



# **Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**COLEGIO DE INGENIERIA AMBIENTAL**

**“CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DE LIXIVIADOS DE  
DIFERENTE ORIGEN COMO POTENCIALES ABONOS  
ORGÁNICOS”**

**TESIS PROFESIONAL**

**Que para obtener el Título de:  
Licenciatura en Ingeniería Ambiental**

**Presenta:**

**Gerardo Miguel Bravo De Luciano**

**Director de Tesis:**

**M.C. JOSÉ ANTONIO TICANTE ROLDÁN**

**Puebla, Pue. Junio 2016**





**BUAP**

Oficio No. FIQ/AC/971/2015  
Asunto: Registro de Tema de Tesis

**C. GERARDO MIGUEL BRAVO DE LUCIANO**  
**PASANTE DE LA LICENCIATURA**  
**EN INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**P R E S E N T E:**

Por medio del presente me permito informarle, de la aprobación del Registro de Tema de Tesis de la Licenciatura en Ingeniería Ambiental cuyo título es el siguiente:

“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LIXIVIADOS DE DIFERENTE ORIGEN COMO POTENCIALES ABONOS ORGÁNICOS”

Con el siguiente contenido:

**INTRODUCCIÓN**

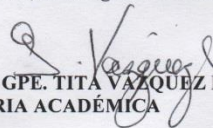
<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>ANTECEDENTES</b>
<b>CAPÍTULO 2</b>	<b>METODOLOGÍA</b>
<b>CAPÍTULO 3</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>

**CONCLUSIONES**  
**BIBLIOGRAFÍA**

Director de Tesis: M. C. José Antonio Ticante Roldan

Lo cual me permito comunicarle para su conocimiento y fines consiguientes aclarando que la vigencia de este tema será **ÚNICAMENTE POR UN AÑO.**

**ATENTAMENTE**  
“Pensar Bien, Para Vivir Mejor”  
H. Puebla de Z., 26 de agosto del 2015

  
**M.I.C. MA. GPE. TITA VAZQUEZ E. DE LOS MONTEROS**  
**SECRETARIA ACADÉMICA**

C.c.p. Director de Tesis: Dr. Manuel Sánchez Cantú  
C.c.p. Co-Director de Tesis: Dra. Lydia María Pérez Díaz  
C.c.p. Minutario Facultad de Ingeniería Química

Facultad  
de Ingeniería  
Química

Av. San Claudio s/n, Col. San  
Manuel, Ciudad Universitaria,  
Puebla, Pue. C.P. 72570  
01 (222) 229 55 00  
Ext. 7250 y 7251

## INDICE

<b>GLOSARIO.....</b>	<b>ii</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
<b>JUSTIFICACION.....</b>	<b>2</b>
<b>OBJETIVO.....</b>	<b>2</b>
<b>HIPOTESIS.....</b>	<b>2</b>
<b>ANTECEDENTES.....</b>	<b>3</b>
• <b>Importancia de aplicar residuos orgánicos al suelo.....</b>	<b>4</b>
• <b>Tipos de abono.....</b>	<b>5</b>
• <b>Situación de los abonos a nivel internacional.....</b>	<b>5</b>
• <b>Situación de los abonos en México.....</b>	<b>5</b>
<b>MARCO TEORICO.....</b>	<b>6</b>
• <b>Clasificación de lixiviados.....</b>	<b>6</b>
• <b>Factores de generación de lixiviados.....</b>	<b>6</b>
• <b>Efectos dañinos de los lixiviados.....</b>	<b>7</b>
• <b>Lixiviados de rellenos sanitario.....</b>	<b>7</b>
• <b>Lixiviado de composta.....</b>	<b>10</b>
• <b>Lixiviado de estiércoles.....</b>	<b>11</b>
• <b>Abonos orgánicos líquidos.....</b>	<b>11</b>
• <b>Aplicación de lixiviados en suelos agrícolas.....</b>	<b>12</b>
<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>17</b>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>29</b>
<b>DISCUSION DE RESULTADOS.....</b>	<b>38</b>
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>41</b>
<b>OBSERVACIONES.....</b>	<b>41</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>42</b>

## GLOSARIO

**Lixiviado.-** Líquido que se forma por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contiene en forma disuelta o en suspensión, sustancias que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos.

**Lixiviado de Relleno sanitario.-** Resultado de la filtración a través de los desechos sólidos y la reacción con los productos en descomposición y otros compuestos.

**Composta.-** El compost, compostaje, composta o abono orgánico es el producto que se obtiene de compuestos que forman o formaron parte de seres vivos en un conjunto de productos de origen animal y vegetal; constituye un “grado medio” de descomposición de la materia orgánica que ya es en sí un magnífico abono orgánico para la tierra, logrando reducir enormemente la basura. Se denomina humus al “grado superior” de descomposición de la materia orgánica.

**Abono orgánico líquido.-** Conocidos bajo las denominaciones de agua de estiércol y orina de animales. Por agua de estiércol se designa especialmente la orina de los animales que corre de los establos. El agua de estiércol es una mezcla de agua y excrementos animales sólidos y líquidos.

**Humus.-** Es la sustancia compuesta por ciertos productos orgánicos de naturaleza coloidal, que proviene de la descomposición de los restos orgánicos por organismos y microorganismos benéficos (hongos y bacterias). Se caracteriza por su color negruzco debido a la gran cantidad de carbono que contiene.

**Abonos NPK.-** Son abonos enriquecidos con nitrógeno, fósforo y potasio.

**Foliarmente.-** Es la absorción de nutrientes por medio de las hojas, flores y tallo.

**Absorbancia.-** La cantidad de luz que absorbe una muestra debido al % de color que tiene, lo que nos arroja una idea de la concentración de cierto compuesto o elemento.

**Compuestos cancerígenos.-** Son sustancias que por inhalación, ingestión o absorción cutánea, pueden generar cáncer o incrementar su frecuencia.

**Compuestos teratógenicos.-** Son agentes físicos o químicos que pueden generar cambios espontáneos en el material genético, estructural o en las funciones de ciertas enzimas y proteínas.

**Compuestos mutagénicos.-** Son agentes físicos químicos o biológicos que cambian o alteran la información genética (ADN)

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En México, la Norma Oficial Mexicana NOM-083- SEMARNAT-2003 y la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos en su artículo 5 fracción XVI, definen a los lixiviados como el “líquido que se forma por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contiene en forma disuelta o en suspensión, sustancias que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos y que puede dar lugar a la contaminación del suelo y de cuerpos de agua, provocando su deterioro y representar un riesgo potencial a la salud humana y de los demás organismos vivos”. (SEMARNAT, 2003)

Actualmente el problema de los residuos que se generan por el consumo humano (basura) y por los animales de granja (estiércol) tienen un alto impacto en las sociedades y el ambiente por lo que se han generado métodos para su disposición, transformación y aprovechamiento, desgraciadamente estos procesos no son 100% eficaces, en algunos casos incluso se generan otro tipo de residuos. (Bagchi, 1990).

En el caso específico de la disposición final de la basura (rellenos sanitarios) existe la generación de un residuo líquido, llamado lixiviado el cual genera un alto impacto en el medio ambiente y en la salud de las personas, ya que gracias a su estado líquido, a su concentración de sólidos disueltos o en suspensión y a su gran volumen de generación puede llegar a infiltrarse en cuerpos subterráneos de agua potable y contaminarlos, así mismo al entrar en contacto con cuerpos de agua superficiales, terrenos de pastura, terrenos agrícolas o zonas habitacionales, puede tener graves efectos a la salud humana, vegetal y animal. (Fiunam, 2014).

En México los lixiviados generados por los depósitos de residuos sólidos urbanos (Relleno Sanitario), constituyen un residuo contaminante y en algunos casos considerado hasta peligroso, debido al gran volumen de producción que alcanzan y a la ineficiente manera de desecharlos, ya que hasta ahora solo hay un método para su disposición final (lagunas de lixiviación). (Conagua, 2014)

## **1. JUSTIFICACIÓN**

Dentro de la investigación bibliográfica, no se encontró ninguna norma ambiental específica de México, que mencione los riesgos y determinaciones en el establecimiento y manejo de lixiviados o de abonos líquidos a base de estiércol bovino, sin embargo de acuerdo con la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), en su título cuarto, capítulo IV , artículo 136 se informa que los residuos que se acumulen y se depositen o infiltren en los suelos deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir o evitar la contaminación al ambiente es por ello que a pesar del desinterés en el impacto y legislación del tema, es importante evaluar bajo un criterio personal, si existe o no un riesgo de afectación al medio ambiente, es por eso que el presente trabajo está encaminado a la caracterización de lixiviados de relleno sanitario y abono líquido preparados a base de estiércol bovino con un potencial para ser usado como abonos orgánicos.

Esta investigación intenta generar el aprovechamiento de este residuo y a mitigar el impacto negativo que tienen sobre el medio ambiente, convirtiéndolo de un contaminante abundante a una fuente de abono orgánico ilimitada.

En el caso del estiércol de animales de granja el trabajo se centra en el aprovechamiento óptimo de este residuo que de no ser utilizado de una manera adecuada puede llegar a presentar condiciones insalubres y nocivas para el suelo, las plantas y los animales.

Como parte complementaria del estudio, se decidió aumentar a las determinaciones realizadas señaladas en el manual del MINAG, la determinación del % de carbono de ácidos húmicos a través de la metodología MVR modificada, esto debido a la importancia nutrimental y de las características fisicoquímicas de estas moléculas dentro de los residuos orgánicos, ya que además de ser un factor fundamental para el correcto intercambio de nutrientes, estas sustancias son las causantes de la coloración oscura característica de los suelos o residuos con alto contenido de materia orgánica.

## **2. OBJETIVO**

Caracterizar física y químicamente lixiviados de relleno sanitario y abono líquido a base de estiércol bovino como potenciales abonos orgánicos.

## **3. HIPÓTESIS**

Los lixiviados del relleno sanitario de Chiltepeque, Puebla, conjuntamente con los abonos líquidos a base de estiércol bovino pueden sustituir a los abonos químicos empleados para la producción agrícola, favoreciendo incluso las cualidades fisicoquímicas no solo de las plantas sino también del suelo; pudiendo ser considerado incluso como mejorador de suelos degradados.

#### 4. ANTECEDENTES

Cruz Medrano en Aguascalientes (1986), estudio la aplicación de abonos orgánicos de diferente origen, que generó un cambio positivo en las condiciones biológicas del suelo, resultando en la inhibición de patógenos del mismo gracias a la acción y aumento de los microorganismos; ya que al potenciar el crecimiento de la población microbiana genera una mayor competencia por los nutrientes y un aumento en el nitrógeno amoniacal.

Caballero Álvarez en Cuba (1999), estudio el efecto de los abonos orgánicos en la explotación de huertos intensivos.

Trinidad Santos en el Noreste de México (2008) reporta el buen resultado sobre las características físicas del suelo obtenido a partir de la aplicación de abono orgánico, un ejemplo es la capacidad del suelo de retener agua (porosidad) donde reporto que con una sola aplicación de 66 ton/ha al suelo, su capacidad de retención aumento de 8 a 9.6 cm/h. Así mismo las características químicas del suelo, sufrieron una influencia positiva con esta misma aplicación.

Fortis y Rodriguez en Coahuila (2009) trabajaron sobre la aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo, observando efectos positivos como mejor coloración y mejor enraizamiento.

Puertas A. & Hidalgo L. en Cuba (2009), estudiaron el efecto de diferentes abonos orgánicos sobre el establecimiento de *Pochonia chlamyosporia* var. *Catenulata* en el sustrato y la rizosfera de plantas de tomate.

Bordoli en Uruguay (2010) observo que la aplicación de abonos orgánicos, maximiza la eficiencia de uso de los Fertilizantes y minimiza el impacto ambiental, otra aportación es que preserva la calidad del ambiente, produciendo rendimientos óptimos de los cultivos, al mismo tiempo que se reduce el tiempo y necesidades de energía en las aplicaciones.

Artavia y Uribe en Costa Rica (2010) trabajaron sobre el efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la supresión de *Pythium myriotylum* en plantas de tiquizque (*Xanthosoma sagittifolium*).

Almonte, Y. Capellán en República Dominicana (2010) estudiaron los Efectos de la aplicación de diferentes tipos y dosis de abonos orgánicos sobre el rendimiento del cultivo de café (*Coffea arabica* L).

Rodríguez Vidal en Puebla (2012) estudia la aplicación y comparación de un abono líquido a base de estiércol bovino contra uno químico en la nutrición de plantas de *Gerbera jamesonii* bolus.

Ormeño y Ovalle en Mérida (2012) trabajaron bajo el efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la calidad química de los suelos cacaoteros y el crecimiento de las plántulas en vivero.

## **Importancia de aplicar residuos orgánicos al suelo.**

A nivel mundial nos encontramos en una etapa problemática debido a la carencia, o mejor dicho a la mala distribución de alimentos, pues mientras algunos países concentran la mayor parte de estos, simplemente para satisfacer demandas consumistas, otros pelean por subsistir con las raciones medidas, aunado a esto, las malas prácticas de siembra y de uso de suelo por parte de la actividad humana, han generado que la mayor parte de los suelos agrícolas o de potencial agrícola se vayan perdiendo entre la erosión e incluso la descertificación, lo cual ha llevado a desplazar este tipo de prácticas a suelos más ricos en nutrientes, como por ejemplo las selvas y bosques provocando con esto un alto impacto negativo al ambiente ya que se necesita de la tala de millones de hectáreas para convertirlas en terrenos agrícolas y así poder satisfacer las demandas de alimento. Esto es un problema mundial de tipo ambiental ya que este tipo de ecosistemas son los principales generadores y depuradores de aire y agua del planeta, por lo que es necesario encontrar una alternativa a esta problemática.

Características físicas de los suelos que mejoran con la adición de abonos orgánicos.

- La estructura, porosidad, aireación, capacidad de retención de agua, infiltración, conductividad hidráulica y la estabilidad de agregados.

Un ejemplo es el mejoramiento de la porosidad que aumenta la capacidad del suelo para retener agua e incrementa simultáneamente la velocidad de infiltración de esa agua en el suelo. (González y Pomares, 2008)

- Su color.

Ya que el abono orgánico generalmente es de un color oscuro el cual absorbe más las radiaciones solares, el suelo adquiere más temperatura lo que permite absorber con mayor facilidad los nutrientes. Mejora la estructura y textura del suelo, hace más ligeros los suelos arcillosos y más compactos los suelos arenosos. (Pinto y Vargas, 2011).

Características químicas de los suelos que mejoran con la adición de abonos orgánicos.

Aumentan el poder de absorción del suelo y reducen las oscilaciones de pH, evitando cambios bruscos, lo que permite mejorar la capacidad de intercambio catiónico del suelo. (Trinidad, 2008)

Cambia el contenido de materia orgánica presente lo que deriva en un aumento del porcentaje de nitrógeno total y la concentración de sales. (González y Pomares, 2008).



## **Tipos de abonos**

El fertilizante o abono es cualquier sustancia orgánica o inorgánica que mejora la calidad del sustrato, a nivel nutricional, para las plantas. Las plantas elaboran su biomasa usando agua, dióxido de carbono, tomando aire, energía solar y nutrientes extraídos del suelo y aguas.

El contenido de nutrientes de los abonos está en función de los residuos utilizados en su preparación como vegetales, hojarasca, estiércoles; estos productos actúan básicamente en el suelo sobre tres propiedades: físicas, químicas y biológicas. (Mosquera, 2010)

Dentro de la clasificación de abonos inorgánicos se encuentran los abonos químicos, los cuales son elaborados artificialmente utilizando un sustrato enriquecido con nutrientes en exceso y a disposición de la planta.

## **Situación de los fertilizantes a nivel internacional**

La producción mundial de los fertilizantes (abonos) mantiene una tendencia creciente, de acuerdo con la información de la asociación internacional de la industria de los fertilizantes.

Se estima que el consumo mundial de fertilizantes NPK (nitrógeno, fosforo, potasio) registró un récord de 183.8 millones de toneladas en el 2014, La tasa anual de crecimiento del uso de fertilizantes de 0.6%, fue la más baja de la última década, lo que se atribuye básicamente a la reducción de los precios de los principales productos agrícolas en el mercado internacional. Esto condujo a los agricultores a reducir sus niveles de aplicación de fertilizantes, principalmente en los cultivos de maíz, trigo y arroz. (IFA, 2013)

Los principales países productores de fertilizantes son China 22.4%, Estados Unidos 11.9%, India 9.4%, Canadá 8.7% y Rusia 8.6%.

En 2014 la tasa de crecimiento en el uso de fertilizantes tuvo como cifras para los nitrogenados 0.7%, potásicos 0.8% y los fosfatados se mantuvo sin cambio con respecto al 2013. El 61% de los fertilizantes utilizados a nivel mundial son nitrogenados, el 22% fosfatados y el 17% potásicos.

## **Situación de los abonos en México**

En México de acuerdo con la asociación nacional de comercializadores de fertilizantes (ANACOFER), desde 1991 ocurrió un cambio en el consumo de fertilizantes en el país, la producción nacional se concentró en los productos nitrogenados principalmente urea ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ), sulfato de amonio ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ) y nitrato de amonio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ). En 1995 la urea fue el fertilizante de mayor producción con 35.3% el sulfato de amonio 22.3%. (Félix Berrueto, 2014)

En la actualidad se ha reducido ligeramente el consumo de nitrógeno debido al costo de los insumos y al cierre de las plantas productoras de fertilizantes, por lo que se utiliza más fósforo y potasio. Además, se ha sustituido el uso de productos de baja concentración por los de alta concentración, más urea que sulfato de amonio y más bifosfato de amonio ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>) que los superfosfatos (Ca (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)) debido a que resultan menos costosos. Actualmente es mayor la disponibilidad, variedad y calidad de los fertilizantes que se consumen con relación a la situación existente en 1992. (ANACOFER, 2006)

## **5. MARCO TEÓRICO**

### **Clasificación de lixiviados**

Los lixiviados se clasifican de acuerdo a su composición calidad y cantidad, la cual varía sustancialmente entre sitios y estaciones, dependiendo de factores como el contenido de humedad de los residuos dispuestos; la hidrogeología específica del sitio, el giro y manejo del lugar; así como la biodegradabilidad relativa de los diferentes contaminantes orgánicos presentes (Reinhart y Townsend, 1998).

Existen numerosas caracterizaciones de los lixiviados en donde se hace énfasis en su alto poder contaminante, especialmente en los de relleno sanitario. Se concluye que los lixiviados contienen alto contenido de materia orgánica, alto contenido de nitrógeno y fósforo, presencia abundante de microorganismos patógenos e igualmente de sustancias tóxicas como metales pesados y constituyentes orgánicos.

### **Factores para la generación de lixiviados**

- Grado de compactación de los desechos
- Grado de humedad inicial de los desechos
- Precipitación Pluvial
- Humedad atmosférica
- Temperatura
- Evaporación
- Evapotranspiración
- Escurrimiento
- Infiltración

- Capacidad de campo

### **Efectos dañinos de los lixiviados**

- Efectos de compuestos orgánicos volátiles en lixiviados. Pueden causar daños principalmente en el sistema nervioso y el gastrointestinal, de índole cancerígena y teratogénicas, debido a los compuestos orgánicos volátiles que contienen.
- Efecto de alcoholes lixiviados durante la descomposición de residuos sólidos orgánicos. Causa malformaciones congénitas, mutagénicas y cancerígenas.
- Efecto de compuestos orgánicos sintéticos en líquidos lixiviados. Daños en el sistema respiratorio, reproductor y nervioso.
- Efecto negativo de metales existentes en los lixiviados liberados por la descomposición de los residuos sólidos orgánicos. La exposición prolongada a metales pesados causa daños hepáticos, renales y cardiovasculares. Así como enfermedades neurológicas.
- Contenido de metales pesados.
- Contenido de agentes patógenos y fitopatógeno.

### **Lixiviado de relleno sanitario**

Los lixiviados del relleno sanitario son un líquido que se mueve a través de tuberías o desagües de un vertedero. Este líquido puede existir en los residuos, o pueden haber sido creados después de una mezcla entre el agua de lluvia con algunos residuos químicos. Los rellenos sanitarios modernos se han diseñado para evitar que el líquido se filtre y entre en el medio ambiente, sin embargo, si no se gestionan adecuadamente, los lixiviados corren el riesgo de mezclarse con las aguas subterráneas cerca del sitio generando una contaminación de suelo. La fuente más común de los lixiviados es el agua de lluvia ácida que se filtra a través de los residuos. Estos lixiviados pueden ser tóxicos o peligrosos, esto dependiendo de las características del material existente en el relleno. Por lo general, tienen altas concentraciones de nitrógeno, hierro, carbono orgánico, manganeso, cloruro y fenoles.

Otros productos químicos como pesticidas, solventes y metales pesados también pueden estar presentes, esto gracias a la mala cultura que se tiene a nivel ambiental en torno a la separación de residuos. En el pasado, a esta sopa tóxica generalmente se le permitió escaparse lentamente en el medio ambiente, y mezclarse con el sistema de aguas subterráneas locales, las cuales son la fuente de agua potable

para más del 40% de la población urbana, y la fuente para el 90% de la población en las zonas rurales. Antiguamente, se creía que esta fuente de agua no estaba expuesta a la contaminación, pero los estudios recientes han demostrado que puede ser contaminada.

Hoy en día se exige que dentro de las funciones de un relleno sanitario los líquidos lixiviados sean recogidos y tratados. Dado que no existe un método para garantizar que el agua de lluvia no entre en el vertedero. (CONAGUA, 2014)

Los rellenos sanitarios deben tener una capa impermeable en la parte inferior. Los lixiviados que se acumulan en la parte inferior deberán ser controlados y tratados si es necesario. Este líquido puede ser tratado de una manera similar a las aguas residuales, y el agua tratada puede entonces ser liberada de forma segura en el medio ambiente. (FIUNAM, 2014)

Aunque no es posible hablar de una composición promedio, pueden manejarse valores típicos a manera de contar con una referencia. En la tabla 1 se presenta una composición típica de lixiviados de relleno sanitario de acuerdo con valores propuestos por Bagchi en 1990.

**Tabla 1. Rango de composición típica en lixiviados.**

Parámetro	Intervalo de valores (mg/L) (excepto donde se indica)	Parámetro	Intervalo de valores (mg/L) (excepto donde se indica)
Sólidos Disueltos Totales	584 - 55,000	Fósforo Total	ND - 234.0
Sólidos Suspendidos Totales	2 - 140,900	Boro	0.87 - 13.0
Conductancia Específica	480 - 72,500 micromhos/cm	Bario	ND - 12.50
DBO <sub>5</sub>	6.6 - 99,000	Niquel	ND - 7.50
DQO	10.0 - 195,000	Nitrógeno de Nitratos	ND - 250.0
Carbono Orgánico Total	ND - 40,000	Plomo	ND - 14.20
PH	3.7- 8.9	Cromo	ND - 5.60
Alcalinidad Total	ND - 15,050	Antimonio	ND - 3.19
Dureza	0.1 - 225,000	Cobre	ND - 9.0
Cloruros	2.0 - 11,375	Talio	ND - 0.78
Calcio	3.0 - 2,500	Cianuro	ND - 6.0
Sodio	12.0 - 6,010	Arsénico	ND - 70.20
Nitrógeno Total	2.0 - 3,320	Molibdeno	0.01 - 1.43
Fierro	ND - 4,000	Estaño	ND - 0.16
Potasio	ND - 3,200	Nitrógeno de Nitritos	ND - 1.46
Magnesio	4.0 - 780	Selenio	ND - 1.85
Nitrógeno Amoniacal	ND - 1,200	Cadmio	ND - 0.40
Sulfatos	ND - 1,850	Plata	ND - 1.96
Aluminio	ND - 85.0	Berilio	ND - 0.36
Zinc	ND - 731.0	Mercurio	ND - 3.00
Manganeso	ND - 400.0	Turbiedad	40 - 500 UTJ

## Lixiviados de compostas

Los abonos orgánicos líquidos llamados lixiviados de primera, segunda y tercera vuelta, son el resultante o producto de la degradación de la materia orgánica, con una alta concentración en sales minerales y otros derivados secundarios obtenido del drenaje del regadío a canteros utilizados en la producción de lombrices (Reines et al., 2006). Debido a que la fuente de estos es la lombricultura los tres lixiviados son similares en sus características fisicoquímicas y bacteriológicas (Agricultura sostenible, 2013)

La calidad de un lixiviado siempre dependerá del material inicial con el que se haga el compost, de los procedimientos que se sigan cuando se lleva a cabo el proceso del compostaje, de la temperatura de la que llegue el compost, del tiempo que se emplee, de la humedad del proceso y del buen mantenimiento del lixiviado cuando se almacene.

Son más abundantes en los vermicompostadores, ya que tienen un sistema especial de recolección de éstos. En cambio, los compostadores domésticos presentan más dificultades para recoger el lixiviado, ya que estos deben estar en contacto con el suelo y se infiltran directamente en él. (Compostadores, 2014)

La tabla 2 nos muestra las características fisicoquímicas generalmente encontradas en compostas y vermicompostas, estos valores nos ayuda a tener un parámetro sobre el cual medir la eficacia de otro tipo de residuos orgánicos, ya que actualmente este tipo de apartados se encuentran muy descuidados o son inexistentes dentro de la normativa mexicana.

**Tabla. 2** Propiedades de abonos

Característica	Vermi-composta	Composta
Humedad	32	-
Potencial hidrógeno	7.6	7.7
% Materia orgánica	50	-
% Nitrógeno (N <sub>2</sub> )	1.1	2.1
% Fósforo (P)	0.3	1.1
% Potasio (K)	1.1	1.6
% Calcio (Ca)	1.6	6.5
% Magnesio (Mg)	0.5	0.6
Zinc (Zn) ppm	100	235
Molibdeno (Mo) ppm	403	265
Hierro (Fe) ppm	10625	3000
Relación C/N	19	15

## Lixiviados a base de estiércol

Los abonos orgánicos líquidos son los desechos que resultan de la fermentación de los estiércoles. Generalmente son ricos en nitrógeno amoniacal, en hormonas, vitaminas y aminoácidos. Estas sustancias permiten regular el metabolismo vegetal y además pueden ser un buen complemento a la fertilización integral aplicada al suelo. (Agricultura sostenible, 2013).

La tabla 3 nos muestra las características fisicoquímicas generales de dos de los estiércoles más utilizados como abono, el vacuno y el de gallina.

**Tabla. 3** Propiedades de abonos

Característica	Vacuno	Gallinaza
Humedad	36.0	30.0
Potencial hidrógeno	8.0	7.6
% Materia orgánica	70.0	70.0
% Nitrógeno (N <sub>2</sub> )	1.5	3.7
% Fósforo (P)	0.6	1.8
% Potasio (K)	2.5	1.9
% Calcio (Ca)	3.2	5.6
% Magnesio (Mg)	0.8	0.7
Zinc (Zn) ppm	130	575
Molibdeno (Mo) ppm	264	500
Hierro (Fe) ppm	6354	1125
Relación C/N	16	15

Fuente: Trinidad, (2008).

## Los abonos orgánicos líquidos

Una de sus aplicaciones es en la nutrición de los cultivos agrícolas. Se ha comprobado que aplicados foliarmente a los cultivos en una concentración entre 20 y 50% se estimula el crecimiento, se mejora la calidad de los productos e incluso tienen cierto efecto repelente contra las plagas.

Pueden ser aplicados al suelo en concentraciones mayores para favorecer el desarrollo radicular.

## **Aplicación de lixiviados en suelos agrícolas**

Se ha demostrado su potencial en la protección de cultivos en un amplio rango de enfermedades, como es el tizón de la papa o tomate, el mildiu polvoso y el fusarium en manzano, esto gracias a que ayuda a mejorar las características físicas y químicas del suelo, haciendo a la planta más resistente a estos parásitos. (Cruz Medrano, 1986)

Los lixiviados, tienen una gran abundancia y diversidad de microorganismos benéficos, por lo que no son considerados pesticidas *per se*, cuyo objetivo, es el de competir con otros microorganismos por espacio, alimentación y su sitio de infección en caso de patógenos. (Compostadores, 2014)

Otros contienen químicos antimicrobianos que producen la inhibición del crecimiento de hongos. Una vez aplicado el lixiviado a la superficie de la hoja, los microorganismos benéficos ocupan los nichos esenciales y consumen los exudados que los microorganismos patógenos deberían consumir, interfiriendo directamente en su desarrollo. (Compostadores, 2014)

Se citan varios efectos de los lixiviados para suprimir las enfermedades:

- Inhibición de la germinación de las esporas en plantas enfermas.
- Detención de la expansión de la lesión en la superficie de la planta.
- Competición con los microorganismos por alimento y nutrientes.
- Depredación de los microorganismos que causan la enfermedad.
- Eliminación de los organismos con producción de antibióticos.
- Incremento de la salud de la planta y, con esto, su habilidad de defensa a las enfermedades.

## **Humedad**

La importancia de este parámetro gira entorno a las propiedades físicas y químicas del suelo como la disponibilidad de agua hacia los microorganismos, que tan fuertemente esta enlazada el agua a partículas de suelo, porosidad, capacidad de absorción, textura, la movilidad y capacidad de solubilizar los macro y micro nutrientes indispensables para el buen desarrollo de un suelo fértil. Además también puede influenciar la disponibilidad de oxígeno en suelo debido a que la molécula de oxígeno (O<sub>2</sub>) es poco soluble en agua. Para este análisis se utilizó el método gravimétrico por pérdida de peso con estufa y cenizas. (Hans W., 1975)



## **pH**

Uno de los parámetros más importantes, deriva del hecho de que las plantas tan solo pueden absorber los minerales disueltos en el agua, mientras que la variación del pH modifica el grado de solubilidad de los minerales. Algunos de estos minerales pueden ser absorbidos por las raíces, siendo tóxicos a ciertas concentraciones. Por el contrario, determinadas sales minerales que son esenciales para el desarrollo de las plantas, tal como el fosfato de calcio, son menos solubles a un pH alto, lo que tiene como resultado que bajo tales condiciones sean menos disponibles con vistas a ser absorbidos y nutrir las plantas. (Hans W. 1975)

## **Materia orgánica y ceniza**

La materia orgánica representa, aproximadamente, el 5% en el volumen de un suelo ideal. A pesar de ser un porcentaje relativamente pequeño, su presencia es altamente importante en el crecimiento de las plantas. La adición de residuos orgánicos al suelo, provenientes de plantas y animales y su posterior descomposición por los microorganismos, establecen dos procesos que determinan el nivel al cual se acumula materia orgánica en los suelos.

Las plantas son la principal fuente de materia orgánica, ya que parte de sus hojas, tallos, flores, frutos y generalmente todo el sistema radical, se quedan en el suelo cuando el cultivo es cosechado. Estos residuos generalmente son frescos, es decir, poseen aproximadamente entre 60 a 90% de humedad, lo cual depende del tipo de residuo orgánico. Esto significa que entre el 10% al 40 % de materia seca podría incorporarse al suelo y su composición es muy variada: carbohidratos, grasas, aceites, lignina y proteínas, son los principales constituyentes y ellos son fuentes de carbono, hidrógeno y oxígeno, así como también, en el caso de las proteínas, son fuentes de nitrógeno, azufre, hierro, fósforo, los cuales pudieran ser aprovechables por las plantas una vez que los microorganismos descomponen estos compuestos.

La materia orgánica es uno de los componentes del suelo, en pequeña porción, formada por los restos vegetales y animales que por la acción de la microbiota del suelo son convertidos en una materia rica en reservas de nutrientes para las plantas, asegurando la disponibilidad de macro y micronutrientes. Cuando son agregados restos orgánicos de origen vegetal o animal, los microorganismos del suelo transforman los compuestos complejos de origen orgánico en nutrientes en forma mineral que son solubles para las plantas; pero este proceso es lento, por lo tanto la materia orgánica no representa una fuente inmediata de nutrientes para las plantas, sino más bien una reserva de estos nutrientes para su liberación lenta en el suelo.

La cantidad de materia orgánica en los suelos generalmente se expresa como porcentaje en base al peso del suelo. En la práctica, es difícil en el laboratorio separar el material orgánico e inorgánico de un suelo, por lo que una estimación del contenido de materia orgánica se obtiene indirectamente a través del análisis de un elemento que es constituyente de todas las sustancias orgánicas en el suelo: el carbono.

Es decir, conociendo el porcentaje de materia orgánica presente en una muestra de suelo, indirectamente se puede estimar cuál es su cantidad de carbono orgánico (C) (Ramírez, 2013)

### **Fósforo total**

El fósforo no es muy abundante, ya que en muchos casos no es aprovechada en forma óptima por las plantas, es por ello que se utilizan fertilizantes que lo contengan para que de esta manera se pueda garantizar el cultivo de cualquier vegetal aprovechando su contenido genético. Para generar una recomendación válida de fertilización fosfatada es importante saber la dinámica del fósforo, tomando en cuenta el tipo de suelo para así poder conocer la eficiencia agronómica. (Hans W., 1975)

El fósforo a menudo aparece como un nutriente limitante en los suelos agrícolas, cualquiera sea su forma de manejo. No es posible capturarlo biológicamente desde el aire, como ocurre con el nitrógeno, y su ciclo natural involucra larguísimo períodos, lo que en términos de manejo agrícola equivale a decir que no podemos depender del ciclo del fósforo, sino de la posibilidad de generar determinados flujos y sub-ciclos de él al interior de los sistemas suelo-agua-organismos vivos. Sin embargo, los sub-ciclos se ven dificultados por el hecho que los equilibrios de reacción del fósforo tienden a mantener la mayor parte de él en condiciones no disponibles para las plantas o microorganismos. (Hans W., 1975)

### **Potasio total**

Influye sobre el crecimiento y manejo del agua en las plantas. Si hay deficiencia las hojas con más tiempo comienzan a secarse en sus bordes, afecta directamente a la floración en cantidad y calidad, en exceso genera el grosor de tallos pero al mismo tiempo aumenta su fragilidad.

En resumen junto con el fósforo este elemento es indispensable para el correcto desarrollo y funcionamiento de las plantas.

### **Sodio, calcio y magnesio total**

Son los llamados macronutrientes que junto con el potasio, nitrógeno y fósforo son los principales nutrientes en relación al crecimiento de las plantas. El sodio tiene un pronunciado efecto en la disponibilidad de los nutrientes y la humedad.

También contribuyen a la CIC, las clases, cantidades y combinaciones de los minerales arcillosos y las cantidades de materia orgánica y su estado de descomposición. Los cationes no son retenidos con las mismas energías de enlace. Los sitios de intercambio de la materia orgánica, solo enlazan en forma débil a los cationes. Las arcillas con gran capacidad de intercambio tienden a enlazar los cationes bivalentes como el  $\text{Ca}^{++}$  y el  $\text{Mg}^{++}$ , con más energía que el  $\text{K}^+$ . Esta característica puede afectar la disponibilidad de los nutrientes. Los suelos con arcillas caolínicas tienen una menor energía de enlace y, por lo tanto, para un nivel analítico determinado o un porcentaje de saturación de un elemento se mostrará una disponibilidad relativa mayor.

Si la CIC está neutralizada principalmente por calcio, magnesio, potasio y sodio, se dice que está saturada de bases. Sin embargo, si los cultivos o el lixiviado han removido la mayor parte de los cationes básicos, el suelo está bajo saturación de bases o alto en saturación ácida. Las cantidades totales de cationes ácidos relativas a la CIC son una medida de la saturación ácida.

### **Nitrógeno total**

El nitrógeno es un elemento indispensable para la vida, forma parte de las principales biomoléculas de todos los seres vivos. Es también uno de los elementos más abundantes de la Tierra, pues en su forma gaseosa ( $\text{N}_2$ ) constituye 78% de la atmósfera. Sin embargo, la cantidad de nitrógeno presente en muchos suelos es escasa, debido a su propia dinámica y a su ciclo biogeoquímico. El nitrógeno puede llegar al suelo gracias a los aportes de materia orgánica y a la fijación bacteriana a partir del aire.

Dentro del suelo es aprovechado por las plantas, animales y microorganismos que lo incorporan a sus tejidos. Cuando dichos organismos se mueren, el nitrógeno reingresa al suelo completando el ciclo. Este ciclo es complejo e involucra una serie de reacciones y organismos con diferentes metabolismos. Siempre comienza con compuestos orgánicos sencillos ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ) y termina con compuestos orgánicos complejos; que a través de la descomposición regresan a la etapa de compuestos sencillos. (Hans W., 1975)

En los microorganismos la carencia de nitrógeno puede afectar el crecimiento, por lo que la población microbiana no tendrá un desarrollo óptimo.

En contraste, demasiado nitrógeno permite el crecimiento microbiano rápido y acelera la descomposición; pero puede crear problemas de olor en condiciones anaerobias. Además, el exceso de nitrógeno puede ser liberado como amoníaco; en tanto que el nitrógeno aprovechable escapará en forma de gas. Para la mayoría de los materiales una relación C/N cercana a 10:1 mantendrá estos elementos en equilibrio aproximado. En los suelos normalmente el contenido de nitrógeno varía de 0.05 a 2% en sus diferentes formas. (Navarro, 2003)

## **Conductividad eléctrica, sodios y cloruros solubles.**

Es la capacidad que tiene un suelo para retener y liberar iones positivos.

En el caso de suelos con mayores concentraciones de arcillas, estos exhiben capacidades de intercambio catiónico mayores, ya que las arcillas están cargadas negativamente.

Se define el cambio iónico como los procesos reversibles por los cuales las partículas sólidas del suelo adsorben iones de la fase acuosa liberando al mismo tiempo otros iones en cantidades equivalentes, estableciéndose el equilibrio entre ambas fases.

La fase sólida de los suelos está compuesta por una fracción mineral y otra orgánica. Constituida por la arcilla y el humus, llamamos Complejo Adsorbente del Suelo.

Los coloides cargados negativamente atraen cationes de la solución del suelo y los retienen.

Los cationes retenidos por los coloides del suelo pueden ser reemplazados por otros cationes INTERCAMBIABLES.

Suelos de textura gruesa (arenosos) poseen una CIC menor, por lo tanto los cationes son retenidos sólo en una baja proporción. (Hans W. Fassbender, 1975)

## **Microelementos totales**

### **Hierro, manganeso, cobre y zinc totales**

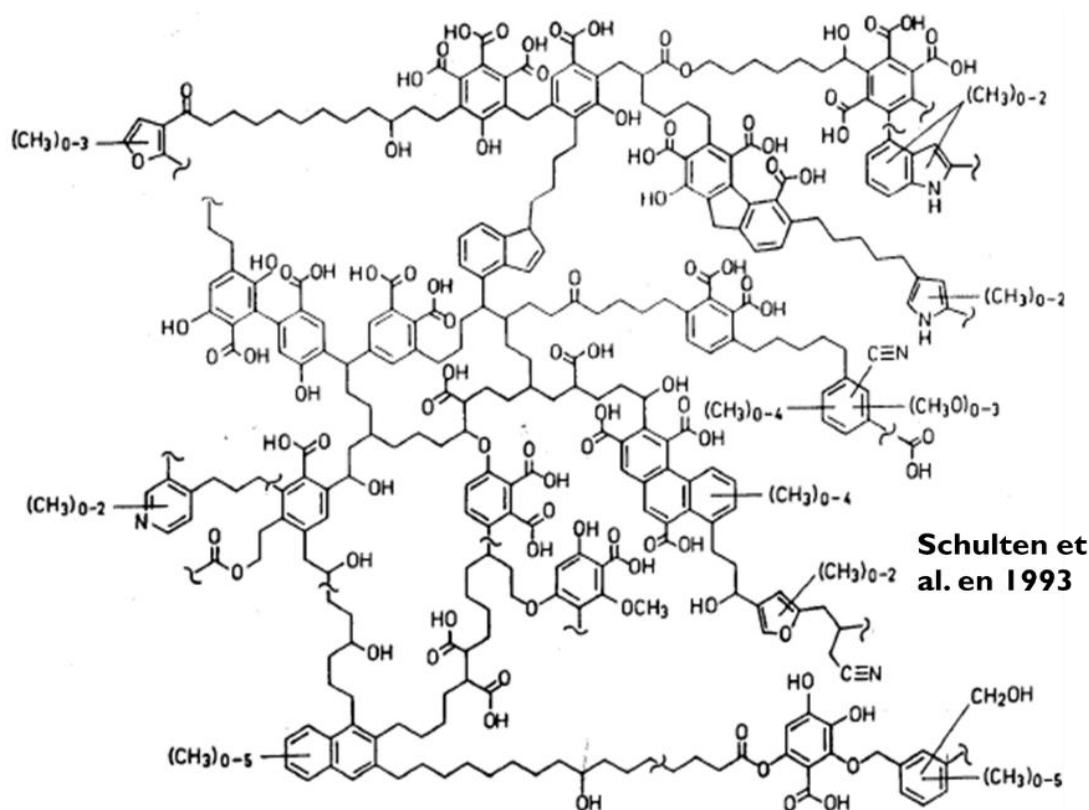
Es necesario conocer su concentración y disponibilidad pues su equilibrio en el suelo con los contenidos del mismo deriva en los resultados que se quieran conseguir, considerando las propiedades específicas del suelo y dependiendo del rendimiento que se espera conseguir.

## **DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE CARBONO DE ACIDOS HUMICOS**

Las propiedades específicas de los ácidos húmicos permiten su aplicación en la industria, la agricultura, el medio ambiente y la biomedicina. (Peña, Havel, and Patocka, 2005).

El estudio de las sustancias húmicas existe de tiempo atrás, para lo cual se han desarrollado diferentes soluciones extractoras, tanto para suelos como para materiales orgánicos.

Imagen 1. Estructura de las sustancias húmicas



## 6. METODOLOGÍA

Se tomaron muestras de lixiviados de relleno sanitario y de abono líquido a base de estiércol bovino de acuerdo con la norma NMX-AA-003-1980 a falta de una norma específica para este tipo de efluentes, las muestras se secaron en un horno a 40 °C. Las determinaciones se hicieron por triplicado y se presenta el promedio de las tres repeticiones.

Las muestras se caracterizaron fisicoquímicamente en el Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas (DICA) perteneciente a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP, empleando el Manual de Técnicas de Análisis Químicos para el Humus de Lombriz del Departamento de Biología, Instituto de Suelos, 2004, MINAG (Ministerio de Agricultura), CUBA,

Las determinaciones a realizar a las muestras de lixiviado de relleno sanitario y de abonos líquidos se mencionan en la siguiente tabla.

**Tabla. 4.** Análisis fisicoquímicos determinados por el MINAG

Análisis fisicoquímicos
Humedad
pH
Materia Orgánica y cenizas
Fósforo Total
Potasio Total
Sodio Total
Calcio y Magnesio Total
Nitrógeno Total
Conductividad Eléctrica, Cloruros y Sodio solubles
Microelementos Totales

## **I. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA**

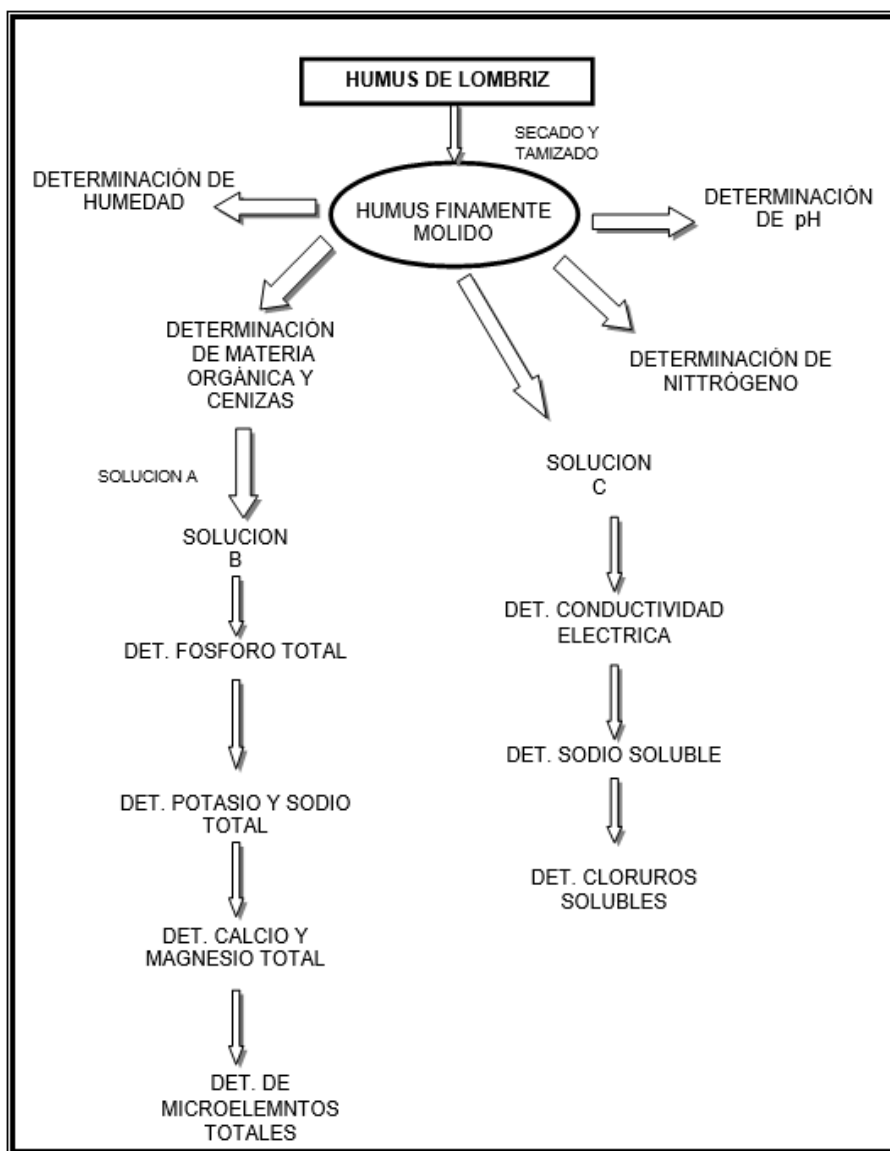
Las muestras de lixiviados secos se extendieron sobre bandejas de plástico y se mantuvieron en un lugar con buena ventilación, hasta que alcanzaron la condición de secado total al aire.

Se eliminaron los residuos orgánicos gruesos, gravas u otros objetos extraños, procediéndose al triturado de la misma con el mortero de madera.

Las muestras se mezclaron por el método de cuarteo y se tamizaron mediante una malla de 2 mm y 0.25 mm

La muestra tamizada se colocó en envases con tapa con cierre hermético.

**Esquema. 1.** Procedimiento de la caracterización fisicoquímica de lixiviados de relleno sanitario y de abono líquido a base de estiércol bovino.



## **II. Humedad**

Los análisis de las muestras se expresan en base “seca en estufa”. El contenido del porcentaje de humedad de la muestra seca al aire se determina antes de realizar el análisis del humus.

Procedimiento:

1. Tomar un crisol y llevar a estufa a 105°C hasta peso constante.
2. Transferir al crisol tarado, aproximadamente 5 g de humus de lombriz seco al aire y llevar a estufa a 105°C durante toda una noche.
3. Pasar el crisol tapado a la desecadora.
4. Pesar en balanza analítica.
5. Calcular el % de humedad

## **III. pH**

El pH del humus está determinado en gran medida por la naturaleza química de los minerales y la materia orgánica presente.

Procedimiento;

1. Pesar 10 g de material seco al aire y colocar en vasos de precipitado de 100 ml.
2. Adicionar agua destilada y agitar a intervalos regulares durante 3 o 4 ocasiones en el periodo de 1 hora.
3. Leer en el pH metro convenientemente calibrado.

## **IV. Materia orgánica y cenizas**

Procedimiento:

1. Pesar 2 g del material seco al aire en crisol de 25 cc, previamente tarado a 550°C.
2. Llevar a la mufla, elevando la temperatura paulatinamente (de 50 en 50°) para evitar pérdida en la combustión. Alcanzada la temperatura de 550°C, mantener el crisol en la mufla durante 3 horas.
3. Apagar la mufla y cuando la temperatura en la misma sea inferior a 100°C, extraer el crisol y si se han formado sustancias carbonizadas de difícil combustión, déjese enfriar el crisol y humedezca el contenido con 6 u 8 gotas de ácido nítrico concentrado o de peróxido de hidrógeno. Evaporar en mechero y bajo campana la solución añadida hasta desecación e incinerar de nuevo hasta 550°C, colocarlo en desecadora.
4. Pesar en balanza analítica.



5. Humedecer las cenizas con agua destilada y disolverlas en solución de ácido clorhídrico y pasar cuantitativamente a matraz aforado de 100ml. Enrasar con agua destilada, agitar y dejar en reposo durante 18 horas (solución A).
6. Tomar 10 ml de la solución A y llevar a matraz aforado de 100ml. Enrasar con agua destilada y agitar (Solución B).
7. Calcular el porcentaje, y por vía indirecta el de materia orgánica.

## V. Fósforo total

Procedimiento;

1. Tomar una alícuota de 5 - 10 ml de la muestra mineralizada (Solución B) y colocar en matraz aforado de 50 ml o Erlenmeyer de 100ml.
2. Añadir 25 ml de solución colorante y enrasar con agua destilada o de 20 a 15 ml de agua destilada para completar a 50 ml, agitar y dejar en reposo durante 15 minutos para lograr el máximo desarrollo del color.
3. Leer en espectrofotometría a 410 nm de longitud de onda o en fotocolorímetro con filtro azul.
4. Calcular el % de P total.

**Tabla 5.** Valores de Fosforo por colorimetría.

Número de matraz	Cantidad de mililitros patrón de P 0,1 mg /mL	Conc. de patrones intermedios (mg/L)	Cantidad de mililitros de cada patrón interm.	Conc. de los puntos de la curva mg/L	Porcentaje P para alícuotas de:		
					2 mL	5 mL	10 mL
1	0	-	-	-	-	-	-
2	1	1	10	0,2	0,25	0,10	0,05
3	2	2	10	0,4	0,50	0,20	0,10
4	3	3	10	0,6	0,75	0,30	0,15
5	4	4	10	0,8	1,00	0,40	0,20
6	5	5	10	1,0	1,25	0,50	0,25
7	6	6	10	1,2	1,50	0,60	0,30
8	7	7	10	1,4	1,75	0,70	0,35
9	8	8	10	1,6	2,00	0,80	0,40
10	9	9	10	1,8	2,25	0,90	0,45
11	10	10	10	2,0	2,50	1,00	0,50

## **VI. Potasio total**

Procedimiento;

1. Tomar una porción de la Sol B y leer en el fotómetro de llama.
2. Determinar la concentración de K en el gráfico de calibración.
3. Calcular el % de K total.

## **VII. Sodio, calcio y magnesio total**

- **Procedimiento para sodio;**

1. Tomar una porción de la Sol B y leer en el fotómetro de llama.
4. Determinar la concentración de Na en el gráfico de calibración.
5. Calcular el % de Na total.

- **Procedimiento para calcio;**

1. Pipetear una alícuota de 20 ml de la Sol B y colocar en Erlenmeyer de 200 ml.
2. Diluir con agua destilada hasta aproximadamente 100mL.
3. Añadir 3 ml de solución de citrato de sodio y 10 ml de una solución de KOH.
4. Agregar una pizca de indicador de Murexida con la punta de una espátula y valorar con solución de EDTA en presencia de un testigo hasta cambio de color de rosado a lila.
5. Calcular el % de Ca.

- **Procedimiento para magnesio;**

6. A la solución ya valorada de calcio se le añaden 10 ml de la solución de ácido clorhídrico con lo que se produce un cambio de la solución a incolora.
7. Añadir 5 ml de hidróxido de amonio concentrado para elevar el pH del extracto aproximadamente a 9.
8. Añadir una pizca de Ericromo negro T o bien 7 a 9 gotas de solución del indicador.
9. Valorar con solución de EDTA , hasta cambio de color rosa malva a azul.
10. Calcular el % de Mg total.

## **VIII. Nitrógeno total**

Procedimiento;

1. Pesar en balanza analítica de 0.20 a 0.25 g de la muestra seca al aire finamente molida.
2. Introducir en el recipiente que se posea para la digestión y añadir de 5 - 6 ml de la mezcla de selenio - ácido sulfúrico o de 5 a 6 ml de ácido sulfúrico concentrado con una perla de selenio.
3. Poner en la fuente de calor a temperatura de 360 - 410°C, hasta que la solución quede transparente o con color ligeramente amarillo, el cual se hará transparente al enfriarse el extracto.
4. Enfriar el extracto y trasvasar a matraces aforados de 100ml. Enrasar con agua destilada, agitar y dejar en reposo hasta el día siguiente.
5. Tomar 1 ml de extracto y llevar a matraz aforado de 50 ml, adicionándole todas las disoluciones en el mismo orden que en el gráfico de calibración, excepto la disolución patrón. Enrasar y leer en el fotocolorímetro con filtro azul o en el espectrofotómetro a 410 - 420 nm.
6. Calcular el contenido de N total.

## **IX. Conductividad eléctrica, sodios y cloruros solubles.**

Procedimiento

### **a. Extracción;**

1. Pesar 10 g de muestra seca al aire y llevar a erlenmeyer de 100 ml.
2. Adicionar agua destilada hervida (previamente fría) y tapar con tapón goma.
3. Agitar por 5 minutos en el agitador mecánico y filtrar.
4. Si el filtrado se presenta turbio, re filtrar hasta que del líquido desaparezca la turbidez. Esta solución se conserva para la realización de los análisis de CE, cloruros y sodio solubles. (Solución C)

### **b. Conductividad eléctrica:**

1. Tomar una porción del extracto acuoso (Solución C) y leer en el conductímetro.
2. Calcular la conductividad eléctrica específica a 25°C .

NOTA: Es importante tener en cuenta la temperatura de la disolución en el cálculo de los resultados ya que la conductividad de una disolución aumenta aproximadamente un 2% por cada grado que se eleve la temperatura.

### **c. Cloruros solubles**

Procedimiento;

- Tomar una alícuota entre 5 - 20 ml de la solución C y llevar a Erlenmeyer de 250 - 300ml.
- En dependencia de la alícuota tomada completar el volumen a 50 ml con agua destilada.
- Añadir 1ml de la disolución de Cromato de potasio y valorar con disolución de nitrato de plata, el punto final de la valoración se obtiene con la formación de un precipitado amarillo rojizo que persiste.
- Calcular el contenido de cloruro soluble.

### **d. Sodio soluble**

Procedimiento;

- Tomar con pipeta una alícuota de 5 ml del extracto acuoso (solución C) y llevar a un matraz aforado de 100 ml, Enrasar con agua destilada.
- Leer la concentración de Na en el fotómetro de llama.
- Calcular la concentración de Na en el gráfico de concentración.
- Calcular el contenido de Na<sup>+</sup> soluble.

## **X. Microelementos totales**

### **Hierro, manganeso, cobre y zinc totales**

Procedimiento:

Para esta determinación se realizó la extracción por medio de la solución DTPA

#### **HIERRO, MANGANESO, COBRE Y ZINC TOTALES**

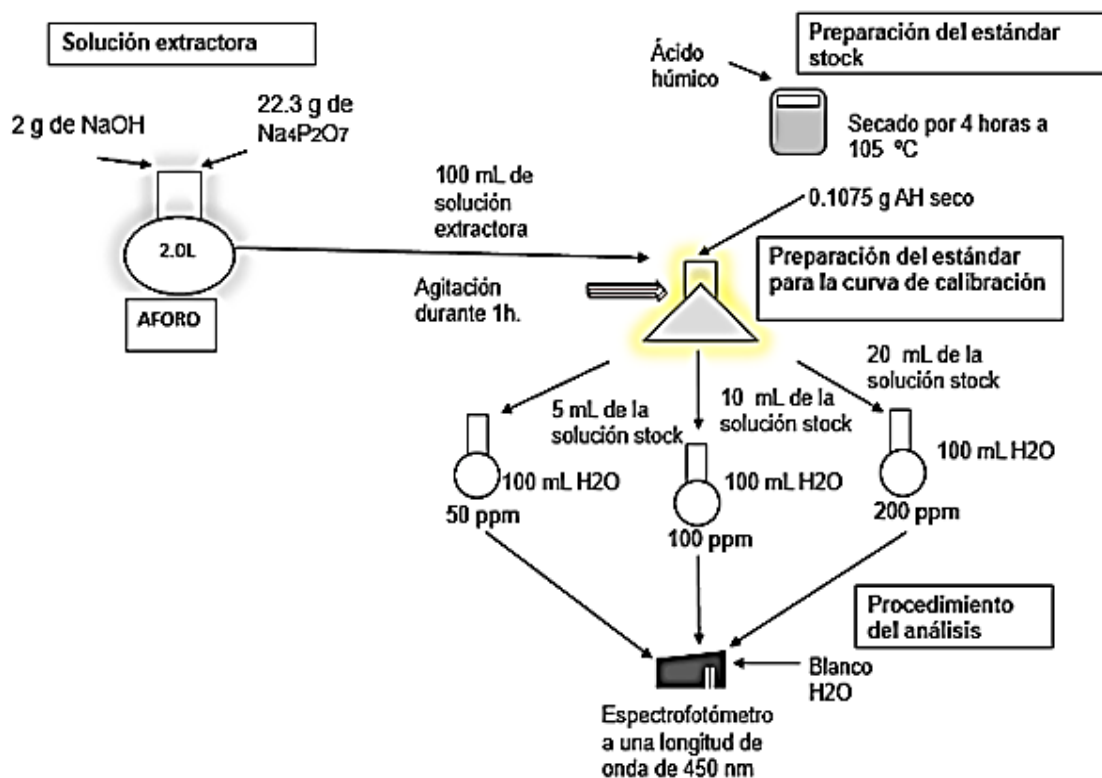
- Tomar una porción de la muestra mineralizada (Solución B) y determinar la concentración del elemento correspondiente en el equipo de absorción atómica, mediante su gráfico de calibración.
- Calcular el contenido total de los elementos.XI

## **XI. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE CARBONO DE ACIDOS HUMICOS**

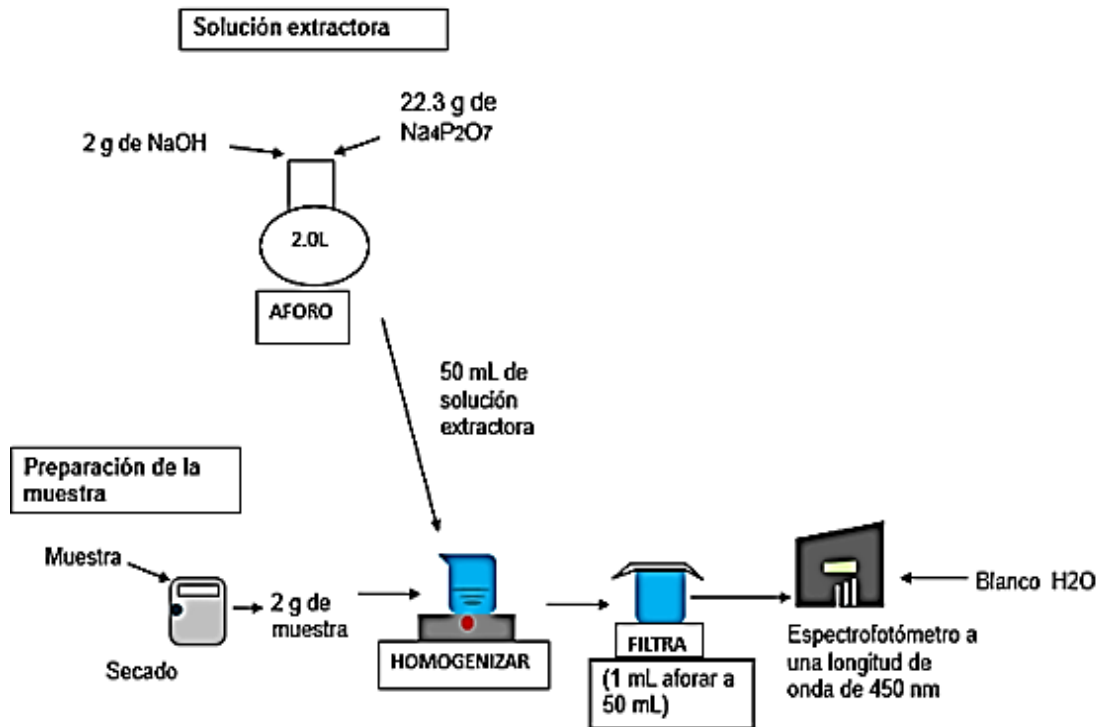
La metodología se desarrolló de manera descriptiva y experimental a través del método establecido en la Metodología MVR Ácidos Húmicos, (MVR Methodology Humic Acid Testing Methodology. Procedure for determining humic acid content), que es un procedimiento para determinar contenido de ácidos húmicos, utilizando

DTPA y otros componentes, adicionalmente este se modificó utilizando Pirofosfato de sodio e hidróxido de sodio (solución de kononova) para la extracción de ácidos húmicos, posteriormente se midió el rendimiento analizando los extractos por medio de un espectrofotómetro (Spectronic 20D) a una longitud de onda 450 nm y así conocer las ppm y el % de carbono de ácidos húmicos de acuerdo con los esquemas 2 y 3.

Diagrama 2. Determinación de ácidos húmicos mediante la solución de kononova



**Diagrama 3. Determinación de ácidos húmicos en la muestra mediante la solución de konoova**



Se construyó la curva de calibración con los estándares de la solución extractora la cual fue nuestro punto de referencia. Para la construcción de esta curva se efectuaron lecturas por triplicado a las cuales también se les realizó un promedio para tener resultados más exactos.

## XII. Reactivos de trabajo

- Agua Destilada
- Disolución buffer pH 4.0, 7.0 y 9.0
- Ácido Clorhídrico concentrado (HCl) (densidad 1.19 y 37% de pureza)
- Ácido Nítrico concentrado (HNO<sub>3</sub>) (densidad 1.41 y 70% de pureza)
- Molibdato de Amonio [(NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>·6H<sub>2</sub>O]
- Vanadato de amonio (NH<sub>4</sub>VO<sub>3</sub>)
- Fosfato monobásico de potasio (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)
- Cloruro de potasio
- Cloruro de sodio
- Ácido etilendiaminotetracético (EDTA)
- Citrato trisódico dihidratado (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub>Na<sub>3</sub>·2H<sub>2</sub>O)
- Hidróxido de potasio u hidróxido de sodio
- Hidróxido de amonio concentrado.
- Ácido Sulfúrico concentrado (densidad 1.84 – 1.85 mg/ml)
- Mezcla de catalizadores
- Ácido Bórico
- Tiosulfato de sodio
- Selenio en polvo o perlas
- Yoduro de mercurio
- Reactivo Nessler
- Tartrato de sodio y potasio
- Sulfato de amonio
- Nitrato de plata (AgNO<sub>3</sub>)
- Cromato de potasio (K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>)
- Soluciones patrón de cloruro de hierro, cloruro de manganeso, acetato de zinc y cloruro cúprico de concentración 1 mg/ml del elemento.

### **XIII. Equipos**

- Agitador mecánico
- Balanza Analítica de 0.1, 0.01, 0.0001 g de precisión.
- Balanza Técnica de 0.01 g de precisión
- Bombillas refrigerantes
- Campana de extracción de gases
- Conductímetro
- Desecadora
- Digestor Kjeldahl
- Espectrofotómetro de absorción atómica VARIAN SPECTRA A55
- Espectrofotómetro con longitud de onda de 410 nm
- Fotómetro de llama
- Mufla
- Parrilla eléctrica
- pH metro
- Tamiz de 2 y 0.25 mm



## 7. RESULTADOS

Los resultados obtenidos mediante el manual del MINAG (Ministerio de Agricultura) de Cuba, se compararon con los rangos de referencia presentados en la norma humus de lombriz (Lombricomposta)- NMX-FF-109-SCFI-2008. Y en la norma para fertilidad, salinidad y clasificación de suelos NOM-021-SEMARNAT-2003.

Lo anterior debido, a que el manual del MINAG no presenta referencia alguna a las determinaciones realizadas, esto para la interpretación y posterior análisis de los resultados.

### RESULTADOS DE HUMEDAD

En la tabla 7.1 podemos observar el porcentaje de humedad ideal, según la norma de humus de lombriz. Y más adelante en la tabla 7.1.1 observamos el porcentaje de humedad determinado al analizar nuestras muestras.

<b>Tabla 7.1 Rango de % de humedad de humus de lombriz</b>	
<b>% de Humedad</b>	De 20 a 40%

NMX-FF-109-SCFI-2008

**Tabla 7.1.1** Valores obtenidos de las muestras orgánicas

	<b>Relleno Sanitario</b>	<b>Abono Líquido A</b>	<b>Abono Líquido B</b>
<b>% Humedad</b>	5,7	16,8	1,83

\*Cabe señalar que debido a que en el caso del lixiviado y los abonos, las muestras se encontraban en estado líquido, por lo que para llevar a cabo la determinación, la muestra fue sometida a tres etapas de secado para posteriormente realizar la prueba de humedad en una muestra sólida.

### RESULTADOS DE pH

En la tabla 7.2 se muestran los valores óptimos según la norma de humus de lombriz. Y más adelante en la tabla 7.2.1 encontramos los valores obtenidos a partir de las muestras.

<b>Tabla 7.2 Rango de pH de humus de lombriz</b>	
<b>pH</b>	De 5.5 a 8.5

NMX-FF-109-SCFI-2008

**Tabla. 7.2.1** pH de las muestras

<b>Muestra</b>	<b>Relleno Sanitario</b>	<b>Abono Liquido A</b>	<b>Abono Liquido B</b>
<b>pH</b>	8,5	13,14	8,26

En la tabla 7.3 se muestran los rangos óptimos según la norma para humus de lombriz. Y más adelante en la tabla 7.3.1 se muestran los valores obtenidos de las muestras.

<b>Tabla 7.3 Rango de % de Materia orgánica de humus de lombriz</b>	
<b>% de Materia orgánica</b>	De 20 a 50%

NMX-FF-109-SCFI-2008

**Tabla. 7.3.1** valores de M.O. Obtenidos de las muestras

<b>Muestra</b>	<b>Relleno Sanitario</b>	<b>Abono Liquido A</b>	<b>Abono Liquido B</b>
<b>% Materia orgánica</b>	46,621	69,63	48,57

## **% DE CARBONO ORGÁNICO**

En la tabla 7.3.2 observamos los valores de porcentaje de carbono obtenidos en las muestras

**Tabla. 7.3.2** valores de % de carbono obtenidos de las muestras

<b>Muestra</b>	<b>Relleno Sanitario</b>	<b>Abono Liquido A</b>	<b>Abono Liquido B</b>
<b>%carbono</b>	27,042	40,388	28,172

## RESULTADOS DE FÓSFORO

La tabla 7.4 muestra los valores dados por la norma de suelos y posteriormente en la tabla 4.1 observamos los valores determinados en las muestras de concentración de fosforo.

<b>Tabla 7.4 Rango de Fosforo</b>	<b>Mg/Kg de P</b>
<b>Bajo</b>	< 15
<b>Medio</b>	15 – 30
<b>Alto</b>	> 30

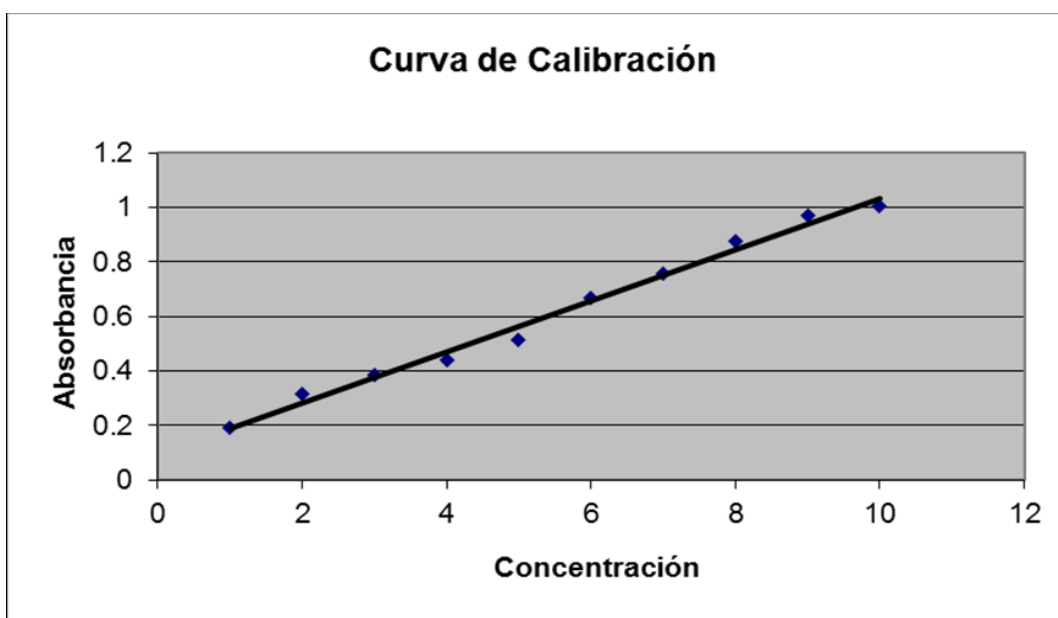
NOM-021-RECNAT-2000

Tabla. 7.4.1 Valores de fosforo obtenidos de las muestras

<b>Muestra</b>	<b>Relleno Sanitario</b>	<b>Abono Liquido A</b>	<b>Abono Liquido B</b>
<b>concentración P</b>	0,15466	0,22698	1,12895

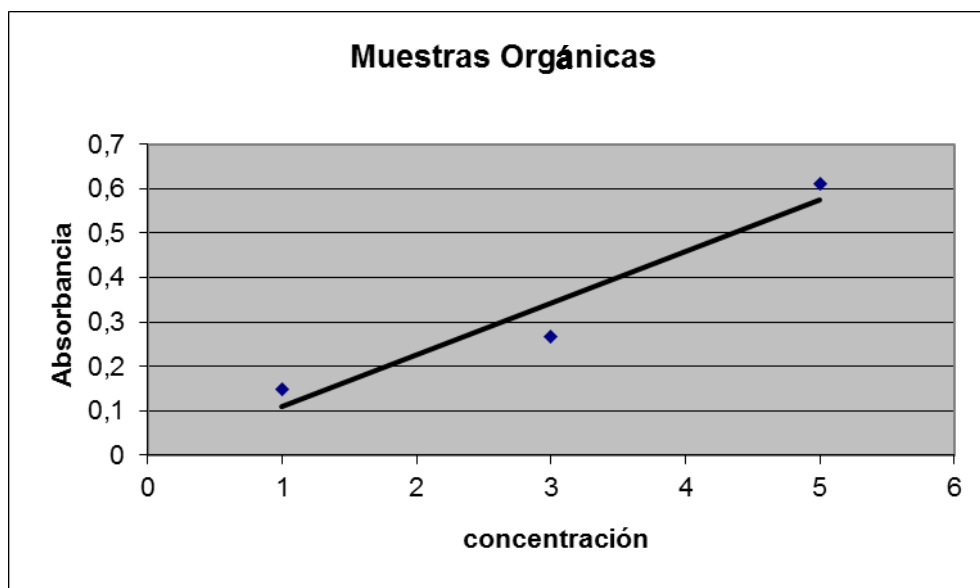
Mediante la técnica descrita por el MINAG se realizó la preparación y medición de una solución patrón de fosforo de la cual se obtuvieron los resultados presentados en la Gráfica 1, con lo se pudo trazar una curva de calibración.

Gráfica. 1. Curva de calibración fosforo (solución patrón)



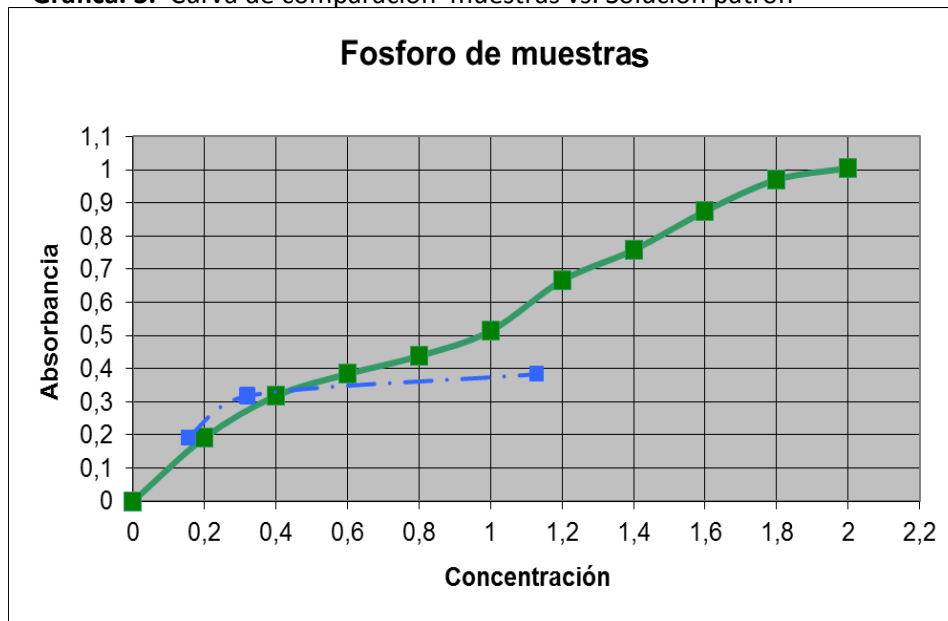
Al mismo tiempo las lecturas de absorbancia de las muestras de abono y lixiviado no estaban dentro del rango del espectrofotómetro por poseer una coloración muy saturada, así que se realizó una disolución de las muestras en agua, y se tomaron las lecturas nuevamente, lecturas que se presentan en la Gráfica 2.

**Gráfica. 2.** Lectura de las muestras



En la gráfica 3 se comparan las lecturas de las muestras de lixiviados y abonos líquidos (líneas azules), contra las lecturas de la curva de calibración (verde). Esto para poder determinar la concentración de fósforo en cada muestra mediante una interpolación.

**Gráfica. 3.** Curva de comparación muestras vs. Solución patrón



## RESULTADOS DE, CALCIO, MAGNESIO Y POTASIO (Ca, Mg y K).

La tabla 7.5, presenta los rangos óptimos de bases intercambiables para un suelo según la norma de fertilidad de suelo. Y la siguiente tabla 7.5.1 nos presenta los resultados de estas determinaciones realizadas a las muestras.

<b>Tabla. 7.5 Límites de Ca, Mg Y K</b>			
<b>Cmol/ Kg</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>K</b>
<b>Muy Baja</b>	< 2	< 0.5	< 0.2
<b>Bajo</b>	2 - 5	0.5 – 1.3	0.2 – 0.3
<b>Media</b>	5 - 10	1.3 - 3	0.3 – 0.6
<b>Alta</b>	>15	> 3	> 0.6

NOM-021-semarnat-2003

**Tabla. 7.5.1** Valores de Ca, Mg y K obtenidos de las muestras

<b>Muestra</b>	<b>Relleno Sanitario</b>	<b>Abono Liquido A</b>	<b>Abono Liquido B</b>
<b>ppm K</b> <b>cmol/kg</b>	2,91538462	3,0025641	4,6974359
<b>ppm Mg</b> <b>cmol/kg</b>	1,333333333	1,69166667	4,1
<b>ppm Ca</b> <b>cmol/kg</b>	0,8935	1,804	6,471

## RESULTADOS DE NITRÓGENO TOTAL

La tabla 7.6 presenta los rangos óptimos necesarios según la norma de Lombricomposta, posteriormente se presentan en la tabla 7.6.1 los valores obtenidos en las muestras.

<b>Tabla 7.6 Rangos de % de nitrógeno del</b>	<b>humus de lombriz</b>
<b>% de Nitrógeno</b>	De 1 a 4 %

NMX-FF-109-SCFI-2008

**Tabla. 7.6.1** Nitrógeno total de las muestras

<b>Muestra</b>	<b>Relleno Sanitario</b>	<b>Abono Liquido A</b>	<b>Abono Liquido B</b>
<b>%N</b>	1,61	2,87	1,57

En el caso del nitrógeno se obtuvo un resultado óptimo ya que es un nutrimento presente y en grandes concentraciones.

## RELACIÓN CARBONO/NITRÓGENO

La tabla 7.6.2 nos presenta el rango óptimo para esta determinación según la norma de Lombricomposta, y posteriormente en la tabla 7.6.3 se nos muestra el valor obtenido en las muestras.

**Tabla 7.6.2 Rangos de la relación C/N del humus de lombriz**

<b>C/N</b>	<20
------------	-----

NMX-FF-109-SCFI-2008

**Tabla 7.6.3** Relación C/N de las muestras

<b>Muestra</b>	<b>Relleno Sanitario</b>	<b>Abono Liquido A</b>	<b>Abono Liquido B</b>
<b>%C/%N</b>	16,7962733	14,0724739	19,9439

## RESULTADOS DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

La tabla 7.7 muestra los valores óptimos de conductividad según la norma de Lombricomposta, posteriormente la tabla 7.7.1 nos muestra los valores determinados en las muestras.

**Tabla 7.7 Rangos de conductividad eléctrica del humus de lombriz**

<b>Conductividad eléctrica</b>	$\leq 4$ dS / m
--------------------------------	-----------------

NMX-FF-109-SCFI-2008

**Tabla. 7.7.1** Conductividad eléctrica de las muestras

	<b>Relleno Sanitario</b>	<b>Abono Liquido A</b>	<b>Abono Liquido B</b>
<b>Con. Elec. medida</b>	757	1768	405
<b>C.E. ds/m resultado</b>	15,14	35,36	8,1

Analizando los resultados claramente vemos un efecto fuertemente salino en las muestras, lo cual puede deberse a la hora del día de la muestra tomada, profundidad a la que fue tomada, el tiempo de vida de dicho residuo, etc.

### **RESULTADOS DE MICRONUTRIMENTOS (Fe, Cu, Zn y Mn)**

La tabla 7.8 nos presenta los rangos óptimos para los micronutrientes de un suelo según la norma de fertilidad, posteriormente se presenta la tabla 7.8.1 que nos muestra los valores determinados en las muestras.

<b>Tabla. 7.8 Límites de micronutrientes</b>				
<b>mg/ Kg</b>	<b>Fe</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>
<b>Deficiente</b>	< 2.5	< 0.2	< 0.5	< 1
<b>Marginal</b>	2.5 – 4.5	> 0.2	0.5 – 1	> 1
<b>Adecuado</b>	> 4.5		>1	

**NOM-021-SEMARNAT-2000**

**Tabla. 7.8.1** Valores de Micronutrientes obtenidos de las muestras

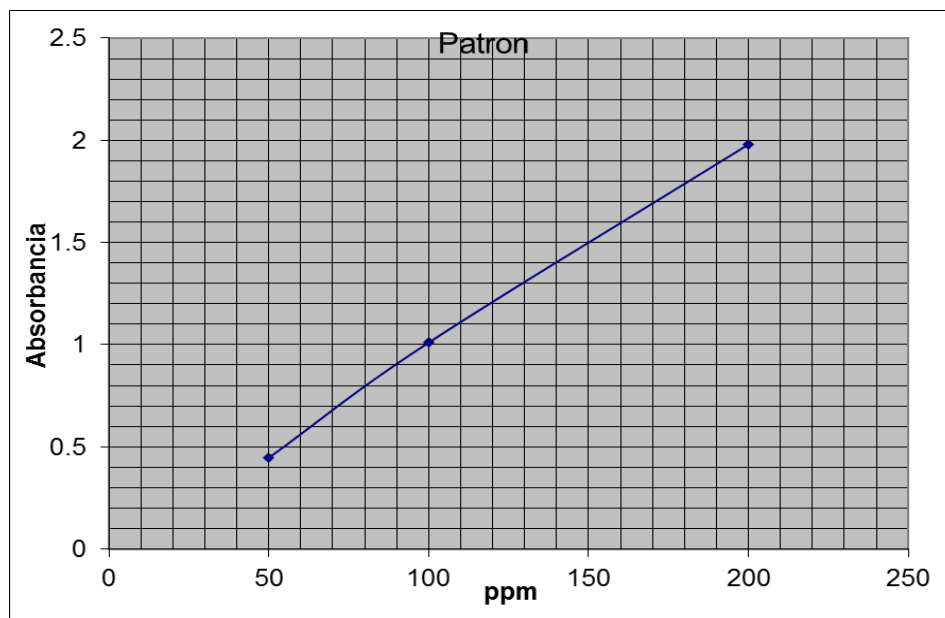
<b>Muestra</b>	<b>Relleno Sanitario</b>	<b>Abono Liquido A</b>	<b>Abono Liquido B</b>
<b>Fe</b>	1,9	2,75	2,78
<b>Mn</b>	0,11	0,19	0,31
<b>Cu</b>	0	0,1	0
<b>Zn</b>	0	0,03	0,05

## DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE CARBONO DE ACIDOS HUMICOS

El estudio de las sustancias húmicas existe de tiempo atrás, para lo cual se han desarrollado diferentes soluciones extractoras, tanto para suelos como para materiales orgánicos.

Para esto se necesitó pesar 0.1075 g de ácidos húmicos grado reactivo en una balanza analítica y se efectuaron disoluciones que se muestran en el esquema 2. La curva de calibración se muestra en la gráfica 5.

**Gráfica. 5.** Curva de calibración de A.H. (solución patrón)



Dando los resultados que se muestran en la tabla 14.

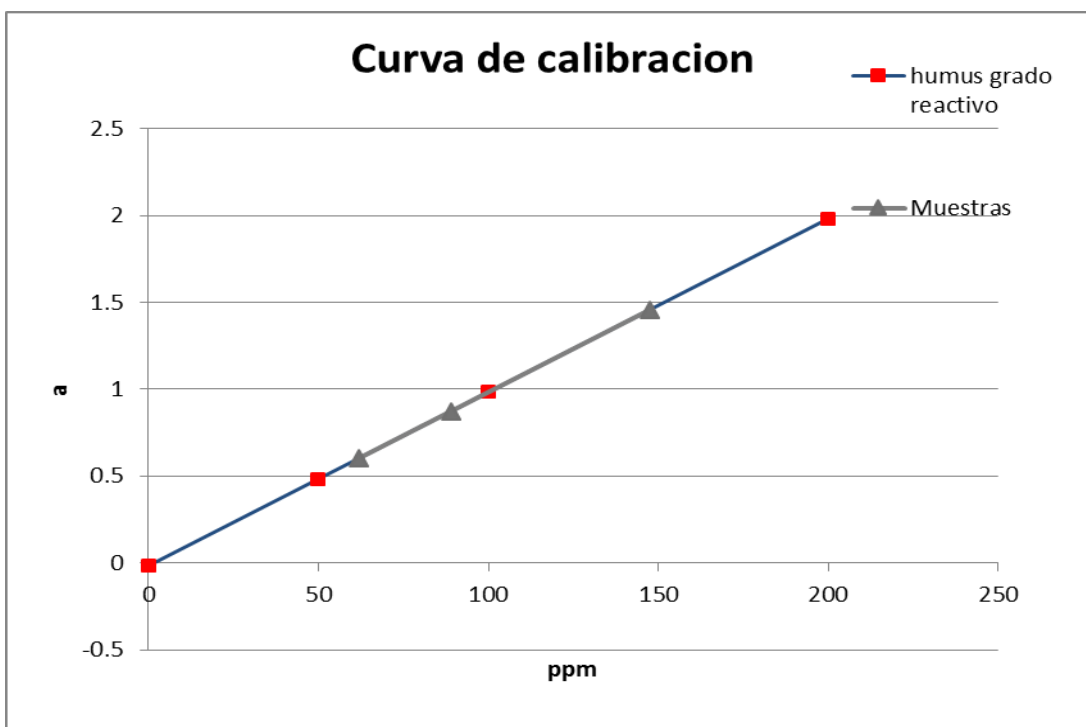
**Tabla. 14.** Resultados de concentración de carbono de ácidos húmicos de las soluciones estándar.

ppm	absorbancia
50	0.446
100	1.01
200	1.98

Posteriormente se sometieron a extracción de sustancias húmicas las muestras de lixiviados y abonos líquidos por el método expuesto anteriormente en el esquema 3. Una vez terminado el proceso de extracción, se efectuó la lectura en el espectrofotómetro, para después interpolar estos resultados con los de la curva de calibración. Estos resultados se muestran en la gráfica 6.



**Grafica. 6.** Curva de calibración de A.H. (muestras vs. Patrón)



Los resultados del % de carbono de las muestras estudiadas se obtuvieron de la siguiente manera.

Cálculos:

Ppm de ácido húmico = (ppm de ácido húmico de la curva estándar) (factor)

Ppm de ácido húmico = (ppm de ácido húmico de la curva estándar) (25)

% ácido húmico = ppm ácido húmico/10, 000

Factor =  $50/2 = 25$

Factor de dilución =  $50/1 = 50$

Los resultados obtenidos por la gráfica 6 se muestran en la tabla 14.2

<b>Tabla 14.2. Valores de Ácidos Húmicos de las muestras.</b>			
<b>Muestras</b>	<b>Absorbancia</b>	<b>Ppm de Ácidos Húmicos</b>	<b>% de Carbono de Ácidos Húmicos</b>
<b>Lixiviado de Relleno Sanitario</b>	0.604	64.007	4.007
<b>Abono liquido A</b>	1.46	146.391	9.149
<b>Abono liquido B</b>	0.875	88.031	5.502

Una vez comparados los resultados de las muestras contra la curva de calibración, es visible que tanto el lixiviado de relleno sanitario como los abonos líquidos presentan una alta concentración de sustancias húmicas y en particular de ácidos húmicos.

## 8. DISCUSION DE RESULTADOS

**Humedad.** Los valores obtenidos por la prueba mostraron resultados muy por debajo de lo establecido en la norma, esto debido a que se sometieron a un secado ya que el estado original de las muestras es líquido. Por esta razón este parámetro aunque aparentemente los resultados son muy bajos, no genera un problema real en la aplicación.

**pH.** Los resultados de la determinación del pH muestran que el lixiviado de relleno sanitario y el abono líquido "B" se encuentran dentro de los parámetros de la norma NMX-FF-109-SCFI-2008, no así el abono líquido "A" el cual se encuentra muy por encima del parámetro.

**% de Materia orgánica.** Los resultados nos indican que la M. O. es muy abundante en cada una de las muestras, ya que el lixiviado de relleno sanitario y el abono líquido "B" se encuentran dentro del rango de la norma y la muestra de abono líquido "A" incluso sobre pasa el rango, lo cual es un factor importante ya que esta influye en la capacidad de absorber agua y en el transporte y distribución de nutrientes gracias a la gran capacidad de intercambio catiónico que posee.

**% de Carbono Orgánico.** Es uno de los principales indicadores para determinar la calidad del suelo, y su efecto positivo sobre la sustentabilidad de los sistemas productivos. Afecta la mayoría de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo vinculadas con su calidad, sustentabilidad y capacidad productiva al mismo tiempo que favorece la agregación del suelo y consecuentemente interviene en la distribución del espacio poroso, afectando diversas propiedades físicas, como humedad aprovechable, capacidad de aire y movimiento de agua y gases. Además interviene en las propiedades químicas del suelo, aumenta la capacidad de intercambio catiónico (CIC). El C. orgánico interviene en las propiedades biológicas, básicamente actuando como fuente energética para los organismos heterótrofos del suelo.

**Fósforo** Los resultados en contenido de fósforo muestran que el lixiviado de relleno sanitario y el abono líquido "B" según los rangos otorgados por la norma NOM-021-SEMARNAT-2000 presentan una baja concentración en cambio el abono líquido "A" muestra una muy alta presencia.

**Calcio, magnesio y potasio.** De estos nutrientes, el de menor abundancia en las muestras es el calcio ya que ninguna de las muestras contiene el mínimo requerido para una óptima concentración.

**% de Nitrógeno total.** Los resultados de este parámetro son positivos ya que las tres muestras en estudio entran en el rango que marca la norma NMX-FF-109-SCFI-2008, lo que indica el aprovechamiento óptimo de este elemento por presentarse en una cantidad adecuada.

**Relación carbono/nitrógeno.** En esta determinación los resultados comparados con rangos de la norma NMX-FF-109-SCFI-2008 están dentro de la misma por lo que dichos materiales son adecuados para su incorporación al suelo.

**Conductividad eléctrica.** Los resultados obtenidos en este análisis salen del rango otorgado por la norma, específicamente el lixiviado el cual sobre pasa por mucho los valores, esto explicable por la cantidad y tipo de desechos enterrados.

#### **Microelementos en este apartado tenemos 4 elementos**

En el primer caso el hierro en los abonos líquidos presentan una concentración marginal según los rangos de la norma NOM-021-SEMARNAT-2000 ya que se encuentran entre 2.5-4.5 mg kg<sup>-1</sup>, mientras el lixiviado de relleno sanitario presenta una concentración deficiente ya que su presencia es menor de 2.5 mg kg<sup>-1</sup>.

En el segundo caso el manganeso en las tres muestras presenta una concentración deficiente ya que su presencia es menor a 1 mg kg<sup>-1</sup> el cual es el parámetro otorgado por la norma NOM-021-SEMARNAT-2000.

En el tercer caso el cobre de igual forma en las tres muestras se encuentran por debajo en concentración para entrar en el rango otorgado por la norma, así mismo para el cuarto parámetro que es el zinc, las tres muestras presentan una concentración deficiente.

#### **% de carbono de Ácidos húmicos**

Para este caso, después de obtener los valores de % de carbono de ácidos húmicos la forma que tenemos para saber si están presentes en cantidad suficiente para ser aprovechados, es obtener el porcentaje que representan dentro de la misma fracción de carbono orgánico determinada anteriormente en base a la cantidad de materia orgánica. Esta medición se realiza así, al carecer de una norma o trabajo que generalice una tabla de rangos para contenidos de carbono de A.H.

Por lo tanto se parte desde el punto, que este tipo de sustancias son de las más importantes dentro de los suelos o en general de la materia orgánica, ya que son estas las que le proporcionan sus características generales.

En base a lo anterior se resume que la presencia de carbono de ácidos húmicos en las tres muestras es suficiente ya que es una cantidad importante dentro del porcentaje contemplado.

**Tabla 15.** Resumen de los resultados

Muestras	Lixiviado de relleno sanitario	Abono liquido A	Abono liquido B
Determinaciones			
Humedad	++	++	++
pH	1	++	1
Materia orgánica	1++	++	1++
Fosforo	--	--	1+-
Calcio	--	--	1+-
Magnesio	1+-	1+-	1+
Potasio	1++	1++	1++
Nitrógeno	1	1	1
Relación C/N	1	1	1
Conductividad eléctrica	+++	+++	+++
Hierro	-	1+-	1+-
Cobre	0	0	0
Zinc	0	0	0
Manganeso	-	-	-
Carbono de ácidos húmicos	1	1	1
Total 16/16	10	10.5	12.5

Símbolo	Significado
1	Entra en el rango
0	No contiene
++	Muy rico
+	rico
+ -	Medio
-	Deficiente
--	Marginal

## **9. CONCLUSIONES**

Se observa que el abono líquido B es el que cumple positivamente con un número mayor de las determinaciones. Aunque en general podemos decir que los lixiviados de relleno sanitario y abonos líquidos a base de estiércol (A y B) pueden tener un uso práctico como abonos orgánicos o como mejoradores de suelos, siempre y cuando se determine el factor de dilución adecuado.

En general cabría resaltar que al comparar los resultados obtenidos por el Manual de Análisis de Humus de Lombriz del MINAG en las muestras analizadas e interpretarlas bajo la NMX humus de lombriz y la NOM para fertilidad de suelos los resultados encontrados permiten hacer una extrapolación para el estudio de residuos orgánicos con potencial de uso como abonos orgánicos o mejoradores de suelo.

## **10. OBSERVACIONES**

Se debe realizar la caracterización fisicoquímica de residuos orgánicos con fines prácticos para la aplicación en el suelo ya que en la actualidad se integran muchos productos de manera indiscriminada, incluso sin una primera estabilización, lo cual puede generar daños a las propiedades del suelo y por consiguiente a la planta.

Esta caracterización debería ser una práctica obligatoria a través de una legislación que la regule de manera adecuada.

Y para complementar lo anterior también debería ser necesario su análisis microbiológico, y con esto determinar presencia de microorganismos patógenos o fitopatogenos.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

1. Félix, E. I. (2012). Current world fertilizer trends and outlook to 2016. Roma: FAO
2. <http://www.compostadores.com/descubre-el-compostaje/vermicompostaje/181-lixiviados.html>
3. Tuz, M. R., & Álvarez, T. (2008, Febrero 17). Fuentes generadoras de lixiviados. Efectos sobre el medio ambiente. Recuperado, de <http://www.conagua.gob.mx/DLQroo07/Noticias/6-lixiviados.17.feb.pdf>
4. Aranda D. E. 1995. El Lombricompostaje, una Eco tecnología para convertir los desechos orgánicos en abonos mejoradores de la fertilidad. Alternativas al Manejo de Laderas en Veracruz, SEMARNAP-Fundación Friedrich Ebert Stiftung. Xalapa, Ver. México. 247-252
5. Aranda, D. E. 1997. El cultivo de lombrices una solución ecológica sencilla y eficiente para producir bono con nuestra basura orgánica doméstica. Reducción y reciclaje de Residuos Sólidos Municipales. C. Hernández F. y S. González M. (Eds). Programa Universitario para el Medio Ambiente, UNAM México. Pp257-268
6. Calderón, F. J. Caracterización físicoquímica y bacteriológica de lixiviados provenientes de granja lombrícola en Tlajomulco. Recuperado, de [http://www.somas.org.mx/pdf/pdfs\\_libros/agriculturasostenible6/63/89.pdf](http://www.somas.org.mx/pdf/pdfs_libros/agriculturasostenible6/63/89.pdf)
7. <http://fiunam.superforo.net/t1703-los-lixiviados-de-un-relleno-sanitario>
8. [http://aula.aguapedia.org/pluginfile.php/3470/mod\\_resource/content/0/LIXIVIADOS.pdf](http://aula.aguapedia.org/pluginfile.php/3470/mod_resource/content/0/LIXIVIADOS.pdf)
9. <https://revistaing.uniandes.edu.co/pdf/Rv14-A8.pdf>
10. Ramírez, M. L., Cuatutle, G., & Méndez, L. (2013). TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS. Revista ciencia y desarrollo CONACyT.
11. Puertas A. & Hidalgo L.. (sep-dic. 2009). EFECTO DE DIFERENTES ABONOS ORGÁNICOS SOBRE EL ESTABLECIMIENTO DE *Pochonia chlamydosporia* var. *CATENULATA* EN EL SUSTRATO Y LA RIZOSFERA DE PLANTAS DE TOMATE. Revista de Protección Vegetal, 3, 00.
12. [http://www.fagro.edu.uy/~fertilidad/curso/docs/nutrientes\\_esenciales\\_impr.pdf](http://www.fagro.edu.uy/~fertilidad/curso/docs/nutrientes_esenciales_impr.pdf)

13. Fassbender, H. (1975). Química de suelos. IICA
14. Artavia S., Uribe L., Saborío, F., Arauz L. F., Castro L. (2010). EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS EN LA SUPRESIÓN DE *pythium myriotylum* EN PLANTAS DE TIQUISQUE (*xanthosoma sagittifolium*) Agronomía Costarricense, vol. 34, núm. 1, 2010, pp. 17-29  
Universidad de Costa Rica San José, Costa Rica
15. Fortis M, Leos J. A., Preciado P., Orona I., García J. A., García J. L. & Orozco J. A. Terra Latinoamericana, vol. 27, núm. 4, octubre-diciembre, 2009, pp. 329-336. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México.
16. Almonte I., Capellan Y. & Batista I. (2010). Efectos de la aplicación de diferentes tipos y dosis de abonos orgánicos sobre el rendimiento del cultivo de café (*Coffea arabica* L). 2015, de Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), Consejo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (CONIAF) Sitio web: [http://www.cedaf.org.do/eventos/cfcs\\_2010/presentaciones/05\\_jueves/manana/35p.pdf](http://www.cedaf.org.do/eventos/cfcs_2010/presentaciones/05_jueves/manana/35p.pdf)
17. Rodríguez F. M., Pérez M. V., Piñeiro A. B., Alfonso M. M., Turruella E. P. (2004). Manual de técnicas de análisis químicos para el humus de lombriz. La Habana, Cuba: Agrinfor.
18. Ormeño M. A. & Ovalle A.. (2010). EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS EN LA CALIDAD QUÍMICA DE LOS SUELOS CACAOTEROS Y EL CRECIMIENTO DE LAS PLÁNTULAS EN VIVERO.. 2015, de Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, INIA– Mérida Sitio web: [http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/congresos/CVCS19/uso\\_manejo\\_suelo/UMS21.pdf](http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/congresos/CVCS19/uso_manejo_suelo/UMS21.pdf)
19. Navarro, S., & Navarro, G. (2003). Química Agrícola. MundiPrensa
20. Medrano, C. (1986). abonos orgánicos universidad autónoma de Chapingo UACH. Chapingo estado de México
21. NMX-FF-109-SCFI-2007. Humus de lombriz (lombricomposta)- especificaciones y métodos de prueba.

22. NOM-083-SEMARNAT-2003. Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.
23. NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis.
24. NADF-020-AMBT-2011, que establece los requerimientos mínimos para la producción de composta a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, agrícolas, pecuarios y forestales, así como las especificaciones mínimas de calidad de la composta producida y/o distribuida en el distrito federal.
25. Artavia S., Uribe L., Saborío F. & Arauz L.F.. (2010). EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS EN LA SUPRESIÓN DE *pythium myriotylum* EN PLANTAS DE TIQUISQUE (*Xanthosoma sagittifolium*) . 2015, de Agronomía Costarricense Sitio web: [http://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v34n01\\_017.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_agr/v34n01_017.pdf)
26. Gonzalez, V., y Pomares, F. (2008) Manual técnico fertilización y balance de nutrientes en sistemas agroecológicos. Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE). Catarroja, Valencia 30 de diciembre
27. Mosquera, B. (2010) manual técnico “Abonos orgánicos protegen el suelo y garantizan alimentación sana. Fondo para la protección del agua-FONAG. U.S.A.
28. Bordoli, Barbazán. (2010). aplicación de fertilizantes. 2015, de Facultad de Agronomía – Universidad de la República Uruguay Sitio web: <http://www.fagro.edu.uy/~fertilidad/curso/docs/Aplicaci1.pdf>
29. Romero L., M. R. (2000). Agricultura orgánica. Elaboración y aplicación de abonos orgánicos. Lombricultura y agricultura sustentable. C. Martínez C. y L. Ramírez F. (Ed). México. pp. 125-134.
30. Romero L. M. R., L. Corlay Chee, C. Martínez C. (2000). Caracterización y evaluación física, química y microbiológica de compostas y lombricompostas. Memorias del Seminario de Avances de Investigación 2000 de los Programas Universitarios de Investigación en Diagnóstico, Conservación y



Recuperación del Suelo, Agricultura Orgánica y Recursos Naturales y Ecología. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Méx. pp:179-185.

31. Soto M. G. (2000). Regulaciones en la producción y uso de abonos orgánicos. Lombricultura y agricultura sustentable. C. Martínez C. y L. Ramírez F.(Ed). México. pp. 173-184
32. Rosas. M. (2003) Agricultura Orgánica Práctica. alternativas tecnológicas para la agricultura del futuro, Colombia, Bogotá ICA.
33. Faithfull, N. T. (2005). Métodos de Análisis Químico Agrícolas. Editorial Acribia.
34. López cesati, ferrera c. y s. alcalde B. (1979) efecto de la fertilización Orgánica sobre la población microbiana en un suelo de ando de la sierra tarasca Trinidad santos, A. y O. miranda (Eds.). Suelos de ando y sus implicaciones en el desarrollo agrícola de la sierra tarasca. INIA-CIAB y colegio de postgraduados Chapingo, México.
35. Zamboni C., Ingrid (2006) CARACTERIZACIÓN DE ÁCIDOS HÚMICOS Y FÚLVICOS DE UN MOLLISOL BAJO DOS COBERTURAS DIFERENTES Revista Colombiana de Química, vol. 35, núm. 2, 2006, pp. 191-203 Universidad Nacional de Colombia Bogotá, Colombia