función del contenido de humedad

La cohesión entre las partículas del suelo se debe a dos fenómenos que predominan en distinto grado según el contenido de humedad. En el suelo seco se establece una atracción eléctrica entre las partículas, formando lo que se denomina cohesión molecular. A medida que las partículas se humedecen, el agua en forma de película, tiende a separar a las partículas vecinas.

En aumentos mayores de humedad se establecen nuevas atracciones, ahora debidas a la tensión superficial de las partículas mojadas por el agua. Esta nueva atracción entre los componentes del suelo crece con la humedad hasta un máximo, a partir del cual el suelo tiende a convertirse en líquido, desapareciendo las fuerzas de cohesión. Para diferenciarla de la cohesión molecular, a esta forma de atracción de las partículas, se le da el nombre de cohesión superficial o adherencia entre las partículas.

La suma de la cohesión molecular y la cohesión superficial es la resistencia que deben vencer las labores que tienen como objetivo el trabajo del suelo. De aquí que los esfuerzos que tendrán que vencer las herramientas serán muy variables según el grado de humedad con el cual podamos trabajar.

Plasticidad: entre los diferentes estados de cohesión hay una serie de estados intermedios, desde un suelo duro pasando por uno friable, plástico hasta uno líquido. El estado plástico es muy sensible a la deformación por efecto de las presiones externas y a su límite de ruptura, pero en este caso esta propiedad resulta negativa por la atracción de las partículas hacia las partes cortantes de las máquinas y sus ruedas.

Adhesión: se considera que es una resistencia al trabajo de las máquinas agrícolas por la adherencia del suelo que se pega a los mecanismos. Por acción del contenido de humedad la adhesión disminuye. Así un suelo con poca humedad puede tener una elevada cohesión pero un mínimo de adhesión.

La textura del suelo tiene un comportamiento muy importante respecto de la adherencia. La arena tiene por una parte adhesión mínima, mientras que por la otra parte, la arcilla tiene un gran valor plástico y de adhesión al aumentar el contenido de humedad hasta el límite líquido.

Resistencia al corte: no todos los suelos se comportan igual cuando se someten a un esfuerzo cortante. En los suelos arcillosos secos y arenosos compactados, la rotura tiende a ser frágil y, al alcanzar un nivel de esfuerzo, el suelo se rompe bruscamente necesitándose un esfuerzo mucho menor para continuar el avance. Aquí predominan las fuerzas de cohesión sobre el rozamiento interno de las partículas.

Los suelos arcillosos húmedos y los arenosos sueltos se deforman plásticamente alcanzando un máximo que se mantiene a partir de un grado de deformación. Estos suelos se denominan plásticos y en ellos predominan las fuerzas de rozamiento interno sobre la cohesión. Entre ambos se encuentran los suelos agrícolas medios, en los que las fuerzas de resistencia se deben a una combinación de cohesión y rozamiento interno.

Cuadro 2. Resistencia al corte de diferentes suelos

| Tipo de suelo | Resistencia en kilos por centímetro cuadrado | |
|---------------|--|--------------|
| | Suelo seco | Suelo húmedo |
| Arenoso | 0,21 - 0,25 | 0,25 - 0,30 |

| | | |
|----------------------|-------------|-------------|
| arcillo arenoso | 0,42 - 0,49 | 0,21 - 0,28 |
| arcilloso limoso | 0,40 - 0,60 | 0,40 - 0,50 |
| arcillo limo arenoso | 0,40 - 0,50 | 0,35 - 0,40 |
| arcilloso | 0,60 - 0,70 | 0,50 - 0,60 |

Fricción: esta propiedad dinámica es la resistencia de frotamiento entre las partículas de suelo-suelo o bien entre suelo metal de la herramienta de labranza. La superficie rugosa de las partículas dan la fricción más alta, en estrecha relación con la textura y el grado de humedad y por lo tanto con la adhesión. La fricción interna de un suelo, está definida por el ángulo cuya tangente es la relación entre la fuerza que resiste el deslizamiento, a lo largo de un plano, y la fuerza normal "p" aplicada a dicho plano. Los valores de este ángulo llamada "ángulo de fricción interna" f, varían de prácticamente 0° para arcillas plásticas, cuya consistencia este próxima a su límite líquido, hasta 45° o más, para gravas y arenas secas, compactas y de partículas angulares. Generalmente, el ángulo f para arenas es alrededor de 30°.

Fuente:http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_agronicas/villar04/parte02/02.html

Contenido de Humedad: el agua en el suelo se halla alojada en los macro y micro poros y adsorbida en las partículas de suelo. Para un determinado momento, la cantidad de agua contenida por un suelo podrá definirse según las siguientes condiciones:

a) Humedad de Saturación: es el contenido de agua de un suelo en el que todos sus poros están llenos de agua. Esta situación puede observarse inmediatamente después de una lluvia o riego abundante.

b) Capacidad de Campo (CC): también conocido como límite máximo, es el contenido de agua presente en un suelo luego de drenar libremente durante los 2 o 3 días posteriores a una lluvia o riego intenso. Se estima que corresponde al agua retenida a un potencial mátrico que puede variar entre

0.1 bar para suelos arenosos hasta 0.5 bares para suelos arcillosos. Se puede tomar como valor medio 0.3 bar.

La estimación de la CC en condiciones naturales puede lograrse provocando la saturación del suelo y cubriéndolo con plástico para evitar la evaporación. Se espera entre 24 y 72 horas (más tiempo en los suelos arcillosos) y se toma una muestra para determinar su contenido de humedad.

Otra forma de estimación es en laboratorio a través de la determinación de la humedad equivalente, considerando la muestra de suelo disturbada. En esta determinación hay influencias significativas de la granulometría, los suelos de textura arenosa pierden más agua que los de textura fina. Dada la estrecha relación entre el contenido de fracciones texturales finas y el contenido de humedad equivalente este valor también puede estimarse a través de ecuaciones predictivas, ajustadas a las condiciones edáficas regionales.

c) Punto de Marchitez Permanente (PMP): También conocido como límite mínimo, es el contenido de agua de un suelo retenida tan firmemente que las plantas no pueden extraerla causándoles una marchitez irreversible. En este estado se admite, en general, que el agua está retenida con potenciales menores a -15 bares.

Para la estimación de la cantidad de agua que un suelo posee en el PMP se emplean metodologías más complejas (biológicas u ollas de placas o membranas de Richards). En general se puede asumir que el valor de PMP de un suelo es aproximadamente el 50 % de la CC del mismo.

No todas las especies vegetales tiene la misma capacidad para extraer agua del suelo, incluso esta capacidad puede variar según el estado fenológico de la planta; por lo tanto el valor del PMP no será un punto constante, para todos los casos. Además el PMP depende también de características propias del suelo como la granulometría del suelo, su compactación, el contenido de materia orgánica, la profundidad del perfil, entre otros factores.

d) Agua Útil (AU): O disponible. Es la diferencia entre los contenidos de agua a CC y PMP. Es la que se considera como agua utilizable o potencialmente extractable por las plantas en la zona de crecimiento radical. Esta es la fracción del agua del suelo que puede perderse por evaporación o variar por el consumo de las plantas.

Expresión del contenido hídrico

El estado hídrico del suelo puede ser expresado de dos maneras:

- ❖ Por unidad de masa de suelo: Conocido como Humedad Gravimétrica (W)

Es la relación entre la masa de la fracción líquida y la masa de la fracción sólida.

$$W = Ma / Ms \text{ (gr / gr; tn / tn)} \quad \text{ec.2.1}$$

Donde: Ma es masa de agua y Ms es masa de suelo.

Generalmente se expresa en porcentaje

$$W\% = (Ma / Ms) \times 100 \quad \text{ec.2.2}$$

Indica por ejemplo que un suelo con 20% de humedad contiene 20 gr de agua en 100 gr de suelo.

- ❖ Por unidad de volumen de suelo: Conocido como Humedad Volumétrica (θ TITA). Es la relación entre el volumen de la fracción líquida (V_a) y el volumen de la muestra (V_s).

$$\theta = V_a / V_s \text{ (cm}^3 \text{ / cm}^3\text{; m}^3 \text{ / m}^3\text{)} \quad \text{ec.2.3}$$

- ❖ También puede ser expresada en porcentaje si se multiplica por 100. Indica por ejemplo que un suelo con una humedad volumétrica del 20% contiene 0,2 cm³ de agua en 1 cm³ de suelo.

- ❖ Los componentes sólidos, no quedan sueltos y dispersos, sino más o menos aglutinados por el humus y los complejos órgano-minerales, creando unas divisiones verticales denominadas horizontes del suelo.

Se llama roca madre a la que proporciona su matriz mineral al suelo. Se distinguen suelos autóctonos, que se asientan sobre su roca madre, lo que representa la situación más común, y suelos alóctonos, formados con una matriz mineral aportada desde otro lugar por los procesos geológicos de transporte.

La importancia de la materia orgánica en el suelo

La materia orgánica tiene funciones muy importantes en el suelo y en general, en el desarrollo de una agricultura acorde con las necesidades de preservar el medio ambiente y a la vez, más productiva. Para ello es necesario partir del conocimiento de los procesos que tienen lugar en el suelo (ciclos de nutrientes) y de la actividad biológica del mismo, con el fin de establecer un control de la nutrición, del riego y del lavado de elementos potencialmente contaminantes. A modo indicativo, se citan a continuación los efectos de la materia orgánica sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo:

1.) Efecto Sobre las Características Físicas.

La materia orgánica disminuye la densidad aparente del suelo (por tener una menor densidad que la materia mineral), contribuye a la estabilidad de los agregados, mejora la tasa de infiltración y la capacidad de retención de agua. Existen numerosos estudios sobre la mejora de estas características tras el aporte de materia orgánica, aunque no queda bien claro qué estadio de la materia orgánica favorece qué proceso. La materia orgánica viva de origen vegetal se caracteriza por una estructura celular abierta.

Las partículas de cortezas o corcho o las fibras vegetales tienen células en su interior que contribuyen a aumentar la porosidad del suelo (porcentaje de poros), es decir, aumenta el número de poros que son capaces de retener agua o aire sin aumentar el volumen total de suelo. Los espacios vacíos que se forman en la interfase entre las partículas orgánicas y minerales pueden

contribuir al aumento de la conductividad hidráulica del suelo. Debido al efecto físico del tamaño de las partículas, la materia orgánica aumenta la capacidad de retención de agua de suelos arenosos y aumenta la capacidad de aireación de suelos arcillosos. Tolera mejor los efectos mecánicos del paso de maquinaria por tener una mayor elasticidad que la materia mineral. Al cohesionar los suelos arenosos contribuyen a reducir las pérdidas de suelo por erosión superficial.

En todos los suelos en general favorece la estructura agregada que limita el arrastre de partículas de suelo, canalizando a la vez el paso del agua a través del mismo. Además, los residuos orgánicos fácilmente descomponibles dan lugar a la síntesis de compuestos orgánicos complejos que actúan ligando las partículas del suelo favoreciendo la formación de agregados, lo que repercute en una mejora de la aireación y de la retención de agua.

La materia orgánica tiene también efectos importantes sobre la temperatura del suelo. La materia orgánica tiene una conductividad térmica más baja que la materia mineral, mientras que las diferencias en la capacidad calorífica son bajas porque dependen del contenido de humedad. Al tener una conductividad térmica baja, la materia orgánica mantiene las temperaturas constantes en el tiempo, reduciéndose las oscilaciones térmicas. Al tener un color más oscuro que el suelo mineral disminuye la radiación reflejada, calentándose más.

2.) Efecto Sobre las Características Químicas.

La materia orgánica tiene un papel importante en la mejora de la disponibilidad de micronutrientes (principalmente hierro, manganeso, zinc y cobre) para las plantas así como en la reducción de los efectos tóxicos de los cationes libres. Muchos metales que precipitarían en suelos en condiciones

normales, se encuentran mantenidos en la solución del suelo en forma quelatada. Es probable que estos micronutrientes sean transportados hacia las raíces de las plantas en forma de quelatos complejos solubles. La materia orgánica mejora la nutrición en fósforo, es posible que a través de favorecer el desarrollo de microorganismos que actúan sobre los fosfatos. Es posible que la formación de complejos arcillo-húmicos o la quelatación contribuyan a solubilizar los fosfatos inorgánicos insolubles. Parece que las sustancias húmicas aumentan la liberación de potasio fijado a las arcillas.

La mayor parte del nitrógeno almacenado en el suelo se encuentra en forma orgánica, por lo tanto, la disponibilidad de materia orgánica influye directamente en la disponibilidad de nitrógeno.

La materia orgánica contiene un número elevado de grupos funcionales (carboxílicos, hidroxílicos, aminoácidos, amidas, cetonas y aldehidos). Entre ellos, son los grupos carboxílicos los que contribuyen en mayor grado a la adsorción de moléculas de agua en forma de puentes de hidrógeno o enlaces coordinados. Los grupos funcionales de la materia orgánica proporcionan capacidad de intercambio catiónico, contribuyendo por tanto a aumentarla en suelos con bajo contenido en arcilla. También proporcionan una mayor capacidad tampón, lo que afectará a la cantidad de enmienda a utilizar si se desea subir el pH (mayor cantidad de enmienda a mayor capacidad tampón). La materia orgánica suele acidificar el medio, favoreciendo así indirectamente la absorción de nutrientes por las plantas.

3.) Efectos Sobre las Características Biológicas.

La materia orgánica sirve de fuente de energía para los microorganismos del suelo. Favorece la presencia de lombrices que contribuyen a estructurar el suelo.

Algunos materiales orgánicos presentan actividad supresora frente a hongos y se utilizan para combatir hongos patógenos. La supresión puede ser biótica o abiótica y puede deberse a diversos factores, entre ellos, factores físicos relacionados con la disponibilidad de oxígeno y el drenaje, un pH inadecuado al desarrollo de los microorganismos patógenos, presencia o ausencia de elementos como el nitrógeno, etc.

La materia orgánica puede proporcionar actividad enzimática. Parece que existen enzimas activas adsorbidas al humus o a las partículas de arcilla no ligadas a las fracciones vivas. Una de las más abundantes es la ureasa. En general las enzimas contribuyen a hidrolizar moléculas de cadena larga, haciendo disponibles para las plantas algunos elementos resultantes de la hidrólisis.

Algunos productos derivados de la descomposición de la materia orgánica, como los derivados fenólicos, afectan al balance hormonal inhibiendo o favoreciendo la actividad de las hormonas vegetales. Algunos materiales como las cortezas, contienen sustancias que inhiben el crecimiento y que se eliminan generalmente mediante el compostaje. Existen también algunas hormonas ligadas a la materia orgánica, como las auxinas, o el etileno que se libera en condiciones reductoras (por ejemplo, por exceso de agua). La materia orgánica puede adsorber reguladores de crecimiento que se pueden añadir de forma externa. También tiene un papel importante en la absorción de pesticidas aplicados al suelo.

La materia orgánica puede servir de vehículo de diversos microorganismos de interés. Entre ellos, los inóculos de *Rhizobium*, *Azotobacter*, de hongos vesículo-arbusculares, ectomicorrizas y agentes de control biológicos (tipo *Trichoderma*).

Procesamiento de residuos de jardín

El propósito de procesar residuos de jardín domiciliarios y de parques y vías públicas de manera separada de los residuos reciclables, así como el resto de la basura domiciliaria y comercial tiene el fin de producir compost y/o “cubierta retenedora de humedad” de alta calidad.

Si las hojas, el pasto y las ramas pequeñas se recogen separadamente del resto de los Residuos Sólidos Municipales, el costo de procesarlo es significativamente menor y la tecnología es significativamente más simple que cuando hay que separarlos de desechos mezclados.

Una alternativa sencilla, barata y muy eficiente para reducir los residuos de jardinería que ingresan al flujo diario de los Residuos Sólidos Municipales, es mediante la producción domiciliar de compost.

Diferencia entre compostaje, compost y humus

Se llama compostaje a la técnica biológica realizada en condiciones particulares de humedad, aireación, temperatura y bajo la acción de ciertos microorganismos, para la transformación y estabilización de residuos orgánicos biodegradables en un producto final llamado compost que según su contenido de nutrientes puede ser un abono de buena calidad.

El compost es un compuesto con contenido alto en materia orgánica parcialmente mineralizada y humificada, que puede ser usado como abono orgánico o como sustrato, que puede sufrir mineralizaciones más lentas una vez incorporado al suelo y que al final de su evolución o descomposición se transforma en humus.

Humus es la fracción residual relativamente estable que queda después de la descomposición de la materia orgánica de color oscuro y muy resistente al ataque microbiano. De acuerdo a este concepto un composta o lombricompost, no se debe llamar humus, ya que estos son simplemente materias orgánicas prehumificadas.

Fuente: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Centro de Investigación Palmira

Factores que condicionan el proceso de compostaje

El proceso de compostaje se basa en la actividad de microorganismos que viven en el entorno, ya que son los responsables de la descomposición de la materia orgánica. Para que estos microorganismos puedan vivir y desarrollar la actividad descomponedora se necesitan unas condiciones óptimas de temperatura, humedad y oxigenación.

Son muchos y muy complejos los factores que intervienen en el proceso biológico del compostaje, estando a su vez influenciados por las condiciones ambientales, tipo de residuo a tratar y el tipo de técnica de compostaje empleada. Los factores más importantes son:

Grado de Trituración: El tamaño de los fragmentos tiene una gran importancia en la velocidad de transformación de la materia orgánica, porque, si el tamaño es grande, las bacterias y hongos tienen poco poder de penetración, y casi sólo pueden crecer sobre su superficie externa. Un objeto en una sola pieza presenta mucha menos superficie que el mismo objeto desmenuzado, el cual dispondrá de más espacio sobre el que puedan desarrollarse bacterias y hongos, lo que comporta una mayor velocidad de descomposición.

Temperatura. Se consideran óptimas las temperaturas del intervalo 35-55 °C para conseguir la eliminación de patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas. A temperaturas muy altas, muchos microorganismos interesantes para el proceso mueren y otros no actúan al estar esporados.

Humedad. En el proceso de compostaje es importante que la humedad alcance unos niveles óptimos del 40-60 %. Si el contenido en humedad es mayor, el agua ocupará todos los poros y por lo tanto el proceso se volvería anaeróbico, es decir se produciría una putrefacción de la materia orgánica. Si la humedad es excesivamente baja se disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso es más lento. El contenido de humedad dependerá de las materias primas empleadas. Para materiales fibrosos o residuos forestales gruesos la humedad máxima permisible es del 75-85 % mientras que para material vegetal fresco, ésta oscila entre 50-60%.

pH. Influye en el proceso debido a su acción sobre microorganismos. En general los hongos toleran un margen de pH entre 5-8, mientras que las bacterias tienen menor capacidad de tolerancia (pH= 6-7,5)

Oxígeno. (Aireación). El compostaje es un proceso aeróbico, por lo que la presencia de oxígeno es esencial. La concentración de oxígeno dependerá

del tipo de material, textura, humedad, frecuencia de volteo y de la presencia o ausencia de aireación forzada.

Relación C/N equilibrada. El carbono y el nitrógeno son los dos constituyentes básicos de la materia orgánica. Por ello para obtener un compost de buena calidad es importante que exista una relación equilibrada entre ambos elementos. Teóricamente una relación C/N de 25-35 es la adecuada, pero esta variará en función de las materias primas que conforman el compost. Si la relación C/N es muy elevada, disminuye la actividad biológica. Una relación C/N muy baja afecta al proceso de compostaje, perdiendo el exceso de nitrógeno en forma de amoníaco. Es importante realizar una mezcla adecuada de los distintos residuos con diferentes relaciones C/N para obtener un compost equilibrado. Los materiales orgánicos ricos en carbono y pobres en nitrógeno son la paja, el heno seco, las hojas, las ramas, la turba y el serrín.

Población microbiana. El compostaje es un proceso aeróbico de descomposición de la materia orgánica, llevado a cabo por una amplia gama de poblaciones de bacterias, hongos y actinomicetes.

Fuente: <http://www.infoagro.com/abonos/compostaje.htm>

Sistema de hipótesis y variables

La operacionalización de las variables

Es un proceso que se inicia con la definición de las variables en función de factores estrictamente medibles a los que se les llama indicadores

El proceso obliga a realizar una definición conceptual de la variables para romper el concepto difuso que ella engloba y así darle sentido concreto dentro de la investigación, luego en función de ello se procede a realizar la definición operacional de la misma para identificar los indicadores que permitirán realizar su medición de forma empírica y cuantitativa, al igual que cualitativamente llegado el caso.

La operacionalización de la variable implica los siguientes pasos:

Identificación de la Variable: un concepto difuso que es parte del objetivo o hipótesis de investigación y que se tiene que cuantificar o medir.

Definición Conceptual de la Variable: es la definición conceptual de la misma para romper su carácter difuso, esto se hace clarificando exactamente su alcance y población objeto de estudio.

Definición Operacional de la Variable: implica la definición de la misma en función de los factores (indicadores) que indirectamente permitirán medirla, estos factores de igualmente tienen que ser medidos de forma directa y que establecen la dimensión o dimensiones de la variable.

Señalización del Indicador: Consiste en identificar cada uno de los indicadores que se derivan o se obtienen a través de la definición operacional de la variable.

Fuente:<http://www.mistareas.com.ve/variables/operacionalizacion-de-las-variables.htm>

Hipótesis de Investigación: La adición de residuo vegetal de jardín (grama) en un suelo de tipo arena limosa (SM), con un ángulo de fricción de $29,8^\circ$ y cohesión promedio de 3.1 ton/m^2 aumenta el contenido de materia orgánica mejorando el desarrollo de la población bacteriana.

Hipótesis alternativa: La adición de residuo vegetal de jardín (grama) en un suelo de tipo arena limosa (SM), con un ángulo de fricción de $29,8^\circ$ y cohesión promedio de 3.1 ton/m^2 mantiene el contenido de materia en el suelo.

Hipótesis nula: La adición de residuo vegetal de jardín (grama) en un suelo de tipo arena limosa (SM), con un ángulo de fricción de $29,8^\circ$ y cohesión promedio de 3.1 ton/m^2 disminuye el contenido de materia orgánica desmejorando el desarrollo de la población bacteriana.

Variable Independiente: cantidad de residuo de jardín.

Variable Dependiente: contenido de materia orgánica en el suelo.

Tabla 1. Cuadro de operacionalización de variables

Objetivo General: Evaluar el efecto de la cantidad de residuo de jardín sobre el contenido de materia orgánica en un suelo de tipo arena limosa (SM), con un ángulo de fricción de 29,8° y cohesión promedio de 3.1 ton/m².

| Variable | Definición Conceptual | Definición Operacional | Dimensión | Subdimensiones | Indicador |
|--|-----------------------------------|--|---------------------------------------|---|--|
| Independiente Cantidad de residuo de jardín | Residuo vegetal de jardín (grama) | Determinación del volumen de la grama. | Cantidad de grama en el suelo (%) v/v | | 1%, 3%, 5% en m ³ . del volumen del suelo |
| Dependiente Contenido de materia orgánica en el suelo | Materia orgánica | Crecimiento bacterial en placas de petri | Carga bacteriana [UFC/ml] | Cuantificación de la carga bacteriana sin residuo vegetal de jardín | [UFC/ml] Semana 1 Semana 2 Semana 3 Semana 4 Semana 5 |
| | | | | Cuantificación de la carga bacteriana con residuo vegetal de jardín | [UFC/ml] Semana 2 Semana 3 Semana 4 Semana 5 |

Fuente: Rangel D. y Rodríguez C. (2010).

CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO

Tipo de Investigación

El presente trabajo de investigación está enmarcado en un estudio de tipo explicativo. Según Hernández Sampieri (2006), “Los estudios explicativos van mas allá de la descripción de concepto o fenómeno o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales” lo que indica que la Investigación explicativa busca el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas (investigación postfacto), como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis.

Por lo tanto se habla de una investigación explicativa, ya que se busca explicar el efecto que produce la cantidad de residuo vegetal de jardín sobre el contenido de materia orgánica en un suelo arena limosa (SM), con un ángulo de fricción de 29,8° y cohesión promedio de 3.1 ton/m².

Diseño de Investigación

El diseño de investigación se puede analizar como el plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea, el objetivo es que el investigador visualice la manera más práctica y concreta de responder a las preguntas de investigación, además de cumplir con los objetivos fijados.

La experimentación es de gran importancia por cuanto permite modificar y controlar variables a la vez que determina las consecuencias de ellos, es decir, permite adelantarse en el fenómeno, manipularlo y, no solamente, observarlo (Tamayo – Tamayo, 2000).

En esta investigación el diseño es de tipo experimental, debido a que es el procedimiento más indicado para investigar relaciones de causa-efecto y emplea un grupo de control para comparar los resultados obtenidos con el grupo experimental, teniendo en cuenta que, para los fines del experimento, ambos grupos deben ser iguales, excepto en que uno recibe tratamiento (muestras 1%, 3% 5%) y el otro no (muestra Blanco).

Descripción de la Metodología

Ubicación del Suelo

El suelo se encuentra ubicado en el municipio Naguanagua en las adyacencias del C.C. Cristal. La información de la clasificación y tipo de suelo fue suministrada por el trabajo de grado “EVALUACION DE RIESGO GEOTECNICO EN EL SECTOR 5 DEL MUNICIPIO NAGAUNAGUA ESTADO CARABOBO”, en el caso de este trabajo, es un suelo de tipo arena limosa (SM), con un ángulo de fricción de 29,8° y cohesión promedio de 3.1 ton/m²

Establecer la cantidad de residuo vegetal a añadir

Esta variable se fijara a los valores siguientes, 1%, 3% y 5% del volumen total de la muestra de suelo, la trituración de la grama se realizó con el objeto de obtener trozos pequeños no mayores a 1 cm. El peso de la muestra de residuo vegetal se obtendrá aplicando los valores de porcentaje del volumen total del suelo, el cual se estableció en 3.200 cc.

Determinación de la carga bacteriana presente en el suelo con residuo vegetal

Para la determinación de la carga bacteriana recurrimos a realizar un ensayo para medir la cantidad de Unidades Formadoras de colonias de bacterias en el suelo, se conformaron dos grupos de muestras, el primero consta de el suelo blanco o de control (sin agregar residuo vegetal, manteniendo sus condiciones normales), el segundo grupo, formado por 3 muestras de suelos con un contenido de residuo vegetal al 1%, 3% y 5% del volumen total de la muestra del suelo. Teniendo en total 4 muestras las cuales se analizaron durante 4 semanas consecutivas excepto la muestra de control que se analizo 5 semanas, realizándose un análisis una semana antes que las otras.

Como se explica anteriormente se efectuó un ensayo el cual tuvo lugar en el Centro de Investigaciones Microbiológicas Aplicadas (CIMA) de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de Carabobo, dicho ensayo mide la cantidad de unidades formadoras de colonias de bacterias (UFC/MI) que posee el suelo en sus condiciones naturales una vez extraído del sitio y al agregarle los porcentajes correspondientes de residuos de jardín.

Condiciones optimas necesarias para la realización del experimento

Se debió garantizar a las muestras en este experimento, primero, el 50% del porcentaje de humedad que presentara en la muestra inicialmente, este porcentaje se le calculo a la muestra de control inmediatamente luego de su obtención en sitio, segundo, mantener una aireación constante y durante las semanas de duración del experimento.

Comparación de la carga bacteriana del suelo blanco o de control y el suelo con residuo vegetal

Una vez obtenidos los análisis de la carga bacteriana presente en cada una de las muestras, realizamos la curva bacteriológica de cada muestra, cantidad de carga bacteriana [UFC/ml] contra tiempo (semanas) y procedimos a realizar las comparaciones de cada muestra de porcentajes 1%, 3% y 5% con la muestra de control, para explicar los efectos y causa que intervienen en los resultados de este experimento.

Población

La población constituye el conjunto de elementos que forma parte del grupo de estudio, por tanto, se refiere a todos los elementos que en forma individual podrían ser cobijados en la investigación” (Ramírez, Alberto, 2005). Por lo tanto es muy importante tener presente que la población la delimita el objetivo o propósito y no estrictamente su ubicación o límites geográficos

La población de estudio en nuestra investigación está conformada por los suelos del Municipio Naguanagua, en las adyacencias del C.C. Cristal.

Muestra

El autor (Ramírez, Alberto, 2005) define a la muestra como “en un grupo reducido de elementos de dicha población, al cual se le evalúan características particulares, generalmente aunque no siempre, con el propósito de inferir tales características a toda la población”. En la actualidad existen gran cantidad de autores que proponen diferentes criterios de clasificación de los diferentes tipos de muestreo, aunque en general pueden dividirse en dos grandes grupos: métodos de muestreo probabilísticos y métodos de muestreo no probabilísticos. En esta investigación el tipo de

muestro realizado fue el no probabilístico ya que no se tiene certeza de que la muestra extraída sea representativa, ya que no todos los sujetos de la población tienen la misma probabilidad de ser elegidos.

En general se realiza el muestreo siguiendo determinados criterios procurando que la muestra sea representativa, por la cual en este trabajo el criterio de selección fue el de Muestreo opinático o intencional el cual se encuentra dentro de la clasificación de muestreo no probabilístico ya que en este tipo de muestras se caracteriza por un esfuerzo deliberado de obtener muestras "representativas" mediante la inclusión en la muestra de grupos supuestamente típicos. (Fuente: Ramírez, Alberto, 2005)

La muestra de esta investigación está representada por un suelo un suelo de tipo arena limosa (SM), con un ángulo de fricción de $29,8^\circ$ y cohesión promedio de 3.1 ton/m² obtenido en el Municipio Naguanagua, en las adyacencias del C.C. Cristal.

Se utilizo 4 recipientes plásticos de capacidad 5000 cc, los cuales se llenaron hasta un volumen de 3.200 cc y se les perforo oricios en la parte inferior de los envases y unos pocos de los costados para el drenaje del agua. Las muestras estaban conformadas por un blanco o control a la cual no se le añadió residuo vegetal y otras tres muestras las cuales se realizaron con un contenido de residuo vegetal al 1%, 3% y 5% del volumen total de la muestra del suelo, garantizándole las mismas condiciones (humedad, aireación) a todas.

El almacenamiento de las muestras se llevo a cabo en la urbanización "Las Quintas de Naguanagua", calle 179 casa # 96-71, en condiciones iguales para todas bajo techo, en presencia de una aireación natural debido al aire que circula por el lugar aparte de la aireación efectuada manualmente cada vez que le añadía agua (inter diario) para mantener la humedad optima.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para llevar a cabo un trabajo de investigación se cuenta con una gran variedad de métodos que permiten realizar un plan de recolección de datos de manera óptima, entre las técnicas más importantes tenemos:

La encuesta.

La observación.

Las mediciones biofisiológicas.

Las encuestas se dividen en estructuradas, semiestructuradas y en no estructuradas o abiertas, en la presente investigación entre las técnicas aplicadas para la recolección de datos se utilizó la encuesta no estructurada que según el autor (Hernández Sampieri, 2006) la define como “son las que se fundamentan en una guía general de contenido y el entrevistador posee toda la flexibilidad para manejarla”, la encuesta se le realizó, a la Lic. Bioanalista Noja Isseddin, técnico encargada de realizar los análisis de carga en el laboratorio del Centro de Investigaciones Microbiológicas Aplicadas, con el fin de obtener información técnica y calificada, que sustenta las bases teóricas en el ámbito de microbiología ambiental.

Otras de las técnicas aplicadas durante la investigación fue la observación la cual varía dependiendo de su estructura, en este caso se realizó la observación no estructurada debido a que se aplicó durante el trabajo una observación participante la cual según (Taylor y Bogdan, 2003) la define como “es la que implica la interacción social entre el investigador y los informantes en el medio o contexto de estos últimos, y durante la cual se recogen datos de modo sistemático y no intrusivo.”

Análisis de Datos

Luego de obtener todos los datos de los análisis de carga bacteriana, se tabularon y graficaron, comparando cada una de las muestras que tenían el 1%, 3% y 5% de residuo vegetal, entre si y además con la muestra de control. Las graficas fueron elaboradas de la siguiente manera en eje de las abscisas la unidad de tiempo (semanas) y en el eje de las ordenadas la unidad de carga bacteriana [UFC/ml].

Para que los datos experimentales sean apreciados de una manera más fácil y rápida para el lector, se mostraran unas tablas donde se expongan los resultados organizados con su respectiva grafica explicativa del proceso, desarrollado en cada una de las muestras. A partir de estos criterios, al realizar el análisis, se plantearan las observaciones que se efectúen para proporcionar la explicación en función de los objetivos planteados en la investigación.

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Luego de concluir la recolección de datos, se procedió a realizar el análisis de los valores obtenidos y a la presentación de los mismos de forma sencilla y práctica, por medio del uso de gráficos y tablas.

Los estudios realizados en el Centro de Investigaciones Microbiológicas Aplicadas (CIMA) de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de Carabobo; se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 2: *Estudio de la Carga Bacteriana.*

Carga bacteriana medida en (UFC/MI)

| Tabla de Valores Experimentales | | | | | | |
|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | Semana | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Blanco | original | 5,80E+04 | 3,60E+05 | 4,10E+05 | 3,90E+05 | 1,40E+05 |
| 1 | 1% | 5,80E+04 | 3,70E+05 | 1,70E+06 | 5,60E+06 | 2,20E+05 |
| 2 | 3% | 5,80E+04 | 8,40E+05 | 2,60E+06 | 6,20E+05 | 4,00E+05 |
| 3 | 5% | 5,80E+04 | 1,70E+06 | 3,40E+06 | 7,40E+05 | 6,30E+05 |

Muestra blanco o de control

Tabla 3: *Estudio de la Carga Bacteriana.*

| | Semana | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Blanco | original | 5,80E+04 | 3,60E+05 | 4,10E+05 | 3,90E+05 | 1,40E+05 |

Carga bacteriana medida en (UFC/MI)

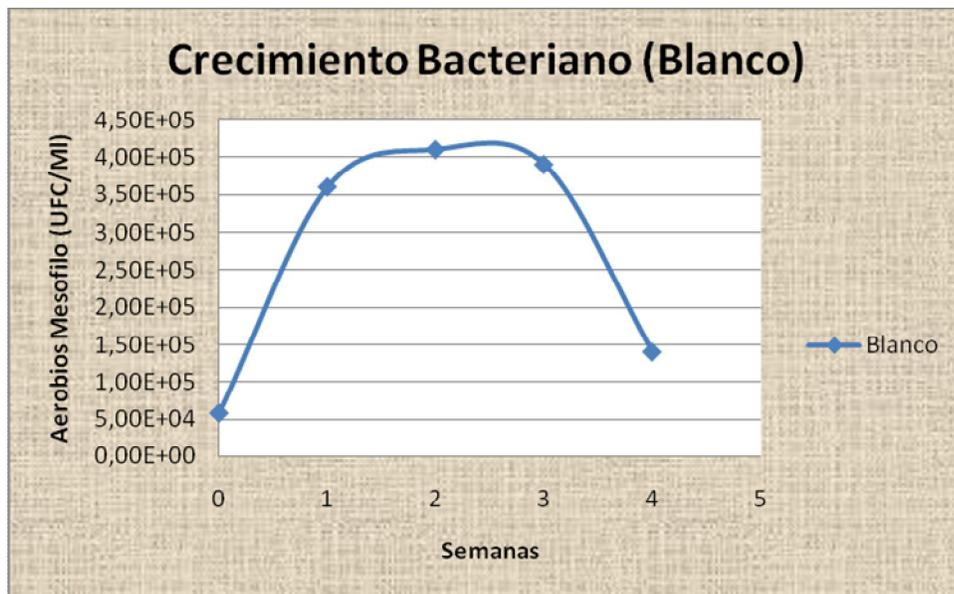


Gráfico 1: **Gráfico Crecimiento Bacteriano del suelo Blanco sin residuo vegetal.**

Fuente: Rangel D. y Rodríguez C. (2010)

La gráfica de la muestra blanco o de control, presenta un comportamiento estándar a lo que es el desarrollo de la población bacteriana. Según la gráfica en la primera fase, la de adaptación, se lleva de manera muy rápida, las bacterias se sienten cómodas en el medio y empiezan su crecimiento normalmente de manera favorable, no se nota un cambio de fase con la exponencial debido a que las condiciones del suelo son las mismas, no se alteró el medio al punto que los microorganismos necesitaran una adaptación, a la primera semana de comenzar el experimento se observa el cambio de fase a la estacionaria la cual tiene un tiempo de duración de casi 2 semanas, alcanzando un punto máximo de carga bacteriana $4,10E+05$ (UFC/MI), en esta etapa la misma cantidad de bacterias que nacen mueren, la última semana de estudio es totalmente de la fase de declinación o muerte, visualmente se observa que al final de la curva hace falta terminar el ciclo de vida bacteriano.

Cantidad de material vegetal agregado

Tabla 4: volúmenes de residuo de jardín (poda de césped verde)

| Volumen total contenido en el recipiente (litros) | Porcentaje establecido | Volumen residuo vegetal a adicionar (litros) | Volumen residuo vegetal a adicionar (mililitros) |
|---|------------------------|--|--|
| | (%) | | |
| 3,2 | 1 | 0.032 | 32 |
| 3,2 | 3 | 0,096 | 96 |
| 3,2 | 5 | 0,16 | 160 |

La cantidad de residuo vegetal agregada al suelo, está marcada por el porcentaje de residuo que se estableció en la delimitación inicial del trabajo, todas las muestras fueron fijadas a 3.2 litros a lo que es igual 3200 cc. El material vegetal agregado para las muestras que contiene el 1%, 3% y 5% fue de 32 ml, 96 ml y 160 ml respectivamente.

Muestra con residuo de jardín 1%

Tabla 5: Estudio de la Carga Bacteriana.

| | Semana | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|--------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 1% | 5,80E+04 | 3,70E+05 | 1,70E+06 | 5,60E+06 | 2,20E+05 |

Carga bacteriana medida en (UFC/MI)

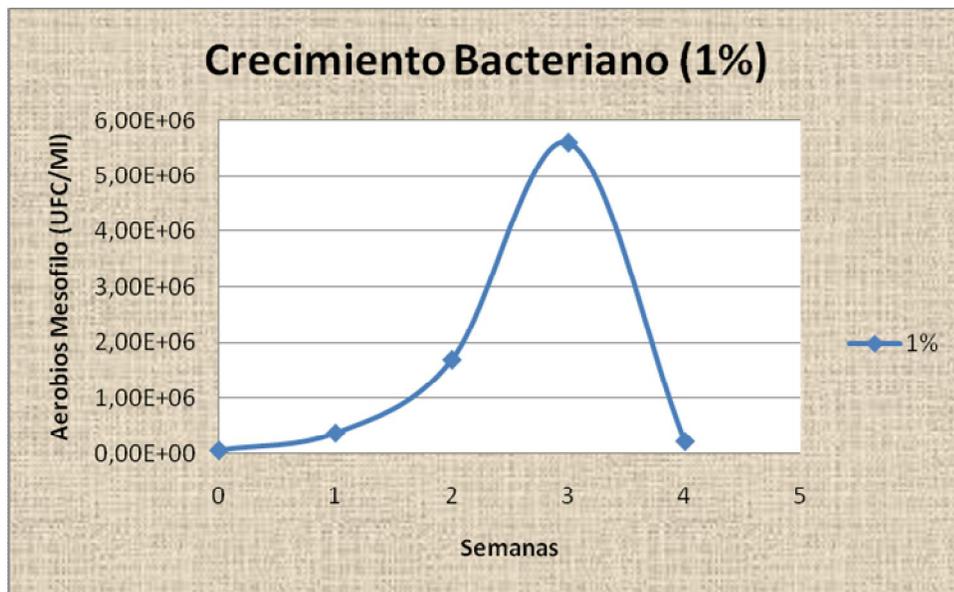


Gráfico2: **Gráfico Crecimiento Bacteriano del suelo con el 1% de concentración de residuo vegetal.**

Fuente: Rangel D. y Rodríguez C. (2010)

La gráfica con el 1% de su volumen en residuo vegetal de jardín claramente se desarrolla como la curva de crecimiento bacteriano estándar, evidenciando las distintas fases de desarrollo poblacional de las bacterias, un crecimiento lento (aclimatación) durante la primera semana y parte de la segunda, entre las semanas 2 y 3 se presenta el aumento exponencial de la población alcanzando su valor máximo justo en la semana 3 de 5,60E+06 (UFC/MI), la fase estacionaria tiene una duración corta y rápidamente entra en la siguiente fase, a partir de la semana 3 va en declive la población entrando así en la fase de muerte de las bacterias hasta el fin de la semana 4. Visualmente se observa que al final de la curva hace falta terminar el ciclo, probablemente se necesitarían unos días más o una semana más de chequeo de esta muestra para concluir el primer ciclo, la curva definiría un punto mínimo haciendo un trayecto cóncavo y empezar de nuevo con un crecimiento bacteriano. Para tener más claro la duración de la fase estacionaria

podría realizarse el estudio de la carga dos veces por semana ya que esta fase existe pero su duración es corta.

Crecimiento Bacteriano blanco vs 1%

Tabla 6: Estudio de la Carga Bacteriana.

| | Semana | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Blanco | original | 5,80E+04 | 3,60E+05 | 4,10E+05 | 3,90E+05 | 1,40E+05 |
| 1 | 1% | 5,80E+04 | 3,70E+05 | 1,70E+06 | 5,60E+06 | 2,20E+05 |

Carga bacteriana medida en (UFC/MI)

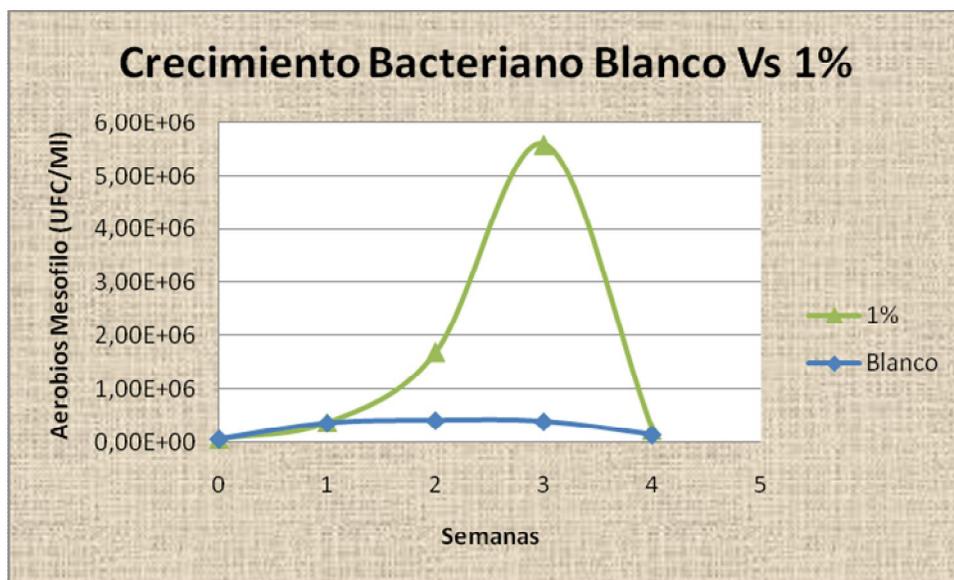


Gráfico 3: Gráfico comparativo del Crecimiento Bacteriano del suelo blanco y el 1% de concentración de residuo vegetal.

Fuente: Rangel D. y Rodríguez C. (2010)

El crecimiento y desarrollo que presenta la muestra con el 1% de su volumen en residuo vegetal de jardín, en relación a la muestra sin residuo vegetal (muestra blanco o de control), se puede apreciar fácilmente en la grafica, la estimulación y el mejoramiento del medio ambiente a los microorganismos por medio de la técnica empleada hace esta amplia brecha que es de fácil observación, la primera fase de ambas muestras se desarrolla casi igual, la primera semana con una diferencia de carga de 0,10E+05 (UFC/MI) a favor de la muestra con el 1 %, se puede decir que es muy poco lo que aumenta casi cero, sin embargo el mayor bienestar causado se presencia a partir de la segunda semana donde la carga bacteriana crece y hace una diferencia máxima en la tercera semana de 5,210E+06 (UFC/MI) a favor de la que se encuentra con residuo. Este sería el aporte máximo en donde se beneficia la carga bacteriana agregándole el residuo, se puede

asegurar que se aumentan los alimentos a las bacterias agregándole el residuo vegetal y que su crecimiento en las dos primeras fases se debe a eso y a que la aireación y la humedad aplicada ayudan a un mas a la comodidad para la vida de los seres que habitan.

Es importante destacar que siempre la muestra estimulada con la técnica aplicada alcanza mayor cantidad de carga bacteriana a lo largo del experimento.

Muestra con Residuo de Jardín 3%

Tabla 7: Estudio de la Carga Bacteriana.

| | Semana | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|--------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 2 | 3% | 5,80E+04 | 8,40E+05 | 2,60E+06 | 6,20E+05 | 4,00E+05 |

Carga bacteriana medida en (UFC/MI)

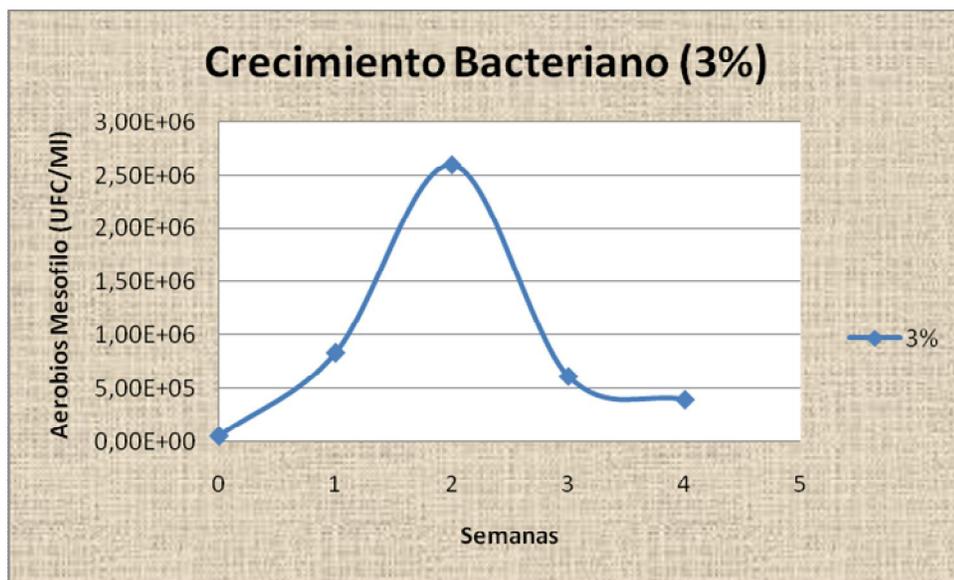


Gráfico 4: Gráfico del Crecimiento Bacteriano del suelo con el 3% de concentración de residuo vegetal.

Fuente: Rangel D. y Rodríguez C. (2010)

El gráfico expone a la muestra que posee el 3% de su volumen en residuo vegetal de jardín. En la fase correspondiente a la adaptación se observa que el crecimiento es un poco acelerado, los microorganismos se sienten cómodos en el medio, esta primera fase ocurre en la primera semana. En la segunda semana continúa el crecimiento en su segunda fase alcanzando un máximo al final de esta semana, de 2,60E+06 (UFC/MI), muestra una fase estacionaria muy corta apenas alcanza el máximo empieza

a decrecer la curva, en la tercera semana la carga bacteriana disminuye aceleradamente, la desde el principio hasta el fin de la cuarta semana la carga es mínima y se mantiene casi que constante, manteniendo un valor de carga de $6,30E+05$ (UFC/MI). La gráfica evidencia que en la muestra se realizo completo su primer ciclo de estudio y que presenta todas las fases que deben tener los microorganismos en su período de vida. Para una mejor apreciación de las fases que comprenden el ciclo bacteriano se debe realizar un estudio de carga con una frecuencia más corta de dos análisis por semana, para así evidenciar aun mejor la fase de adaptación y la estacionaria.

Crecimiento Bacteriano blanco vs 3%

Tabla 8: Estudio de la Carga Bacteriana.

| | Semana | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Blanco | original | $5,80E+04$ | $3,60E+05$ | $4,10E+05$ | $3,90E+05$ | $1,40E+05$ |
| 2 | 3% | $5,80E+04$ | $8,40E+05$ | $2,60E+06$ | $6,20E+05$ | $4,00E+05$ |

Carga bacteriana medida en (UFC/MI)

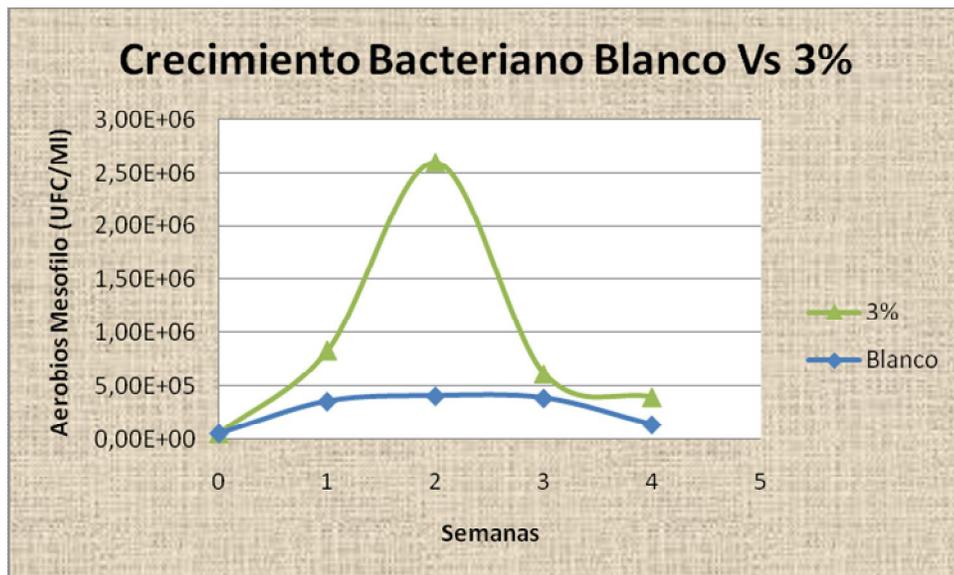


Gráfico 5: Gráfico comparativo del Crecimiento Bacteriano del suelo blanco y el 3% de concentración de residuo vegetal.

Fuente: Rangel D. y Rodríguez C. (2010)

La cantidad de carga bacteriana entre una muestra y otra esta a la vista, la muestra de control tiene un crecimiento muy moderado, su carga bacteriana es baja pudiendo ser debido a su clasificación del tipo de suelo siendo esta una arena limosa (SM), al ser arena existen muchos espacios vacios entre sus partículas y esto influye en la retención de nutrientes por parte del suelo mismo, sin embargo al estimularlo con el residuo vegetal el crecimiento de la carga es evidente y favorece a los microorganismos existentes en el suelo, en este caso la muestra que contiene el 3% del residuo vegetal desde el principio es mayor en carga bacteriana y se observa justo al final de la segunda semana, una diferencia máxima entre la muestra de control y la tratada con el 3% de residuo vegetal de $2,210E+06$ (UFC/MI) a favor de la que está en presencia del residuo, aun en la fase de muerte la mayor cantidad de carga se presenta en la muestra con el 3%.

Comparando los valores de la tabla, se puede señalar que el valor máximo de la muestra de control alcanza un total de carga $4,10E+05$ (UFC/MI) sucediendo este en su fase estacionaria y el valor mínimo de la muestra con el 3% de residuo vegetal, en la su fase más crítica donde la carga es más baja consigue una carga de $4,00E+05$ (UFC/MI), demostrándonos que es casi igual los picos opuestos de ambas muestras y la técnica mejora considerablemente el desarrollo de las bacterias en el suelo.

Muestra con Residuo de Jardín 5%

Tabla 9: *Estudio de la Carga Bacteriana.*

| | Semana | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|--------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 3 | 5% | $5,80E+04$ | $1,70E+06$ | $3,40E+06$ | $7,40E+05$ | $6,30E+05$ |

Carga bacteriana medida en (UFC/MI)

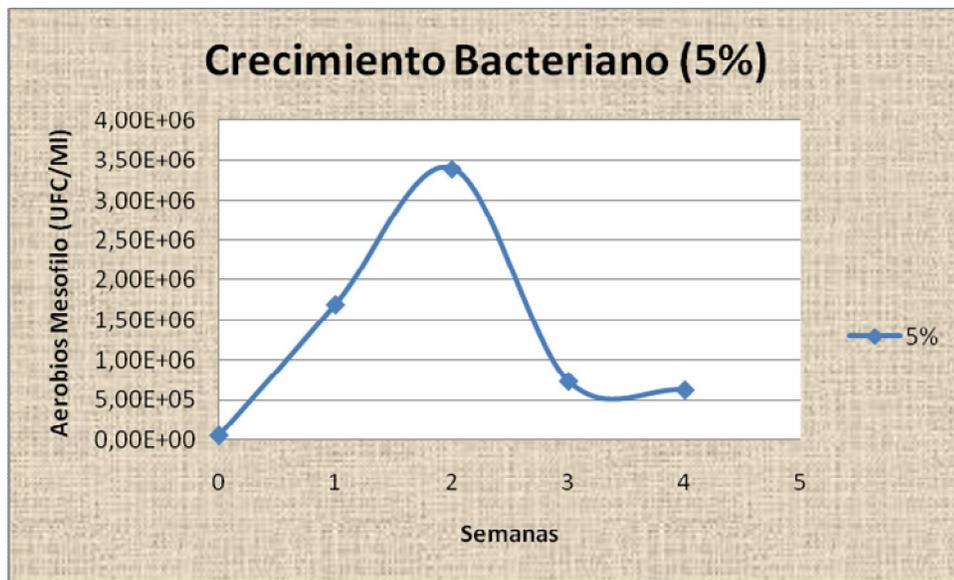


Gráfico 6: Gráfico del Crecimiento Bacteriano del suelo con 5% de concentración de residuo vegetal.

Fuente: Rangel D. y Rodríguez C. (2010)

Se muestra una última gráfica, la cual representa a la muestra que posee el 5% de su volumen de residuo vegetal de jardín, al comienzo de la fase ya se encuentran los microorganismos bien aclimatados, haciendo que la primera y segunda fase parezcan una sola, lo que significa que se necesitó, para evidenciar mejor cada etapa de más análisis de carga en cada semana, ya que sólo se realizó uno por semana, su pico más alto esta justo a la segunda semana cuando la carga bacteriana alcanza 3,40E+06 (UFC/MI), en ese punto se presenta la fase estacionaria la cual tiene una duración muy corta, se observó como la fase de muerte de las bacterias hace presencia, hasta el final de la tercera semana la muerte es rápida, luego la última semana la cuarta, los microorganismos mueren más lentamente casi se mantiene constante la carga a un valor de 6,30E+05 (UFC/MI), estamos en presencia de una curva completa, con todas sus fases y un comportamiento muy parecido al estándar, podemos inducir que el ciclo de vida de estas bacterias se efectuó.

Crecimiento Bacteriano blanco vs 5%

Tabla 10: Estudio de la Carga Bacteriana.

| | Semana | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Blanco | original | 5,80E+04 | 3,60E+05 | 4,10E+05 | 3,90E+05 | 1,40E+05 |
| 3 | 5% | 5,80E+04 | 1,70E+06 | 3,40E+06 | 7,40E+05 | 6,30E+05 |

Carga bacteriana medida en (UFC/MI)

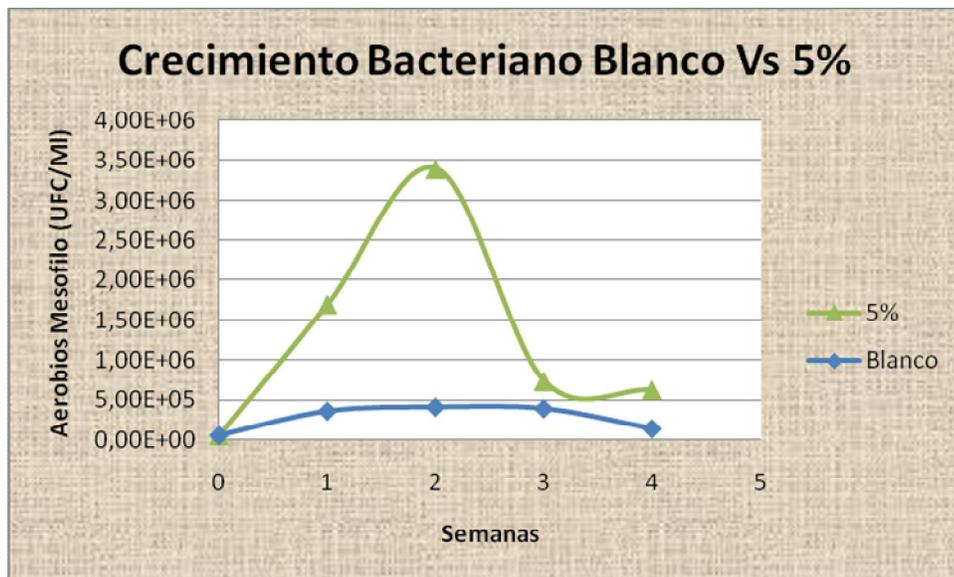


Gráfico 7: Gráfico comparativo del Crecimiento Bacteriano del suelo blanco y el 5% de concentración de residuo vegetal.

Fuente: Rangel D. y Rodríguez C. (2010)

La diferencia entre una muestra y otra es apreciable sin necesidad de ver los valores, sin embargo es importante señalar la diferencia entre ambas muestras, ya que los valores dan un carácter cuantitativo a la mejoría entre una muestra y otra. En este caso la muestra con residuo, como en los casos anteriores es superior a la muestra de control en cuanto a la carga bacteriana, desde el principio hasta el final del experimento las condiciones de las bacterias existentes en el suelo que posee el 5 % de residuo de jardín es superior. Las bacterias se alimentan y se multiplican mas en cada una de sus fases que la muestra base, el incremento máximo de la carga entre ambas muestras se observa en la segunda semana dando un valor de $2,99E+05$ (UFC/MI).

Cabe destacar que el valor de carga bacteriana más bajo de la muestra que contiene el 5 % de residuo vegetal es mayor que el valor de carga máxima en la muestra blanco proporcionando $6,30E+05$ (UFC/MI) y $4,10E+05$ (UFC/MI) respectivamente, demostrando una vez más el beneficio

de la técnica y la estimulación que esta brinda a los microorganismos existente en este suelo.

Crecimiento Bacteriano blanco, 1%, 3% y 5%
Tabla 11: Estudio de la Carga Bacteriana.
Carga bacteriana medida en (UFC/MI)

| Tabla de Valores Experimentales | | | | | | |
|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | Semana | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Blanco | original | 5,80E+04 | 3,60E+05 | 4,10E+05 | 3,90E+05 | 1,40E+05 |
| 1 | 1% | 5,80E+04 | 3,70E+05 | 1,70E+06 | 5,60E+06 | 2,20E+05 |
| 2 | 3% | 5,80E+04 | 8,40E+05 | 2,60E+06 | 6,20E+05 | 4,00E+05 |
| 3 | 5% | 5,80E+04 | 1,70E+06 | 3,40E+06 | 7,40E+05 | 6,30E+05 |

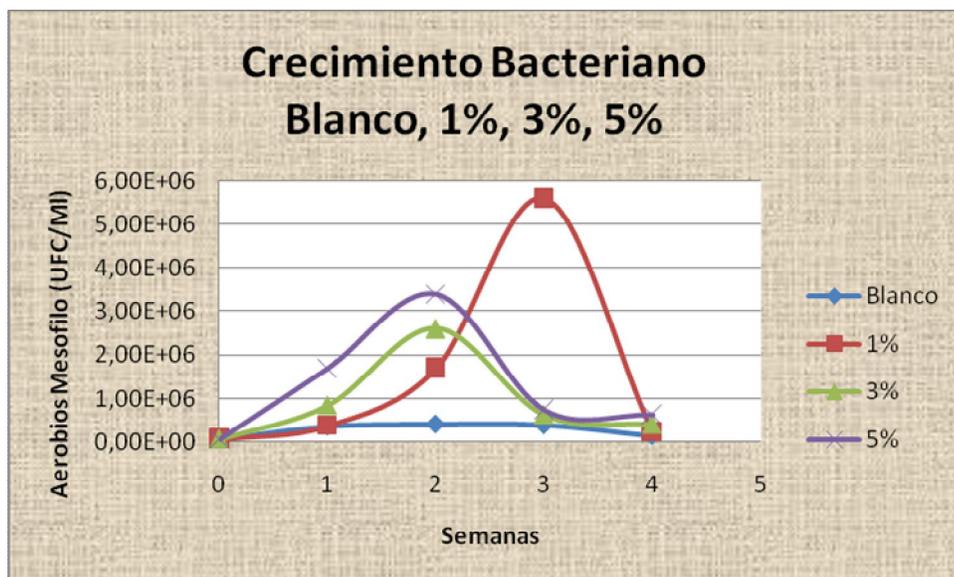


Gráfico 8: Gráfico comparativo del Crecimiento Bacteriano del suelo a distintas concentraciones de residuo vegetal.

Carga bacteriana medida en (UFC/MI)

Fuente: Rangel D. y Rodríguez C. (2010)

La recopilación de todo el experimento se exhibe en esta gráfica, presentando el resultado después de pasadas cinco semanas de recolección de datos, a la vista se observar el pico más alto que está representado por la curva de la muestra que contiene el 1% de residuo vegetal de jardín, al superponer los datos de todas las muestras se pueden apreciar varios detalles importantes:

La muestra blanco posee valores bajos en comparación a todas las demás muestras.

La muestras de 3% y 5% de residuo vegetal, en las graficas se muestran ya aclimatadas en su primera fase, esto pudo deberse a que la adaptación se realizó en un tiempo más corto, menor a una semana, la muestra del 5 % de residuo crece un poco más que la del 3%, pero ambas presentan un comportamiento similar en todas sus fases.

Para finalizar, la muestra que contiene el 1 % de residuo vegetal es la más beneficiada, alcanza valores más altos que todas las demás, y a diferencia de las muestras del 3% y 5%, esta si tiene una fase de adaptación

bien marcada, la cual necesitó aparentemente para alcanzar un punto mucho más alto de carga bacteriana que todas las demás muestras.

Se observa que con poco porcentaje de residuo es suficiente para estimular a esa población bacteriana y así obtener mejores resultados en su crecimiento, mayor cantidad de residuo hace que las bacterias estén en un medio con mucho mas alimento de las que necesiten, originándole fatiga o estrés, y alimentándose más de lo que estas necesiten causándoles un menor desarrollo a los microorganismos hay existentes.

CONCLUSIONES

La muestra del suelo sin residuo vegetal, posee valores muy pobres de carga bacteriana hasta en su punto más alto (fase estacionaria), debido a que se está en presencia de una arena limosa (SM), y la estructura de este suelo que posee una mayor cantidad de espacios vacíos y porosidad hace que el agua fluya entre él más fácilmente, haciendo que este pueda lavarse, dificultando la retención de nutrientes que se encuentren en el suelo.

La cantidad de residuo vegetal de jardín a añadir se estableció en 32 ml, 96 ml y 160 ml, para los valores del 1%, 3 % y 5% del volumen en residuo vegetal respectivamente.

Todas las muestras que contienen residuo vegetal se desarrollan normalmente, las muestras que contienen el 1%, 3% y 5% de residuo de jardín logran adaptarse a las condiciones aplicadas según la técnica empleada en nuestro estudio y la muestra del 1% alcanza el valor más alto de carga de $5,60E+06$ (UFC/MI), justo a la tercera semana.

La carga bacteria contenida en el suelo con residuo vegetal es mayor en cantidad que la del suelo original, por lo cual la hipótesis de trabajo se afirma y queda demostrada en cada uno de los análisis de los gráficos mostrados, los microorganismos que posee el suelo del terreno ubicado entre la Urbanización Quintas de Naguanagua y la Urbanización Cantapiedra, en el Sector V del Municipio Naguanagua, en el Estado Carabobo son capaces de adaptarse y aprovechar el residuo vegetal agregado en cantidades de 1%, 3% y 5% del volumen de la muestra en residuo vegetal (grama). El suelo que contiene el 1% de residuo vegetal es el que aprovecha de mejor manera el estímulo que se le proporciona, contribuyéndose así en el porcentaje óptimo que se le puede añadir al suelo del sector en estudio.

RECOMENDACIONES

Realizar mayor cantidad de muestras variando el porcentaje de residuo vegetal agregado.

Tener un mayor control del porcentaje de humedad proporcionada a la muestra, calculándole la humedad periódicamente.

Continuar con el estudio de la carga bacteriana sobre las muestras por unas semanas más hasta que los microorganismos efectúen otro ciclo bacteriano, y así observar el desarrollo que tendrán los microorganismos.

Proporcionar a las muestras la aireación frecuente, ya que es uno de las consideraciones que utiliza el método aplicado.

Mantener las muestras en lugares neutros, esto quiere decir, en lugares donde no estén en presencia de un sol excesivo o donde se le pueda aportar una humedad adicional a la requerida.

BIBLIOGRAFÍA

Textos:

1. Badillo, J.; Rodríguez, R., (2001), *Mecánica de Suelos*, Limusa, México.
2. Chung, A. (2003) Análisis económico de la ampliación de la cobertura del manejo de residuos sólidos por medio de la segregación en la fuente en Lima cerrada. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
3. Das, B. (2001) Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. Editorial thomson S.A. 3era edición.
4. Fassbender, H., y Bornemisza , E. () Química de suelos con énfasis en suelo de América Latina.
5. Hernández Sampieri, R. (2006), Metodología de la investigación (4ta Edición Mc Graw Hill.
6. Mogollon J. y Ochoa C. (2010). Efecto de la cantidad de residuo vegetal de jardín sobre el contenido de materia orgánica en un suelo de tipo arcillo de baja plasticidad 28.3° Y C= 3.88 TON/M2. (sector Mañongo, municipio Naguanagua
7. Morí, V.; Piñero, D. (2009). Evaluar el efecto de la cantidad de residuo de jardín sobre el contenido de materia orgánica en un suelo de tipo arena limosa. Facultad de ingeniería, Universidad de Carabobo. Venezuela.
8. Normas APA-UPEL (2009). Venezuela.
9. Ramírez, A., (2005), *Metodología de la investigación científica*, Pontifica Universidad Javariana.
10. Román, Y.; Vivas, M. (2008). *Evaluación del riesgo geotécnico en el Sector 5 del Municipio Naguanagua, Estado Carabobo*. Facultad de ingeniería, Universidad de Carabobo. Venezuela.
11. Taylor y Bogdan (2003), Introducción a los métodos cualitativos de investigación

Páginas Web:

1. Ecosite, (2003), El ambiente, consulta 25 de Agosto de 2010,
<http://www.eco2site.com/News/mayo/venezuela.asp>
2. Bertolino1, R. Plan de utilización productiva de residuos sólidos domiciliarios, consulta 25 de agosto de 2010,
<http://www.clasdes.cl/revistas/1112/rev11agurb4.htm>
3. González, M y Nagel, J (2005), Revista electrónica bilingüe n°7, fecha de consulta 25 de agosto de 2010, <http://www.analitica.com>
4. Monografías,(2006), Biología, Crecimiento bacteriano, consulta 25 de Agosto del 2010,
<http://www.monografias.com/trabajos27/crecimientobacteriano/crecimiento-bacteriano.shtml>
5. http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_agronomicas/villar_04/parte02/02.html
6. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba. RIA (Revista de Investigaciones Agropecuarias)
7. <http://inforganic.com/node/497> Revista Terralia
8. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Centro de Investigación Palmira
9. El compostaje (s.f.) Factores que condicionan el proceso de compostaje, fecha de consulta 2 de Septiembre del 2010,
<http://www.infoagro.com/abonos/compostaje.htm>.
10. Tesis y monografías (s.f.), La operacionalización de las variables, fecha de consulta 2 de Septiembre del 2010,
<http://www.mistareas.com.ve/variables/operacionalizacion-de-las-variables.htm>

11. Fernández, N., (2003), La contaminación, fecha de consulta 26 de Agosto del 2010, <http://www.elunibersal.com>
12. <http://www.uhu.es/03016/pagina03016/apuntes/tema1.htm>
13. <http://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea30s/ch028.htm>
14. www.cormagdalenacom.co/nuevaweb/Proyectos/ConveniosconOtrasEntidades/CONVENIO_FUNDASES/Curso%2520Guardaorillas/ABONOS%2520ORGANICOS.pdf+que+es+un+residuo+sólido

ANEXOS









