

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

INFORME FINAL DEL PROYECTO DE RESIDENCIA PROFESIONAL

“EFECTO DE VERMICOMPOSTA SOBRE LA DIGESTIÓN DE SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN PARA REUTILIZACIÓN DE LA MISMA EN EL MEJORAMIENTO DE SUELOS”

INGENIERIA BIOQUIMICA

PRESENTA:

MONTERROZA GARACHEO MAYRA YANETH

PECH HERNANDEZ CARLOS ALFREDO

ASESOR INTERNO: I.B.Q. JAVIER RAMIREZ DIAZ

ASESOR EXTERNO: M. I GRISELDA AGUIRRE MEDINA

TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS A 17 DE SEPTIEMBRE DEL 2013

INDICE

I.	INTRODUCCION	3
II.	JUSTIFICACION	4
III.	OBJETIVO GENERAL	5
III.1	Objetivos específicos	
IV.	CARACTERIZACION DEL AREADONDE SE DESARROLLO EL PROYECTO	
IV.1	Misión	6
IV.2	Visión	6
IV.3	Localización	6
V.	PROBLEMAS A RESOLVER	7
VI.	ALCANCES Y LIMITACIONES	8
VII.	FUNDAMENTO TEORICO	
VII.1	Antecedentes	9
VII.2	Compostaje	11
VII.3	Vermicompostaje	13
VII.4	Función que desempeña la vermicomposta en el suelo.....	15
VII.5	Tipos de lombriz de tierra	17
VII.6	Aspectos básicos de las lombrices composteadoras	18
VII.7	Biología de la lombriz <i>Eisenia fétida</i>	20
VII.8	Humus de lombriz	22
VIII.	PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS	25
VIII.1	Primera etapa. Compostaje	28
VIII.2	Segunda etapa. Vermicompostaje	28
IX.	RESULTADOS	30
X.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	35
XI.	ANEXOS	36
XII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	47
XIII.	CRONOGRAMA	49

I. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de residencia denominado “Efecto de vermicomposta sobre la digestión de sólidos en suspensión, para reutilización de la misma en el mejoramiento de suelos”, fue desarrollado en la PTAR Copoya el cual, busca encontrar una mezcla adecuada en porcentaje (lodo crudo–aserrín), que favorezca una digestión o degradación completa del mismo, que se genera en el desarenador, por medio de la elaboración de una vermicomposta para un mejor manejo y uso del mismo, cumpliendo con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-052 SEMARNAT-2005 (anexo 1), que establece las características, el procedimiento de identificación y los listados de los residuos peligrosos.

SMAPA es una empresa socialmente responsable con el medio ambiente, y uno de los grandes proyectos de ese sistema es el desarrollo y la investigación de nuevas alternativas en cuanto al tratamiento y reutilización de biosólidos.

Por esto preocupados y ocupados a proporcionar un servicio a la sociedad de la manera más eficiente en el cumplimiento de sus objetivos, beneficiando y no dañando al medio ambiente regido por normas oficiales mexicanas, la depuración de lodos residuales urbanas de Copoya propicia que la disposición final de los lodos empiece a mejorar siendo que los lodos crudos y activados son tirados exposición libre al medio ambiente.

II. JUSTIFICACION

Desde el inicio del funcionamiento del PTAR Copoya ha existido la problemática con el desarenador en el proceso de tratamiento de las aguas residuales, debido al exceso de materia (orgánica e inorgánica), presente en el flujo de entrada, acumulándose esta e impidiendo así el correcto pasó del flujo de agua a la continuación del proceso.

En Copoya 1865 viviendas cuentan con instalaciones conectadas a la red pública, tendiendo a vaciar todo tipo de desecho a la red, desde desechos de criaderos de sus animales de corral (puercos, gallinas, patos, etc.), de sanitarios, lavaderos, animales muertos y materia inorgánica al drenaje, esto es acareado al desarenador lo que obstruye el paso del agua, este se acumula y retira un par de ocasiones al día para evitar el mal funcionamiento del proceso; inicialmente se enteraba, dado a la gran cantidad de materia que contenía producía un olor fétido, producción de gusanos, alojamiento de roedores, moscas, mosquitos y contaminación del suelo no cumpliendo con lo establecido en la norma oficial mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, protección ambiental. Lodos y biosólidos. Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final (anexo2).

Es por ello se busca un uso para este tipo de lodo el cual causa grandes daños al medio ambiente, salud humana y empresa; por lo mismo se ha propuesto la elaboración de una vermicomposta para que este lodo crudo pueda tener un manejo apropiado, que pueda estar libre de materia orgánica, eliminar el olor fétido y un uso sin que cause daños mayores al medio ambiente, salud humana, empresa, comunidad usándolo como un mejorador de suelos, así proporcionando un beneficio al medio ambiente y comunidad.

III. OBJETIVO GENERAL

Emplear el lodo crudo en suspensión proveniente del desarenador del proceso de tratamientos de aguas residuales de Copoya, para su utilización en la elaboración de vermicomposta; para lograr su estabilización según se dispone la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 que tiene por objetivo establecer las especificaciones técnicas de muestreo y análisis de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, a partir de sus características específicas de constitución, formación y distribución.

III.1 Objetivos específicos

- ✓ Emplear el lodo del desarenador del PTAR Copoya por medio del vermicompostaje.
- ✓ Realizar tres tratamientos diferentes sobre el lodo crudo los cuales son: incorporación de lodo crudo-aserrín en porcentaje 90:10 respectivamente; incorporación de lodo crudo-aserrín en porcentaje 70:30 respectivamente, y incorporación de lodo crudo-aserrín en porcentaje 60:40 respectivamente.
- ✓ Evaluar los parámetros en los diferentes tratamientos de vermicompost (materia orgánica, pH, humedad, nitrógeno total, fósforo), a la entrada y salida del proceso.
- ✓ Utilizar la lombriz roja californiana (*Eisenia fétida*), para realizar el vermicompostaje.
- ✓ Minimizar mal olor, atracción de roedores, moscas u otro organismo capaz de transportar agentes infecciosos presente en el lodo crudo.
- ✓ Aprovechar la tierra vermicompostada en el mejoramiento de suelos.

IV. CARACTERIZACION DEL AREA DONDE SE DESARROLLO EL PROYECTO (PTAR COPOYA)

IV.1 Misión

Ofrecer a los usuarios un servicio de calidad en el suministro de agua potable y alcantarillado sanitario, concientizando a la población del uso y la preservación del agua como elemento indispensable en la vida.

IV.2 Visión

Consolidarse como uno de los mejores organismos a nivel nacional, con base en la ética de trabajo en equipo y tecnología de vanguardia, capaz de satisfacer las necesidades actuales y futuras de la comunidad.

IV.3 Localización

Se encuentra asentada sobre la margen del arroyo “EL SABINO”, en la parte norte de la localidad de Copoya Fig. 1, ubicada al sur de Tuxtla Gutiérrez. Construida en 1997, iniciando su operación formal en agosto de 2004. Tiene capacidad para tratar un gasto medio (de diseño) de 10.83 LPS, y trata aguas residuales de carácter doméstico- rural, fácilmente tratables por procesos biológicos (aunque los valores de DBO y DQO son extremadamente altos) y con un comportamiento estacional típico. Esto, junto con la baja cota del terreno, hizo del tratamiento del agua por filtros percoladores la primera opción, instalándose un filtro propulsado hidráulicamente. Los lodos producidos durante todas las etapas son tratados por un proceso de digestión aerobia convencional.



Fig. 1

Se encuentra en la zona llamada “Las Pozonas”, cuenta con capacidad para tratar toda el agua residual que produce el municipio de Copoya operando las 24 horas del día, todos los días del año. En ella se tratan tanto el agua como los lodos que se producen; se vierte el agua tratada en el arroyo El Sabino y los lodos estabilizados en el tiradero municipal.

V. PROBLEMAS A RESOLVER

El sistema de tratamiento de aguas residuales ubicada en la localidad de Copoya, municipio de Tuxtla Gutiérrez, pretende dar una solución a lo siguiente:

La PTAR Copoya es una planta en la que la prioridad es ofrecerle a la comunidad el mejor de los servicios, y siendo que también que es una de las empresas comprometidas con el medio ambiente, tienen la problemática de contar con un exceso de acumulación de lodo crudo en el desarenador; ubicado en el pre-tratamiento del agua que sirve como un filtro para retener toda materia (orgánica e inorgánica), presente en el flujo de agua en la entrada al proceso de saneamiento.

Estando en funcionamiento los 365 días del año, diariamente esta planta tiene un flujo de entrada de aguas negras de entre 6 a 8 LPS, aumentado considerablemente en temporada de lluvias, por tanto la acumulación de lodo crudo oscila entre 150-200 kg por día. Este lodo crudo además de ser un desecho, representa también una potencial fuente de contaminación tanto para el medio ambiente, así como también para todo el personal (salud), por motivos de almacenamiento al aire libre, propiciando un olor desagradable y muy fuerte, en toda el área de la planta, atrayendo roedores y propiciando la propagación de infestaciones.

En una primera instancia por tratar de dar fin a todo lo anterior mencionado optaron por enterrarlo (lodo crudo), agotando todo espacio libre no disponible para esto. Necesitando a la brevedad posible la implementación de algún proyecto en el que se le pueda dar una utilización provechosa a este desecho. Y así poner fin a todos los puntos antes mencionados.

VI. ALCANCES Y LIMITACIONES

En la realización del proyecto, se pretende o busca estabilizar el lodo crudo mediante la digestión de la materia orgánica a través del vermicompostaje aprovechándola y reincorporándola para beneficios en el suelo, sin alterar al medio ambiente.

Dentro de los alcances y limitaciones se pueden mencionar:

Alcance:

- ✓ Mejoramiento del área de trabajo en cuanto a higiene, repercutiendo en la salud humana.
- ✓ Obtención de humus de lombriz para el beneficio del suelo.
- ✓ Aprovechamiento del lodo crudo, empleándolo en el vermicompostaje.

Limitación:

- ✓ Falta de instrumentación para el monitoreo de los parametros durante el proceso
- ✓ Rechazo de *Eisenia fétida* por los diferentes tratamientos (mezcla de lodo crudo-aserrín).
- ✓ La invasión de plagas sapos, hormigas, pájaros, a las lombrices.
- ✓ Limitante económica en la implementación del proyecto (materiales, análisis, etc.).

VII. FUNDAMENTO TEORICO

VII.1 Antecedentes

Actualmente, los lodos generados en el tratamiento del agua residual son considerados residuos peligrosos, de acuerdo con lo establecido en la norma oficial mexicana NOM-053-SEMARNAT-1993, que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. Que tiene como objetivo establecer el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

Sin embargo, estos lodos poseen características benéficas que pueden ser aprovechadas como son el contenido de nutrientes y materia orgánica. Esto permite que una vez que han sido tratados, éstos puedan ser aprovechados benéficamente como fertilizantes, mejoradores de suelo, o como cubierta de rellenos sanitarios.

Gran parte de los lodos generados son descargados al drenaje o son desechados sin ningún tipo de tratamiento previo en presas, terrenos, o en las mismas fuentes de suministro y en el mejor de los casos han sido dispuestos para relleno sanitarios, se genera una doble problemática: por una parte el vertido de lodos en sitios inadecuados puede generar severos problemas de contaminación, y por otro lado se están desperdiciando las propiedades benéficas de los lodos que pudieran ser aprovechadas en la agricultura o el mejoramiento de los suelos.

Aparentemente, la causa de esta problemática es la falta de recursos para llevar a cabo el tratamiento de los lodos, pero adicionalmente existe una falta de normatividad que permita su reutilización benéfica. La norma oficial mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002. Protección ambiental. Lodos y biosólidos especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. Que establece las especificaciones y los límites máximos permisibles de contaminantes en los lodos y biosólidos provenientes del desazolve de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, de las plantas potabilizadoras y de las plantas de tratamiento de aguas residuales, con el fin de posibilitar su aprovechamiento o disposición final y proteger al medio ambiente y la salud humana.

Los volúmenes de lodos generados de la planta de tratamiento de agua residual se les tiene que

dar una disposición final adecuada si no contribuyen de manera importante a la contaminación de atmósfera, de las aguas nacionales y de los suelos, afectando los ecosistemas del área donde se depositen.

Se les llaman ((lodos residuales)) a los residuos sólidos remanentes del proceso de tratamiento de aguas residuales, que están compuestos por materia orgánica residual no descompuesta, microorganismos, compuestos no biodegradables y potencialmente tóxicos y/o potencialmente tóxicas que se han removido durante el tratamiento. Sólidos con contenido variable de humedad, que no han sido sometidos a procesos de estabilización.

El manejo de la lombricultura, es una de las nuevas técnicas de la agricultura orgánica, en la que por medio del manejo de procesos naturales en el suelo, permiten favorecer su dinámica y como consecuencia, obtener un impacto benéfico en lo agrícola, social y económico (Guadarrama y Taboada, 2004), la aplicación de abonos orgánicos se remonta a la época de los aztecas y mayas, quienes utilizaban el pescado como fuente de fósforo (Martínez, 2003).

Es una tecnología que utiliza una especie de lombriz domesticada, como herramienta de trabajo, recicla todo tipo de materia orgánica obteniendo como resultado humus como se menciona en el artículo “Efecto de la vermicultura en la descomposición de residuos orgánicos”, el cual trata sobre el estudio de la utilización de la lombriz roja de California en la transformación de residuos urbanos (lodos procedentes de la depuración de aguas residuales y de residuos sólidos urbanos), evaluando su capacidad de adaptación a distintas mezclas de lodo con estiércol y comprobando las características agronómicas del producto resultante de dicha transformación para reutilizarlo como abono en suelos². Representa un negocio en expansión, y en un futuro será el medio más rápido y eficiente para la recuperación de suelos de las zonas rurales.

Debido a que las actividades productivas tanto urbanas como rurales generan grandes cantidades de desechos orgánicos que representan una fuente potencial de contaminación, para poder incrementar el valor económico de estos desechos, es necesario convertirlos en productos útiles (Corlay et al., 1999). El uso de la vermicomposta es muy variado; puede usarse como mejorador del suelo o también como sustrato para el crecimiento de plantas.

VII.2 Compostaje

Es un proceso controlado de descomposición de la materia orgánica con el que obtenemos un producto con excelentes propiedades como fertilizante y regenerador de suelos: el compost. En el compostaje intervienen millones de microorganismos, hongos y numerosos invertebrados que descomponen los residuos orgánicos convirtiéndolos en humus. Estos organismos viven en presencia de aire (organismos aerobios), por lo que en el compostaje no hay putrefacción y, por tanto, tampoco malos olores.

A través del compostaje conseguimos una reducción en origen de los residuos urbanos, minimizando los problemas ambientales ocasionados por el transporte de los mismos y por su tratamiento en vertederos (contaminación de aire y suelos, malos olores, ocupación del territorio).

Las ventajas de hacer compost son muchas, por un lado mejora la estructura de los suelos, haciéndolos más fácilmente trabajables, mejorando su capacidad de retención de agua, su ventilación y previniendo los efectos de las heladas. Además, aumentamos la cantidad de materia orgánica del suelo y la disponibilidad de nutrientes asimilables para las plantas.

Por otro lado conseguimos un producto de alta calidad, sin sustancias contaminantes, con lo que estamos mejorando la salud de nuestro suelo.

Desde que aportamos los materiales hasta su transformación en compost, el proceso de compostaje se puede dividir en tres etapas:

Fase de latencia

Al comenzar a aportar los residuos entramos en esta fase. La materia debe estar adecuadamente mezclada para permitir una correcta aireación, con una humedad en torno al 50%. La temperatura es inferior a los 40°C y la pila es colonizada por bacterias adaptadas a temperaturas medias que comienzan a descomponer los restos. La fase de latencia suele durar desde unas pocas horas a varios días.

Fase termófila

Debido a la actividad microbiana se comienza a liberar calor y la temperatura aumenta. Se

dice que entramos en la fase termófila a partir de los 40°C, alcanzando picos de hasta 60-70°C. Con esta subida de temperatura se produce una esterilización del medio, eliminando larvas, posibles patógenos y la capacidad germinativa de las semillas. Cuando el alimento se va agotando, la actividad bacteriana es menor y por tanto, la temperatura del montón disminuye. Los materiales van perdiendo su color y forma originales. En esta etapa es cuando mayor disminución de volumen se observa en el compostador, de forma que dispondremos de más espacio para seguir introduciendo materiales. Para que se dé correctamente, es necesaria una aireación adecuada y un porcentaje de humedad del 50%.

Fase de maduración

Con el tiempo van quedando los materiales más difíciles de descomponer: aquellos más ricos en celulosas y ligninas (leñosos). Entonces, la temperatura baja acercándose a la temperatura ambiente, el pH tiende a la neutralidad y la descomposición se hace más lenta. Se entra en una etapa conocida como fase de maduración. En ésta, juegan un papel muy importante cochinillas, lombrices y otros invertebrados que se encargan de completar la descomposición para obtener un producto estable, el compost maduro. Lo reconoceremos por su color oscuro, su textura granular y su olor a tierra vegetal. Esta es la etapa más larga, aunque su duración dependerá de la composición de los materiales introducidos.

Elementos a tener en cuenta para hacer un buen compost tan sólo hay que tener en cuenta una serie de parámetros como la temperatura, la humedad, la presencia de oxígeno, la naturaleza de los materiales o su tamaño. Teniendo claros estos elementos el proceso se hará sin problemas y en un menor periodo de tiempo.

Temperatura: En la fase termófila deben alcanzarse entre 40° y 70°C para que así se puedan eliminar posibles elementos patógenos y la mezcla esté higienizada. Si metemos la mano en el montón debemos comprobar que está caliente (también podemos comprobar la temperatura con un termómetro terrestre); esto va a ser indicativo que el proceso marcha de forma adecuada. Cuanto más dure ese estado, mejor.

Oxígeno: El compostaje es un proceso que realizan organismos aerobios, por lo que la presencia de oxígeno es esencial para que se haga correctamente y para que no aparezcan

malos olores. El oxígeno lo garantizaremos con la proporción adecuada de los distintos materiales (los materiales leñosos, también llamado material estructurante, crean huecos por donde puede pasar el aire necesario). Además deberemos remover el montón de forma periódica, al menos cuando echemos nuevos aportes.

Humedad: Una humedad adecuada se consigue con una proporción de dos partes de materiales verdes (ricos en agua) y una parte de materiales secos. Si la humedad propicia no se consiguiera con los restos aportados, se añadiría agua en forma de pequeños riegos (removiendo el montón para que se distribuya homogéneamente).

Tamaño de los restos que se aportan: Cuanto más troceados vayan, más superficie de contacto ofrecerán a los microorganismos y, por lo tanto, más rápido será el proceso.

Mezcla y volteos: Con ellos se consigue que la humedad, los nutrientes y los microorganismos estén distribuidos uniformemente, que la aireación (oxígeno) se mantenga y que se evite una compactación de la masa (Lozada Torres Patricia y Col.).

VII.3 Vermicompostaje

Es un proceso que consiste en la transformación de la materia orgánica a través de la acción descomponedora de las lombrices. Éstas, a través de su tubo digestivo, convierten los restos en un producto estable, llamado vermicompost. Las lombrices rojas californianas (*Eisenia fétida*) originaria de Eucrasia, fueron criadas intensivamente a partir de los años 50 en California (Estados Unidos), y empleada en más del 80% de los criaderos del mundo, por lo que la hace la especie más cultivada en el mundo dada su rusticidad, tolerancia a los factores ambientales, potencial reproductor y capacidad de apiñamiento (Guadarrama y Taboada, 2004).

Es la principal protagonista en este proceso, esta lombriz es el resultado del cruce de otras especies para conseguir una variedad que sea capaz de tener un gran rendimiento en la producción de humus. Se alimenta de gran diversidad de restos orgánicos, que transforma en humus de lombriz o vermicompost. Esta especie es la más utilizada en vermicompostaje debido a las siguientes razones:

- Es capaz de procesar una amplia variedad de residuos orgánicos. Los restos orgánicos de plantas de tratamientos de aguas residuales son muy diversos, por lo que esta especie de lombriz se adapta perfectamente a las necesidades del vermicompostaje. Además, tolera medios relativamente ácidos y soporta pequeñas concentraciones de metales pesados.
- Tolera un amplio rango de temperatura. *Eisenia Foetida* puede desarrollarse en un rango de temperaturas bastante extenso. Tienen actividad entre 3°C y 35°C, aunque su óptimo se encuentra alrededor de los 15-25°C.
- Diariamente se alimenta de una cantidad de residuos que equivale a su propio peso, transformando, en forma de vermicompost, el 60% del alimento ingerido. Una población de varios miles de lombrices serán capaces de transformar los restos diarios de toda una familia.
- Se reproduce muy rápidamente si las condiciones son las adecuadas, Aproximadamente cada 7 días deposita un huevo que eclosionará a las pocas semanas, del que saldrán entre una y veinte pequeñas lombrices, de unos pocos milímetros, de un color blanquecino. Estas crías de lombriz ya son capaces de degradar por sí mismas los restos orgánicos y en unos tres meses se habrán convertido en adultas, pudiendo por tanto, reproducirse con sus congéneres. A este ritmo, en unos pocos meses se podrá doblar nuestra población de lombrices.
- En condiciones idóneas pueden llegar a vivir hasta 16 años. No presentan enfermedades ni tienen depredadores dentro del vermicompostador que puedan

mermar su población. No toleran la luz, por lo que su presencia en la superficie es escasa.

Las lombrices necesitan un porcentaje de humedad bastante elevado, en torno al 70-90%. Si es superior, no permitiría la oxigenación de la materia y el proceso dejaría de realizarse en condiciones adecuadas, puesto que las lombrices respiran por la piel; y si es escasa, se dificulta la supervivencia de la población ya que necesitan un medio húmedo, tanto para moverse como para ingerir el alimento.

En principio no hará falta regarlas pues los materiales aportados, proporcionan un medio adecuado para ellas. Es posible que en los meses más calurosos, los materiales se dessequen demasiado, por lo que sí será aconsejable realizar pequeños riegos homogéneos de vez en cuando. Lo ideal es utilizar un pulverizador que no haya contenido sustancias químicas.

VII.4 Funciones que desempeña la vermicomposta en el suelo.

Los efectos beneficiosos de las lombrices de tierra en la fertilidad del suelo se conocen desde hace tiempo. A lo largo de los últimos cincuenta años, han sido numerosos los ejemplos que han demostrado que tanto en poblaciones naturales, como en poblaciones introducidas artificialmente, las lombrices pueden tener efectos significativos sobre el crecimiento vegetal esto siendo sinónimo de mejoramiento del suelo. la adición de lombrices al suelo produce un incremento en el crecimiento de varias especies de cereales en zonas templadas. Más recientemente mediante una serie de experimentos de campo, se ha demostrado que la inoculación de lombrices en terrenos agrícolas tropicales puede tener también efectos notables sobre el crecimiento y rendimiento vegetal.

Entre los efectos beneficiosos de las lombrices se incluyen la mejora de algunas propiedades físicas del suelo como la estructura, la turbación, la capacidad de retención de agua, el drenaje y la formación y degradación de agregados, así como efectos químicos y biológicos en la degradación de la materia orgánica y en el ciclado de nutrientes. Como se menciona en el

artículo. Todos estos procesos contribuyen de forma fundamental a la fertilidad del suelo y por lo tanto al crecimiento vegetal y a la productividad de los cultivos.

A pesar de que los microorganismos constituyen una fuente muy importante de alimento para las lombrices, la biomasa de bacterias, hongos y actinomicetes suele ser mayor en las deyecciones frescas de las lombrices que en el suelo circundante. Estos aumentos podrían deberse al incremento en las poblaciones microbianas tras el paso por el intestino de las lombrices, bien debido a que el alimento que seleccionan constituye un sustrato más rico para el desarrollo microbiano, o bien por qué la fragmentación de la materia orgánica en su molleja incrementa la superficie disponible para el ataque microbiano. Se ha demostrado además que las lombrices pueden incrementar la actividad y la biomasa microbiana del suelo. Existen numerosas evidencias científicas que demuestran que las lombrices estimulan considerablemente la descomposición de la materia orgánica, tanto durante el paso a través de sus intestinos como en el proceso de envejecimiento de las deyecciones.

La aceleración de la descomposición de la materia orgánica inducida por las lombrices de tierra, especialmente las epigeas, ha sido aprovechada para el tratamiento de residuos orgánicos como residuos animales, agrícolas, urbanos e industriales y su transformación en fertilizantes orgánicos. Las lombrices se encargan de fraccionar el sustrato orgánico estimulando la actividad microbiana e incrementando las tasas de mineralización, de forma que el residuo orgánico se transforma rápidamente en un sustrato humificado cuya textura y tamaño de partícula son mucho más finas que las de los compost termofílicos tradicionales.

La vermicomposta excretada por las lombrices, tienen la capacidad de modificar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Las propiedades físicas del suelo modificado por la vermicomposta comprende la agregación, la estabilidad y la porosidad, mientras que las biológicas y químicas incluyen el ciclo de nutrientes (nitrógeno y fósforo en mayor proporción), los índices de descomposición, las formas químicas de los nutrientes en el suelo y su disponibilidad para los vegetales, el pH, la dinámica, la cantidad y la calidad de la materia orgánica, la actividad microbiana y de la fauna, la abundancia, la biomasa, la composición de las especies y la diversidad de la microflora y la macrofauna, la vermicomposta neutraliza eventuales presencias contaminadoras (herbicidas), evita y facilita y aumenta la eficacia del trabajo mecánico del terreno “Ortiz-Hernández Ma. Laura y col.”.

VII.5 Tipos de lombrices de tierra

Lombrices anésicas.

Su nombre proviene del griego “fuera de la tierra”, este tipo de lombrices viven en canoas de tierra, que les sirve de madriguera, pero durante la noche salen a la superficie en busca de alimento, entre otros la *Lumbricus terrestris* se encuentra en esta clasificación, la cual alcanza una longitud aproximada de 30 cm.

Lombrices endogeicas.

Las lombrices endogeicas (del griego “dentro de la tierra”) son aquellas lombrices que viven dentro de las canoas de tierra, generalmente son pequeñas y se alimentan de la materia orgánica que se encuentra en el suelo debido a esto, este tipo de lombrices raramente salen a la superficie, entre ellas se encuentra la *Allolobophora chlorotica*.

Lombrices epigeicas.

Las lombrices epigeicas (del griego “sobre la tierra”), son aquellas que viven en la superficie de la tierra y se alimentan de la materia orgánica en descomposición, la *Eisenia fétida* es un ejemplo de este tipo de lombriz y comúnmente es este tipo la que se usa en el proceso de vermicomposteo (Card et al, 2004).

VII.6 Aspectos básicos de las lombrices composteadoras

Estas lombrices no ven, pero distinguen algunos cambios lumínicos, son sensibles a la luz ultravioleta. Los aspectos básicos que deben cuidarse en las lombrices composteadoras son:

La cama: son dispositivos que proporciona a las lombrices un hábitat relativamente estable para que vivan; estas camas debe cumplir con las siguientes características:

Alta absorbencia: al respirar por la piel las lombrices necesitan un ambiente húmedo, por lo que la cama debe ser capaz de absorber y retener agua de tal manera que las lombrices puedan presentar un crecimiento adecuado.

Densidad adecuada: si el material es muy denso o se empaca muy fuertemente, entonces se reduce o elimina el flujo de aire, así que debe considerarse el uso del material adecuado para la construcción de la cama, debido a que ciertos materiales afectan la porosidad global de la cama a través de una variedad de factores, como el rango de tamaños de partículas, la forma, la textura, y rigidez de su estructura.

Contenido bajo de proteína y/o nitrógeno: aunque las lombrices consumen este material, entre más lento sea el proceso en el que lo hagan más beneficioso será; es de ahí la importancia de que los niveles en los que el nitrógeno y/o la proteína presentes en la cama sea baja, de lo contrario la presencia de altos niveles de los mismos, puede presentar una rápida degradación y calentamiento, creando condiciones inhabitables y frecuentemente fatales.

En la lombricultura es posible realizarla en cualquier predio ya que no requiere de grandes superficies para su explotación, las camas pueden ubicarse tanto sobre la tierra como sobre el piso (cajas de madera), si es sobre la tierra solo es necesario que haya un buen drenaje, también puede ser a la intemperie o bajo techo, se pueden también crear las camas elevadas (sobre la superficie), o excavadas, la altura de estas debe ser de 45 cm como máximo.

Una fuente de alimentos: las lombrices composteadoras son capaces de consumir más que su propio peso corporal diariamente, aunque la regla general es de $\frac{1}{2}$ de su peso corporal por día. Son capaces de comer casi todo lo orgánico (que sea de origen animal o vegetal), pero definitivamente prefieren algunos alimentos sobre otros. Las excretas son los alimentos más comúnmente usados, por orden de importancia en cuanto a mejores alimentos para la Eisenia Foetida se encuentran la de vaca, becerros, equino, oveja, cerdos y aves, con excepción a la de conejo.

Tanto las excretas de vacas, becerros y equinos pueden usarse de en un 100% sin necesidad de mezclarlo con ningún otro material, en cuanto a la de oveja de igual forma puede utilizarse de forma pura pero es necesario molerlo o mojarlo para romper su estructura debido a que es muy duro y así la lombriz no puede comer; la excreta de cerdo no puede ser utilizado en forma pura se debe mezclar con 50% con estiércol de vaca, equino o con restos vegetales bien triturados y composteados, mientras que las excretas de aves presenta mayores dificultades por su alto contenido de urea, por lo que solo puede ser utilizado en una proporción de hasta un 20% .

Humedad adecuada: las lombrices respiran a través de la piel, captan el oxígeno ambiental por medio de la piel húmeda continua, por lo que es indispensable que la cama contenga no menos del 50% de humedad, de lo contrario presentaría un alto riesgo para la lombriz.

Con la excepción de calor o frío extremo, no hay otro factor que mate más rápido a las lombrices que la carencia de una humedad adecuada. El rango ideal para el contenido de humedad para los procesos de vermicomposteo o vermicultura es de 70-90%.

Para medir la humedad, se toma un puñado del cultivo y se aprieta con el puño; si cae un chorro, la humedad es del 100%, si caen gotas, la humedad es de 80%, sino caen gotas pero queda modelado al abrir la mano tiene 50% de humedad y si se deshace está por debajo del 30%.

Adecuada aireación: las lombrices son aerobias y no pueden sobrevivir en condiciones anaeróbicas. Estas al desplazarse provocan que la cama se airee, es podría ser uno de los beneficios del vermicomposteo, debido a que no es necesario voltear el material, facilitado por las lombrices. La clave está en que la cama no se encuentre empacada muy densamente y que permita el movimiento de las lombrices.

Protección a temperaturas extremas: este tipo de lombrices pueden sobrevivir a temperaturas tan bajas como 0°C, pero no se reproducen a temperaturas menores que 10 °C y no consumen mucho alimento. Generalmente se considera necesario mantener las temperaturas arriba de 20°C para tener una mayor eficiencia del vermicomposteo o vermicultura.

Las lombrices composteadoras no sufren enfermedades causadas por microorganismos, pero si son depredadas por ciertos animales (ranas, sapos, aves) e insectos (las hormigas) y también presentan una enfermedad conocida como “cultivo agrio” causada por condiciones ambientales como el exceso de proteína en la cama, y, cuando las lombrices están sobre alimentadas.

VII.7 Biología de la lombriz roja californiana (*Eisenia fétida*)

En la actualidad se conocen aproximadamente 8000 especies de lombrices, de las cuales solo 3500 han sido clasificadas y estudiadas. De estas últimas solo algunas ha sido domesticadas y adaptadas para cultivarlas en criaderos, una de ellas es la lombriz roja californiana (*Eisenia Fétida*), la cual se inició su domesticación en 1930 (Martínez, 1998).

Martínez (1995) describe a la lombriz como un animal omnívoro en la siguiente categoría taxonómica:

Reino: *Animal*

Tipo: *Anélida*

Clase: *Oligoqueta*

Orden: *Lumbricida*

Suborden: *Lumbricidae*

Familia: *Lumbricidaea*

Género: *Eisenia*

Especie: *fétida*

Morfología

La *Eisenia fétida* (lombriz roja californiana, red worm, lombriz de composta, lombriz de excretas), es de color rojo marrón presenta un cuerpo cilíndrico y dividido en segmentos en forma de anillos; su tamaño varía dependiendo de su edad, aunque generalmente oscila entre 5 y 10 centímetros de largo y de 3 a 5 milímetros de diámetro, y llega a pesar hasta aproximadamente 1.4 gramos, no soporta la luz solar, ya que una lombriz expuestas a los rayos del sol muere en pocos minutos. Para su movimiento tanto en la tierra, como en los materiales que degrada cuenta con algunas grietas que sobresalen de su cuerpo.

Sistema Respiratorio

Las lombrices respiran por medio de la piel, es por ende que necesitan mantenerla húmeda de forma continua para poder captar el oxígeno; de lo contrario si su piel no cuenta con la humedad necesaria, o existe en demasía podría esta llegar a morir por desecación o asfixia.

Sistema Digestivo

El sistema digestivo de la lombriz tiene forma recta y atraviesa una gran porción de su cuerpo; está compuesto por la faringe, el esófago, la boca, el estómago y el ano. Su boca succiona los alimentos, pues no posee dientes, sus glándulas calcíferas son las encargadas de neutralizar los alimentos ácidos (de pH bajo).

En su intestino, las enzimas desdoblan los alimentos en sustancias más simples; su excremento contiene sustancias enriquecidas por los microorganismos presentes en su flora y humus que son aprovechables.

Sistema Reproductivo

Las lombrices presentan un sistema reproductivo hermafrodita, es decir, son aquellos organismos que presentan los dos sexos (masculino y femenino); sin embargo aunque presentan esta característica esta lombriz no se autofecundan, por lo que es necesaria una reproducción cruzada. Una lombriz puede empezar a reproducirse al mes de nacida o cuando presenta el clitelo, (estructura gruesa ubicada en el primer tercio de su cuerpo), cerca de la cabeza. Una lombriz adulta puede vivir como máximo 16 años y generar, en promedio 1500 lombrices por año.

VII. 8 humus de lombriz

El humus es: “Sustancias de composición química compleja, órgano-mineral, de alto peso molecular, muy estables, de color negro a café oscuro, con propiedades coloidales e hidrofílicas, que se forman durante el proceso de transformación de la materia orgánica”.

Parece claro que la rápida descomposición de los residuos orgánicos que llevan a cabo las lombrices con los microorganismos, da lugar a sustratos con una actividad y diversidad microbianas considerablemente mayores que las del residuo de partida, llegándose a multiplicar varias veces los valores iniciales (Aira et al. 2007). Numerosos estudios han demostrado que la adición de humus de lombriz a los sustratos de cultivo tiene efectos beneficiosos sobre el crecimiento y desarrollo de gran cantidad de especies vegetales. Los

mecanismos a través de los que se produce esta estimulación incluyen el aporte de nutrientes, la mejora de las propiedades físicas del sustrato y el aporte de microorganismos beneficiosos para el desarrollo vegetal capaces de aumentar la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

A diferencia de los fertilizantes minerales, el vermicompost constituye una fuente de nutrientes de liberación lenta, que se van poniendo a disposición de la planta a medida que ésta los va necesitando (Chaoui et al. 2003). Además, la adición de vermicompost puede producir una mejora significativa en las propiedades físicas tanto de los sustratos artificiales de cultivo.

Se ha sugerido que las lombrices podrían ser agentes importantes capaces de influenciar la producción de sustancias promotoras del crecimiento vegetal por los microorganismos mediante la estimulación y promoción de la actividad microbiana tanto en suelos como en sustratos orgánicos demostraron, mediante experimentos llevados a cabo con varias poblaciones de lombrices, que siete de las especies estudiadas eran capaces de incrementar la producción de auxinas y citoquininas en residuos orgánicos. Además mostraron que existía una fuerte correlación entre las poblaciones de lombrices y la cantidad de auxinas y citoquininas encontradas en 10 suelos de cultivo diferentes. Estos autores señalaron que ambas sustancias podían persistir en el suelo hasta 10 semanas, aunque podían ser degradadas en pocos días si eran expuestas a la luz solar.

El vermicompost originado a partir de residuos ganaderos, restos de comida, lodos de depuradora ó lodos de la industria papelera, contiene gran cantidad de sustancias húmicas. Los estudios realizados acerca de los efectos de estas sustancias sobre el crecimiento vegetal, bajo condiciones de nutrición mineral adecuada, han mostrado resultados muy positivos. Las sustancias húmicas incrementaron de forma significativa la producción de biomasa de plántulas de variados sembradíos como maíz y avena, el número y la longitud de raíces en plantas de tabaco, la biomasa de tallos, raíces y nódulos en soja, cacahuete, y trébol, el crecimiento vegetativo en plantas de chicoria y la inducción de la formación de tallos y raíces de ciertos cultivos tropicales en cultivo in vitro, etc.

La adición de sustancias húmicas a los sustratos de cultivo produce una curva de crecimiento típica de una respuesta hormonal. A concentraciones bajas, el aporte de sustancias húmicas produce un incremento proporcional en el crecimiento de la planta, mientras que a

concentraciones mayores se observa una disminución del crecimiento. Este mismo patrón se ha observado tras la adición de vermicompost a sustratos de cultivo fertilizados con cantidades abundantes de los nutrientes esenciales.

La norma mexicana, NMX-FF-109-SCFI-2007. Humus de lombriz (lombricomposta) - especificaciones y métodos de prueba, que establece las especificaciones de calidad que debe cumplir el humus de lombriz que se produce o se comercializa en territorio nacional. Se excluye el humus de lombriz en presentación líquida.

De la cual se emplea la determinación de los siguientes parámetros:

Método pH del suelo

El método potenciométrico o electroquímico para medir pH de un suelo es el más utilizado. Con este método se mide el potencial de un electrodo sensitivo a los iones H^+ (electrodo de vidrio) presentes en una solución problema; se usa como referencia un electrodo cuya solución problema no se modifica cuando cambia la concentración de los iones por medir, que es generalmente un electrodo de calomelano o de $Ag/AgCl$. El electrodo, a través de sus paredes, desarrolla un potencial eléctrico. En la práctica se utilizan soluciones amortiguadoras, de pH conocido, para calibrar el instrumento y luego comparar, ya sea el potencial eléctrico o el pH directamente de la solución por evaluar.

Método humedad del suelo

La humedad del suelo se calcula por la diferencia de peso entre una misma muestra húmeda, y después de haberse secado en la estufa hasta obtener un peso constante. Método gravimétrico para la determinación del contenido de humedad del suelo orgánico o mineral.

Método carbono orgánico del suelo

La determinación de materia orgánica del suelo se evalúa a través del contenido de carbono orgánico con el método de Walkley y Black. Este método se basa en la oxidación del carbono orgánico del suelo por medio de una disolución de dicromato de potasio y el calor de reacción que se genera al mezclarla con ácido sulfúrico concentrado. Después de un cierto tiempo de espera la mezcla se diluye, se adiciona ácido fosfórico para evitar interferencias de Fe^{3+} y el

dicromato de potasio residual es valorado con sulfato ferroso.

Método nitrógeno total del suelo

Extraíbe con el procedimiento micro-kjeldahl, se utiliza como índice de disponibilidad de nitrógeno en el suelo; se basa en la extracción del amonio intercambiable por equilibrio de la muestra de suelo con KCl 2 N y su determinación por destilación mediante arrastre de vapor en presencia de MgO.

Método fósforo total del suelo

Este método es ampliamente utilizado en estudios de fertilidad de suelos para la determinación de fósforo disponible tanto en suelos neutros como alcalinos. El fósforo determinado con este procedimiento ha mostrado una estrecha relación con la respuesta de los cultivos. El fósforo es extraído del suelo con una solución de NaHCO_3 0.5 M ajustada a un pH de 8.5. En suelos neutros, calcáreos o alcalinos, conteniendo fosfatos de calcio, este extractante disminuye la concentración de Ca en solución a través de una precipitación del CaCO_3 , por tanto la concentración de P en solución se incrementa. En suelos ácidos conteniendo fosfatos de Al y Fe tales como la variscita y strengita, la concentración de P en solución, se incrementa conforme el pH se eleva. Este extractante evita que se presenten reacciones secundarias en suelos ácidos y calcáreos debido a que el nivel de Al, Ca y Fe se mantienen muy bajo en dicha solución.

VIII. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

La PTAR Copoya cuenta con el siguiente proceso en el saneamiento de aguas residuales:

❖ Pre-tratamiento

Tiene por objeto eliminar las basuras grandes, tales como palos, hojas, piedras, trapos, insectos, viseras, granos, arena, huesos, cascaras, etc. Está constituido (Fig. 2), por la caja de entrada, la rejilla para cribado grueso, el canal parshall, las cribas rotatorias para cribado medio, los desarenadores y la caja distribuidora.



Fig. 2

❖ Tratamiento primario del agua

En éste se elimina la materia sedimentable biológica e inerte; (Fig. 3), restante del pre-tratamiento, por medio de la sedimentación de las partículas discretas y de la floculación de las mismas por la acción de la materia orgánica. Consta del sedimentador primario.



Fig. 3

❖ Tratamiento secundario del agua (sistema de tratamiento aerobio)

Este es, propiamente hablando, el corazón del sistema, pues es el encargado de eliminar la materia orgánica soluble presente en el agua (Fig. 4); es decir, la fracción putrescible de la contaminación que no puede ser separada del agua por medios físicos comunes (sedimentación, flotación, etc.). Consta del filtro percolador con su



Fig. 4

cárcamo de bombeo de agua de recirculación, y del sedimentador secundario.

El filtro es un tanque circular empacado (relleno) de elementos plásticos (PVC) que permiten el flujo de agua y aire a través de sí, y sobre los cuales se desarrolla una película biológica, que atrapa y digiere la fracción soluble biodegradable de la contaminación, convirtiéndola en más bacterias, energía y desechos.

❖ Desinfección del agua

Para remover los organismos patógenos previamente a la descarga del efluente tratado, se usa el hipoclorito de sodio en solución, tanto por su eficiencia germicida como por la seguridad en su manejo. Consta del tanque de cloración y de la bomba dosificadora de cloro (hipoclorador).

❖ Acondicionamiento y estabilización de lodos

Los lodos sedimentados en la caja distribuidora y los sedimentadores son conducidos al concentrador, donde reducen su contenido de agua, para después ser introducidos al digestor (Fig. 5), donde son digeridos por un cultivo biológico (principalmente bacteriano) mantenido en suspensión y en condiciones aerobias por aireación mecánica.



Fig. 5

Tras un tiempo mínimo de 15 días, los lodos son depositados para secarse en dos lechos de secado, hechos de grava y arena, y de donde son retirados manualmente en forma de hojuelas secas, para ser llevados a su sitio de disposición final.

En el pre-tratamiento se localiza nuestro punto crítico a resolver, con una producción de 180 kg de lodo crudo por día en la PTAR Copoya, se realizaron la siguiente metodología para su empleo:

Se llevo a cabo durante 90 días, en un área designada dentro de la planta, para su optimo desarrollo se empleo cajones de madera “no curada”, 1.50 m de ancho por 3 m de largo divididas en 6 partes iguales de 0.50 m por 1 m en el sentido longitudinal de las camas de

lombrices. La altura de las camas estuvo comprendida entre 20 y 25 cm dependiendo de las mezclas efectuadas. (Anexo 4).

Diseño experimental. Tabla 1

*Tratamiento	Componentes	Composición total (kg)	Composición por componentes (kg)	Composición (%)
1	Lodo-Aserrín	30	27-3	90-10
2	Lodo-Aserrín	30	21-9	70-30
3	Lodo-Aserrín	30	18-12	60-40

*Cada tratamiento se hizo por duplicado

La adición a los tratamientos de aserrín fue con el propósito de proporcionarle la aireación necesaria para el inóculo (*Eisenia fétida*), para obtener una pronta descomposición, mencionado en los artículos “Caracterización química y física del compost de lombrices”; el objetivo de este trabajo fue caracterizar química y físicamente el compost de lombrices, y determinar la proporción de mezcla de sustratos más conveniente, evaluando su rendimiento y calidad y compostaje de lodos resultantes de la depuración de aguas residuales urbanas”.

VIII.1 Primera etapa. Compostaje

Antes de colocar cada uno de los tratamientos sobre las cajas para realizar la vermicomposta fue necesario compostarlos durante 25 días, para evitar posibles problemas de supervivencia de las lombrices, por la falta de aireación del medio el cual estuvo cubierto con nylon, para favorecer al proceso de composteo.

Los diferentes tratamientos fueron colocados y acondicionados en sus respectivas cajas, con una humedad de 70 a 80% y un pH de 6.5; removiéndose periódicamente (cada 2 días) para favorecer la oxigenación. Durante todo este lapso se registró la temperatura y la variación de la misma; teniendo este un ascenso al inicio del proceso (fase de latencia), registrando temperaturas entre 25-37 °C. Gracias a la actividad microbiana se comienza liberar calor y la temperatura aumenta, es cuando entra en la fase termófila alcanzando picos hasta de 52 °C; seguidamente se mantuvo entre los 23-27 °C hasta el final del composteo, y así cumplir con la primera fase del proyecto.

VIII.2 Segunda etapa. Vermicomposta

Teniendo el compostaje listo se les incorporo a las camas de madera a los 26 días del inicio del proceso un lecho de composta de 20 a 25 cm de grosor, sobre este, se inoculo 500 gr de lombrices de la especie *Eisenia fétida* sobre cada caja de los diferentes tratamientos incluyendo la repetición de cada uno de ellos. Revisando periódicamente (cada 2 días) la sobrevivencia, y adecuando las condiciones necesarias para lograr una digestión idónea; dentro de los parametros monitoreados esta la humedad, la cual era manipulada manualmente mediante el método descrito por (Ferruzi 1986), el cual consiste en comprimir un puñado del material con la mano y comprobar que tan suficientemente húmedo se encuentra; en este caso la humedad corresponde aproximadamente a un 70-80% que es la ideal para que el proceso se lleve a cabo; el pH fue medido al inicio y final de todo el proceso por el método potenciométrico llegando a un valor promedio de 6.5; para evitar factores como pájaros, hormigas, sapos y otros insectos comieran las lombrices la superficie de cada cama fue cubierta con una malla y esparció metálico alrededor de todas las camas, este proceso se realizo durante 35 días, cómo se menciona en el articulo “origen, importancia y aplicación de

vermicomposta para el desarrollo de especies hortícolas y ornamentales”, para establecer las características de la vermicomposta.

En la determinación de los parámetros a evaluar en el proyecto se establecieron las siguientes consideraciones: se tomaron dos muestras por pila en dos sitios diferentes a 5 cm de la superficie para formar una muestra compuesta de 1.0 kg aproximadamente, de la cual se tomó una submuestra para medir los parámetros que se hacen de manera inmediata (pH, humedad, temperatura). El resto de la muestra fue secada al aire y llevada al Laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas del Colegio de la Frontera Sur del municipio de San Cristóbal, Chiapas, para realizar los análisis que se hacen a partir de muestras secas (fósforo soluble, carbono orgánico, nitrógeno total).

Tabla 2. Métodos empleados en la determinación de los parámetros físicos y químicos en muestras de lodo residual y vermicomposta.

DETERMINACIÓN	TIPO DE ANALISIS	FRECUENCIA	❖ METODOLOGIA
Humedad	Gravimétrico	3 veces por semana	Diferencia de pesos NMX-FF-109-SCFI-2007.
pH	Potenciométrico	3 veces durante el proceso	Preparación de la muestra 1:10 NMX-FF-109-SCFI-2007.
Carbono orgánico	Volumétrico	2 veces inicio y final del proyecto	Walkley y Black, NOM-021-SEMARNAT-2000.
Nitrógeno total	Digestión y titulación	2 veces inicio y final del proyecto	Micro-Kjeldahl NOM-021-SEMARNAT-2000.
Fósforo total	Espectrofotometría	2 veces inicio y final del proyecto	Método por digestión NOM-021-SEMARNAT-2000.

❖ Descripción de los métodos empleados (Anexo 5).

IX. RESULTADOS

❖ Los resultados respecto a pH de la vermicomposta (Tabla 3)

Tabla 3.-

Tratamiento	Componentes	Composición %	pH Entrada	pH Salida	Criterios respecto a NOM-021-SEMARNAT-2000.
1	Lodo-Aserrín	90:10	5.8	6.0	Moderadamente acido
2	Lodo-Aserrín	70:30	6.3	7.1	Neutro
3	Lodo-Aserrín	60:40	6.9	7.2	Neutro

Como se observa en la tabla anterior el tratamiento más adecuado puede ser cualquiera que presente pH neutro, según lo establece la norma oficial mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000; por requerimientos de la lombriz *Eisenia fétida*. El pH cambia como consecuencia de la degradación de los ácidos orgánicos y el efecto amortiguador de la materia orgánica.

La cantidad de Nitrógeno en las vermicomposta producidas está dentro de los valores reportados por otros autores. El contenido de nitrógeno por el método de digestión es para indicar su disponibilidad en el suelo para las plantas, este se encuentra en su mayor parte en forma orgánica con muy bajas tasas de mineralización, evidencia como reservas orgánicas en los balances del suelo; este se expresa en términos de porcentaje en peso de la muestra, según la norma oficial mexicana NOM-021-SEMARNAT-2005.

- ❖ Interpretación de resultados de nitrógeno total (NOM-021-SEMARNAT-2002) (Tabla 4)

Tabla 4.-

Clase	Nitrógeno total %
Muy bajo	< 0.05
Bajo	0.05-0.10
Medio	0.10-0.15
Alto	0.15-0.25
Muy alto	>0.25

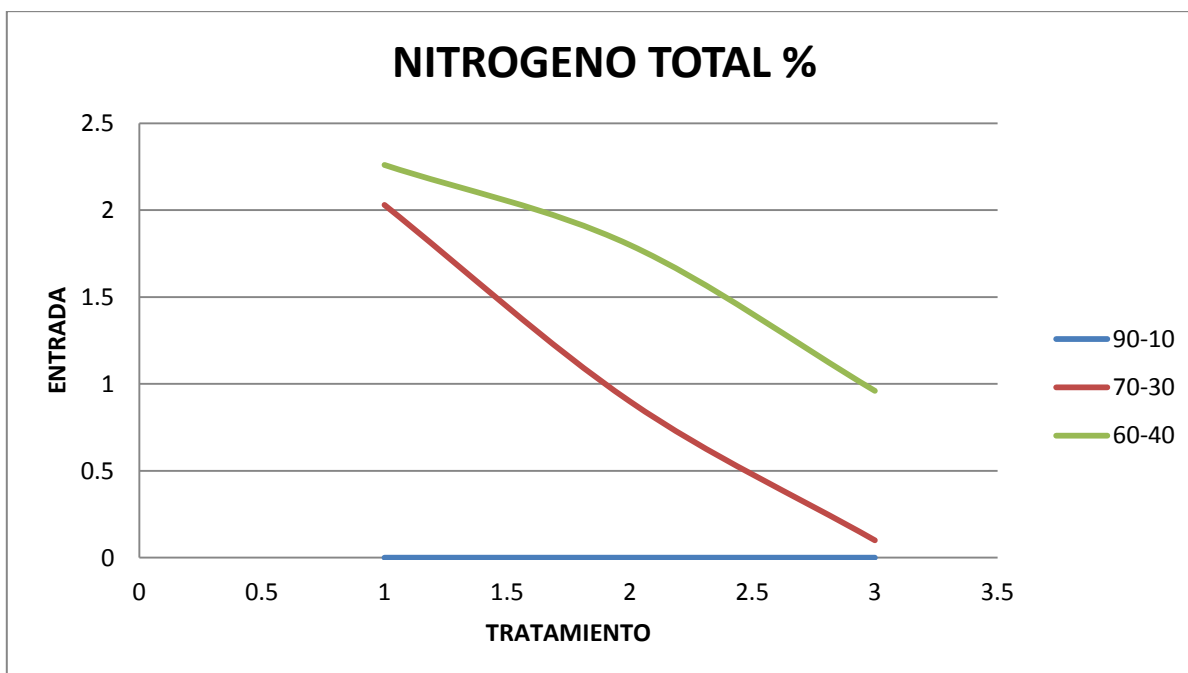
Resultados obtenidos en los análisis realizados: (Tabla 5)

Tabla 5.-

Tratamiento	Composición %	Nitrógeno total % compostaje	Nitrógeno total % compostaje-vermicompostaje	Nitrógeno total % vermicompostaje
1	90:10	–	–	–
2	70:30	2.03	0.9	0.1
3	60:40	2.26	1.8	0.96

De acuerdo a la norma que se utiliza como referencia, aun cuando hay una notable disminución del nitrógeno total durante todo el proceso, este sigue teniendo una cantidad de nitrógeno total dentro de la clasificación de muy alto, teniendo una gran disponibilidad para el suelo.

En la siguiente grafica se observa el descenso del nitrógeno total en la etapa de compostaje y vermicompostaje, debido al incremento de la temperatura de las camas indicando una volatilización de los grupos amoniacales (Art. Efecto de la vermicultura en la descomposición de residuos orgánicos).



❖ Interpretación de resultados de materia orgánica (NOM-021-SEMARNAT-2002) (Tabla 6)

Tabla 6.-

Clase	Materia orgánica % (suelos minerales)
Muy bajo	< 0.5
Bajo	0.6-1.5
Medio	1.6-3.5
Alto	3.6-6.0
Muy alto	>6.0

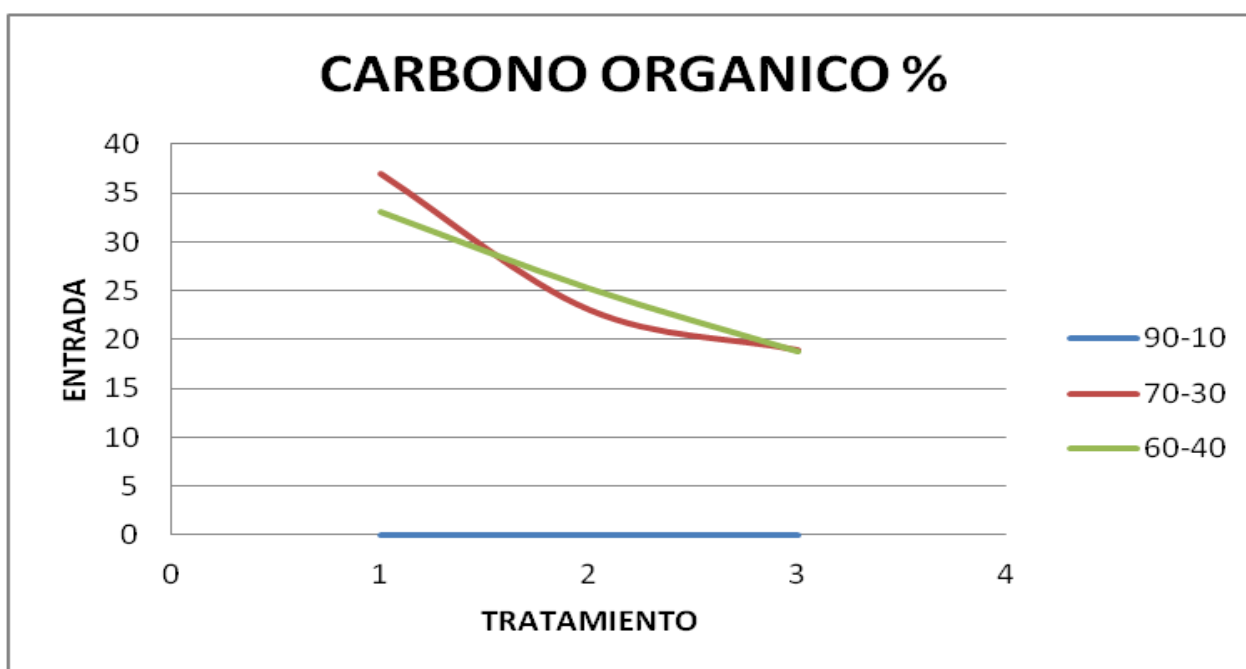
Resultados obtenidos en los análisis realizados: (Tabla 7)

Tabla 7.-

Tratamiento	Composición %	Materia orgánica% compostaje	Materia orgánica % compostaje-vermicompostaje	Materia orgánica% vermicompostaje
1	90:10	–	–	–
2	70:30	37.03	23.09	18.07
3	60:40	33.09	25.7	18.83

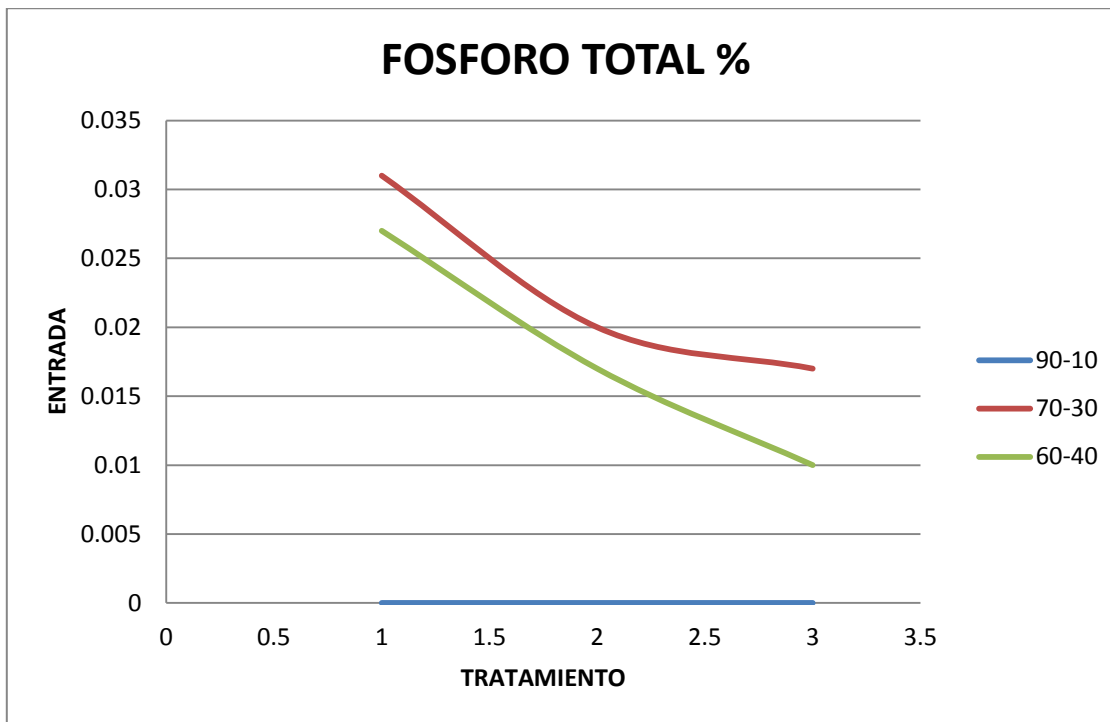
El contenido de materia orgánica en los tratamientos es de muy alto contenido según lo establecido en la norma; después del proceso de vermicompostaje disminuyó quedando en un rango muy alto, debido a que esta contiene gran cantidad de hidrógenos ionizables, mencionado en el artículo “Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y el desarrollo de lombriz *Eisenia fétida*”.

En la gráfica siguiente se observa el descenso de la materia orgánica; por lo cual se asume que existe una degradación y/o consumo de esta por la lombriz *Eisenia fétida*; y teniendo un porcentaje relativamente alto para disposición del suelo.



El fósforo fue determinado en su contenido total; dando una referencia de la cantidad que

puede ser tomado por las plantas e incluye todas las formas de fosfatos inorgánicos, tales como los iones PO_4^{-3} , H_2PO_4 y HPO_4^{-2} . La forma orgánica se encuentra en el humus y la materia orgánica. El P es un macronutriente esencial para las plantas y los microorganismos, junto con el nitrógeno. Puede ser un nutriente limitante, ya que es un componente de los ácidos nucleicos y de los fosfolípidos.



El alto contenido de fósforo encontrado en el producto final concuerda con lo informado por otros autores, quienes concluyen que las lombrices ingieren con la materia orgánica grandes cantidades de fósforo, ya que digerida por el intestino y acentuada por la enorme actividad microbiana, lo excretado contiene un alto contenido de P (Lee, 1985; Castillo *et al.*, 1999b); como se muestra en la gráfica y se autentifica con la norma oficial NOM-021-SEMARNAT-2000 la cual menciona que para ser considerado al fosforo en un rango alto debe ser $>11 \text{ mg Kg}^{-1}$.

X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La realización del proyecto muestra la viabilidad del uso de la tecnología del vermicomposteo o vermicultura como una alternativa de manejo, aprovechamiento y disposición final del lodo de la planta de tratamiento de agua residual de Copoya. El proceso de vermicomposteo permitió la reducción del lodo en más del 50% del peso inicial, mostrando esta tecnología como una alternativa viable para la reducción o minimización del residuo y requerimiento de área para disposición final del lodo; de igual forma logrando cumplir con la totalidad de nuestros objetivos con la tecnología aplicada. Los lodos constituyen una fuente de macro y micronutrientes y su aplicación en suelos resulta segura, siempre y cuando se dosifiquen y dispongan adecuadamente.

De acuerdo con la norma mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002; el humus obtenido puede ser clasificado o catalogado como Clase C desde el punto de vista de calidad fisicoquímica; sin embargo no sabemos si satisface los requerimientos microbiológicos descritos en la misma.

La mejor fuente de nitrógeno disponible para las plantas resulto ser la vermicomposta obtenida con el tratamiento numero 3, el cual esta compuesto por 60 % de lodo y un 40% de aserrín; al igual que para la fuente de carbono orgánico y fosforo total, haciendo este tratamiento como el más apto para su aplicación futura en la implementación de la tecnología usa.

XI. ANEXOS

Anexo 1. Norma oficial mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.

7. Características que definen a un residuo como peligroso

7.1 El residuo es peligroso si presenta al menos una de las siguientes características, bajo las condiciones señaladas en los numerales 7.2 a 7.7 de esta Norma Oficial Mexicana:

- Corrosividad
- Reactividad
- Explosividad
- Toxicidad Ambiental
- Inflamabilidad
- Biológico-Infeciosa

7.1.1 Las Toxicidades aguda y crónica quedan exceptuadas de los análisis a realizar para la determinación de la característica de Toxicidad Ambiental en los residuos establecida en el numeral 7.5 de esta Norma Oficial Mexicana.

7.2 Es **Corrosivo** cuando una muestra representativa presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

7.2.1 Es un líquido acuoso y presenta un pH menor o igual a 2,0 o mayor o igual a 12,5 de conformidad con el procedimiento que se establece en la Norma Mexicana correspondiente.

7.2.2 Es un sólido que cuando se mezcla con agua destilada presenta un pH menor o igual a 2,0 o mayor o igual a 12,5 según el procedimiento que se establece en la Norma Mexicana correspondiente.

7.2.3 Es un líquido no acuoso capaz de corroer el acero al carbón, tipo SAE 1020, a una velocidad de 6,35 milímetros o más por año a una temperatura de 328 K (55°C), según el procedimiento que se establece en la Norma Mexicana correspondiente.

7.3 Es **Reactivo** cuando una muestra representativa presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

7.3.1 Es un líquido o sólido que después de ponerse en contacto con el aire se inflama en un tiempo menor a cinco minutos sin que exista una fuente externa de ignición, según el procedimiento que se establece en la Norma Mexicana correspondiente.

7.3.2 Cuando se pone en contacto con agua reacciona espontáneamente y genera gases inflamables en una cantidad mayor de 1 litro por kilogramo del residuo por hora, según el procedimiento que se establece en la Norma Mexicana correspondiente.

7.3.3 Es un residuo que en contacto con el aire y sin una fuente de energía suplementaria genera calor, según el procedimiento que se establece en la Norma Mexicana correspondiente.

7.3.4 Posee en su constitución cianuros o sulfuros liberables, que cuando se expone a condiciones ácidas genera gases en cantidades mayores a 250 mg de ácido cianhídrico por kg de residuo o 500 mg de ácido sulfhídrico por kg de residuo, según el procedimiento que se establece en la Norma Mexicana correspondiente.

7.4 Es **Explosivo** cuando es capaz de producir una reacción o descomposición detonante o explosiva solo o en presencia de una fuente de energía o si es calentado bajo confinamiento. Esta característica no debe determinarse mediante análisis de laboratorio, por lo que la identificación de esta característica debe estar basada en el conocimiento del origen o composición del residuo.

7.5 Es **Tóxico Ambiental** cuando:

7.5.1 El extracto PECT, obtenido mediante el procedimiento establecido en la NOM-053-SEMARNAT-1993, contiene cualquiera de los constituyentes tóxicos listados en la Tabla 2 de esta Norma en una concentración mayor a los límites ahí señalados, la cual deberá obtenerse según los procedimientos que se establecen en las Normas Mexicanas correspondientes.

7.6 Es **Inflamable** cuando una muestra representativa presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

7.6.1 Es un líquido o una mezcla de líquidos que contienen sólidos en solución o suspensión que tiene un punto de inflamación inferior a 60,5°C, medido en copa cerrada, de conformidad con el procedimiento que se establece en la Norma Mexicana correspondiente, quedando excluidas las soluciones acuosas que contengan un porcentaje de alcohol, en volumen, menor a 24%.

7.6.2 No es líquido y es capaz de provocar fuego por fricción, absorción de humedad o cambios químicos espontáneos a 25°C, según el procedimiento que se establece en la Norma Mexicana correspondiente.

7.6.3 Es un gas que, a 20°C y una presión de 101,3 kPa, arde cuando se encuentra en una mezcla del 13% o menos por volumen de aire, o tiene un rango de inflamabilidad con aire de cuando menos 12% sin importar el límite inferior de inflamabilidad.

7.6.4 Es un gas oxidante que puede causar o contribuir más que el aire, a la combustión de otro material.

7.7 Es **Biológico-Infecioso** de conformidad con lo que se establece en la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002, referida en el punto 4 de esta Norma.

TABLA 1
CODIGOS DE PELIGROSIDAD DE LOS RESIDUOS (CPR)

Características	Código de Peligrosidad de los Residuos (CPR)
Corrosividad	C
Reactividad	R
Explosividad	E
Toxicidad	T
Ambiental	Te
Aguda	Th
Crónica	Tt
Inflamabilidad	I
Biológico-Infecioso	B

Cuando se trate de una mezcla de residuos peligrosos de los Listados 3 y 4 se identificarán con la característica del residuo de mayor volumen, agregándole al CPR la letra "M".

Anexo 2. Norma oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, Protección ambiental.- Lodos y biosólidos.-Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.

4.8 El aprovechamiento de los biosólidos, se establece en función del tipo y clase, como se especifica en la tabla 3 y su contenido de humedad hasta el 85%.

TABLA 3
APROVECHAMIENTO DE BIOSOLIDOS

TIPO	CLASE	APROVECHAMIENTO
EXCELENTE	A	<ul style="list-style-type: none"> • Usos urbanos con contacto público directo durante su aplicación • Los establecidos para clase B y C
EXCELENTE O BUENO	B	<ul style="list-style-type: none"> • Usos urbanos sin contacto público directo durante su aplicación • Los establecidos para clase C
EXCELENTE O BUENO	C	<ul style="list-style-type: none"> • Usos forestales • Mejoramientos de suelos • Usos agrícolas

Anexo 3. NMX-FF-109-SCFI-2007. Humus de lombriz (lombricomposta). Especificaciones y métodos de prueba

Métodos de prueba

Para verificar si un lote cumple con las especificaciones establecidas en esta Norma, las determinaciones correspondientes deben realizarse de acuerdo a los siguientes procedimientos:

8.1 Determinación del pH

La evaluación electrométrica del pH se basa en la determinación de la actividad del ion H⁺ mediante el uso de un electrodo cuya membrana es sensitiva al H⁺. En el humus de lombriz el pH se mide potenciométricamente en la suspensión acuosa de una mezcla de relación humus de lombriz: agua 1:5.

8.1.1 Reactivos

Los reactivos utilizados en esta determinación deben ser grado analítico y el agua utilizada debe de ser destilada o desionizada.

– Agua destilada

- Soluciones reguladoras de referencia, pH 4,00, 7,00 y 10,00, estas soluciones deben de estar a temperatura ambiente al momento de calibrar el medidor de pH.

8.1.2 Material y Equipo.

- Potenciómetro o medidor de pH equipado con electrodo de vidrio en combinación con el electrodo de referencia.
- Balanza con 0,01 g de sensibilidad
- Frascos de vidrio o plástico transparente de boca ancha con capacidad de 100 ml.
- Probeta de 50 ml.
- Agitador, puede ser varilla de vidrio o un equipo de agitar.
- Piseta.

8.1.3 Procedimiento.

8.1.3.1 Pesar 10,0 g, de muestra de humus de lombriz en frasco.

8.1.3.2 Adicionar 50 ml de agua al frasco donde se encuentra el humus de lombriz.

8.1.3.3 Agitar durante 20 minutos en agitador mecánico.

8.1.3.4 Calibrar el potenciómetro con las soluciones reguladoras, pH

4,00 – 7,00 o 7,00 – 10,00, 4,00 – 10,00, enjuagando con agua destilada los electrodos antes de iniciar las lecturas de las muestras.

8.1.3.5 Una vez transcurrido el tiempo de agitación se introduce el electrodo en la suspensión.

Determinación de humedad por el método gravimétrico

Material y equipo.

- Muestras de suelo.
- Balanza analítica.
- Espátula.
- Charolas o papel aluminio a peso constante.
- Estufa.

Procedimiento

1) Pesar 1 g de muestra sobre un papel o charola de aluminio a peso constante.

2) Colocar la muestra dentro de la estufa a 80°C de 12 a 24 horas.

3) Sacar la muestra de la estufa y colocarla dentro de un desecador para que se enfríe.

4) Pesar la muestra con todo y papel.

5) Calcular los porcentajes de humedad en el suelo por la diferencia de pesos.

% Humedad del suelo = (Peso inicial – Peso final)/ Peso inicial * 100

Anexo 4.



Anexo 5. Métodos usados para determinaciones de parametros fisicoquímicos.

La determinación de materia orgánica del suelo se evalúa a través del contenido de carbono orgánico con el método de Walkley y Black. Este método se basa en la oxidación del carbono orgánico del suelo por medio de una disolución de dicromato de potasio y el calor de reacción que se genera al mezclarla con ácido sulfúrico

concentrado. Después de un cierto tiempo de espera la mezcla se diluye, se adiciona ácido fosfórico para evitar interferencias de Fe^{3+} y el dicromato de potasio residual es valorado con sulfato ferroso. Con este procedimiento se detecta entre un 70 y 84% del carbón orgánico total por lo que es necesario introducir un factor de corrección, el cual puede variar entre suelo y suelo. En los suelos de México se recomienda utilizar el factor 1.298 (1/0.77).

Reactivos

Los reactivos que a continuación se mencionan deben ser grado analítico a menos que se indique otra cosa.

1. Dicromato de potasio 0.166 M o 1N.- Disolver 48.82 g de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ en agua destilada aforar a 1000 ml en un matraz volumétrico.
2. Acido sulfúrico concentrado (H_2SO_4).
3. Acido fosfórico concentrado (H_3PO_4).
4. Indicador de difenilamina. Disolver 0.5 g de difenilamina en 20 ml de agua y añadir 100 ml de ácido sulfúrico concentrado.
5. Sulfato ferroso 1.0 M (aproximadamente). Disolver 278 g de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ en agua a la que previamente se le añadieron 80 ml de H_2SO_4 concentrado, enfriar y diluir a un litro. Esta solución debe ser valorada con $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 1 N antes de realizar la determinación.

Material

Matraces Erlenmeyer de 500 ml.

Bureta para $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (50 ml).

Bureta para $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (50 ml).

Pipeta volumétrica (10 ml).

Probeta de vidrio (25 ml).

Cálculos

$$\% \text{ C Orgánico} = \left(\frac{\text{B} - \text{T}}{\text{g}} \right) (\text{N}) (0.39) \text{ m c f}$$

Donde:

B = Volumen de sulfato ferroso gastado para valorar el blanco de reactivos (ml).

T = Volumen de sulfato ferroso gastado para valorar la muestra (ml).

N = Normalidad exacta del sulfato ferroso (valorar por separado al momento de analizar las muestras).

Fósforo soluble

Material y equipo

- Muestra de suelo (1 g) seco y molido en un mortero.
- Vasos de precipitado.
- Pipetas de 1, 5 y 10 ml.
- Matraces aforados de 0.5 y 1 L.
- Espectrofotómetro visible.
- Probeta de 250 ml.
- Botellas de polipropileno 1 L.
- Tubos de ensayo de 10 ml.
- Tubos de plástico para centrifuga de 15 ml.
- Gradillas.
- Vórtex.
- Centrifuga.
- Matraz Erlenmeyer de 1 y 2 L.
- Frascos de vidrio ámbar con tapa esmerilada.
-

Nota: Para llevar a cabo esta determinación deberá utilizarse material de vidrio Pirex, y guardar el agua y los reactivos en frascos neutros o de Nalgene. El agua empleada deberá ser libre de fósforo, ya sea bidestilada o desmineralizada. Es recomendable vaciar el agua del garrafón a envases de Nalgene neutros. Previamente a la realización de esta técnica, todo el material que se utilice para preparar los reactivos y realizar los análisis deberá dejarse por lo menos cinco minutos en mezcla crómica y después enjuagar con agua bidestilada. No usar ningún tipo de detergente para el lavado del material de cristalería o bien utilizar jabón libre de fosfatos. En caso de usar este último ya no es necesario lavar el material con mezcla crómica.

Soluciones y reactivos

- 1) Mezcla crómica: Pesar 100 g de dicromato de potasio ($2\text{Cr}_2\text{O}_7$) y disolver en 1 L de agua destilada. Calentar hasta la completa disolución del reactivo. Dejar enfriar la solución y agregar gota a gota 100 ml de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4).
- 2) Solución madre de fluoruro de amonio (NH_4F) 1 N: Pesar 37 g de fluoruro de amonio, disolver en agua destilada y aforar a 1 L. Guardar en un recipiente de polipropileno.
- 3) Ácido clorhídrico (HCl) 0.5 N: Diluir 20.2 ml HCl concentrado hasta completar un volumen de 500 ml con agua destilada.
- 4) Solución extractora: Agregar 460 ml de agua destilada a 15 ml de solución madre de fluoruro de amonio y 25 ml de solución de ácido clorhídrico 0.5 N. Esto nos da una solución 0.03 N de fluoruro de amonio y 0.025 N de ácido clorhídrico. La solución final debe ser almacenada en un recipiente de polipropileno perfectamente tapado, de esta forma se conserva hasta un año.
- 5) Solución de ácido clorhídrico (HCl) 10 N: En un matraz aforado de 500 ml colocar 80 ml de agua destilada y adicionar lentamente y por las paredes del matraz 404 ml de ácido clorhídrico concentrado (HCl), al final completar un volumen de 500 ml con agua destilada.

- 6) Solución de molibdato de amonio-ácido clorhídrico: Pesar 15 g de molibdato de amonio tetrahidratado ((NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O) y disolver en 350 ml de agua destilada. Añadir lentamente y con agitación constante 300 ml de ácido clorhídrico 10 N. Enfriar a temperatura de laboratorio y aforar a 1 L con agua destilada. Mezclar bien y guardar en frasco ámbar con tapón esmerilado. Esta solución debe ser preparada cada dos meses.
- 7) Solución madre de cloruro estañoso: Pesar 5 g de cloruro estañoso dihidratado (SnCl₂·2H₂O) y disolver en 12.5 ml de ácido clorhídrico concentrado (HCl). Calentar a baño María hasta que se disuelva bien. Guardar en el refrigerador en frasco ámbar con tapón esmerilado, pues de esta forma se conserva seis semanas máximo.
- 8) Solución de cloruro estañoso diluida: Agregar 33 ml de agua destilada a 0.1 ml de solución madre de cloruro estañoso o 0.3 por 99 ml de agua. Esta solución debe ser preparada cuatro horas antes de su uso.
- 9) Solución tipo de fosfato (100 mg/ml): Pesar 0.4389 g de fosfato de potasio monobásico (KH₂PO₄), disolver en agua destilada y aforar a 1 L. Un mililitro de esta solución contiene 100 ppm de fósforo.
- 10) Agua bidestilada o desmineralizada.

Procedimiento

- 1) Pesar 1 g de suelo previamente seco y molido, y colocarlo en un tubo para centrífuga de 15 ml.
- 2) Agregar 7 ml de solución extractora, agitar con vórtex de tal manera que se mezcle bien el suelo y la solución extractora.
- 3) Centrifugar las muestras durante 10 minutos a 6 000 rpm.
- 4) Del sobrenadante tomar 1 ml y colocarlo en un tubo de vidrio, agregar 6 ml de agua destilada y 2 ml de la solución de molibdato y mezclar bien.
- 5) Agregar 1 ml de solución de cloruro estañoso diluido (que debe prepararse al momento) y nuevamente mezclar.
- 6) Pasados 10 minutos leer la absorbancia en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 640 nm. Todas las lecturas deberán terminarse antes de 20 minutos.

Nota: En caso de que las muestras tengan un alto contenido de fósforo deben hacerse las diluciones apropiadas con el extracto (sobrenadante), de tal manera que los valores de absorbancia estén dentro de la curva de calibración. O bien se puede iniciar la extracción con 0.5 g de suelo.

- 7) Cada vez que se lea un lote de muestras realizar un blanco de la siguiente manera: Poner 1 ml de H₂O destilada y 1 ml de solución extractora, agregar 5 ml de agua destilada y 2 ml de solución de molibdato de amonio, mezclar bien y agregar 1 ml de la solución de cloruro estañoso, finalmente mezclar otra vez.
- 8) Para construir la curva patrón hacer las diluciones correspondientes de la solución tipo de fosfato, llevando el volumen a 100 ml, y considerar las proporciones de la tabla 4.7.
Curva patrón. Colocar 1 ml de cada una de las diluciones (ppm) de la solución tipo de fosfato en los tubos. Agregar 1 ml de la solución extractora, 5 ml de agua destilada y 2 ml de solución de molibdato de amonio. Posteriormente 1 ml de solución de cloruro estañoso diluido y mezclar bien.
Finalmente hacer las lecturas y terminarlas antes de 20 minutos.

Método para la determinación de nitrógeno total del suelo. El nitrógeno total se determina frecuentemente en los análisis de rutina, sin embargo, es escasa su utilidad como indicador de la disponibilidad del nitrógeno en el suelo para las plantas, debido a que la mayor parte del nitrógeno se encuentra en forma orgánica con muy bajas tasas de mineralización. Se referencia como índice de las reservas orgánicas, en la estratificación de sistemas productivos y en los balances en el suelo.

Reactivos

1. Acido sulfúrico concentrado.
2. Solución de ácido bórico con indicador. Colocar 80 g de ácido bórico (H_3BO_3) en un frasco de cinco litros de capacidad en el cual se ha marcado el nivel de 4 litros, adicionar 3.8 litros de agua destilada, calentar y agitar hasta la completa disolución de ácido. Enfriar la solución y agregar 80 ml de la siguiente mezcla de indicadores: 0.099 g de verde de bromocresol y 0.066 g de rojo de metilo disueltos en 100 ml de alcohol etílico 95%.

El pH de la mezcla de H_3BO_3 -indicador debe ser aproximadamente 5.0. Si fuese más ácido agregar cuidadosamente gotas de NaOH 0.1 N hasta que la solución adquiera una coloración purpúrea rojiza o se alcance el pH indicado. Completar a 4 litros con agua destilada y mezclar vigorosamente.

3. Mezcla de catalizadores- K_2SO_4 . Mezclar perfectamente 1 kg de K_2SO_4 , 100 g de $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ y 10 g de Selenio metálico. La mezcla debe homogeneizarse completamente para evitar agregación de las partículas de los componentes.
4. Hidróxido de sodio 10 N. Colocar 4.0 Kg de NaOH en un botellón de vidrio Pyrex de pared gruesa de aproximadamente 10 litros de capacidad. Adicionar 4 litros de agua destilada y rotar el botellón hasta que el hidróxido se disuelva. Dejar que la solución se enfríe en el depósito al cual se debe proveer de una tapa para evitar la absorción de CO_2 ambiental. Dejar decantar durante la noche, o más si es necesario, y sifonar el sobrenadante a otro botellón marcado a 10 litros que contiene 1.5 litros de agua destilada libre de CO_2 (hervida). Completar al volumen indicado con agua de igual calidad y agitar vigorosamente. El hidróxido de sodio debe protegerse de CO_2 atmosférico utilizando un filtro de ascarita o cualquier otro.

Acido sulfúrico 0.01 N. Diluir 1 litro de ácido sulfúrico 0.05 N (1.4 ml por litro) a 5 litros con agua destilada. Estandarizar con Na_2CO_3 seco. Pesar 0.250 g de sal y disolver en un matraz de 50 ml. Llevar a volumen. Titular 3 alícuotas de esta solución de 10 ml cada una, usando 5 o 6 gotas de anaranjado de metilo como indicador. Calcular la normalidad mediante la fórmula siguiente:

$$\text{Normalidad } (H_2SO_4) = (0.025 \text{ g/53}) \times (1/V H_2SO_4).$$

V = Volúmenes de ácido sulfúrico gastado en la titulación, expresado en litros.

Material y equipo

1. Balanza analítica.
2. Matraces semi-micro Kjeldahl de 50 ml.
3. Aparato de digestión semi-micro Kjeldahl.
4. Destilador con arrastre de vapor.
5. Matraces Erlenmeyer de 125 ml.

Procedimiento

1. Colocar una muestra de suelo previamente tamizada a través de malla 60 y que contenga aproximadamente 1 mg de N en un frasco micro-Kjeldahl seco (1, 0.5, y 0.25 g de muestra para suelos con 2, 4 y 8% de materia orgánica, respectivamente).
2. Adicionar 1.1 g de mezcla de catalizadores K_2SO_4 , 3 ml de ácido sulfúrico concentrado calentar en la unidad digestora a temperatura media alta hasta que el digestado se torne claro.
3. Ebullición la muestra por 1 hr a partir del momento en que se torne claro. La temperatura en esta fase debe regularse de modo que los vapores de ácido sulfúrico se condensen en el tercio inferior del cuello del tubo de digestión.
4. Una vez completada esta fase, dejar enfriar el frasco y agregar suficiente agua para colocar en suspensión, mediante agitación, el digestado (15 a 20 ml son generalmente suficientes).
5. Dejar decantar las partículas de sílice evitando la precipitación de cristales de sulfato de amonio.
6. Transferir el contenido líquido a la cámara de destilación del aparato, lavando el matraz de digestión con pequeñas porciones de agua.
7. Colocar en el tubo de salida del aparato de digestión un matraz Erlenmeyer de 125 ml conteniendo 10 ml de la solución H_3BO_3 + indicadores.
8. Adicionar cuidadosamente 10 ml de NaOH 10 N de modo que la sosa se deposite en el fondo de la cámara de destilación.
9. Conectar el flujo de vapor e iniciar la destilación. Destilar hasta que el volumen alcance la marca de los 75 ml en el frasco Erlenmeyer.
10. Determinar el nitrógeno amoniacal presente en el destilado titulando con el ácido sulfúrico 0.01 N. Debe usarse una microbureta de 10 ml con graduaciones de 0.01 ml. El cambio de color de la mezcla de indicadores en el punto final de la titulación, es de verde a rosado fuerte. Se preparan blancos siguiendo exactamente el mismo procedimiento que en las muestras.

Cálculos

$$\% N \text{ total} = (V_m - V_b) \times N \times 14 / p \times 10$$

Donde:

V_m = Volumen de ácido sulfúrico empleado en titular la muestra

V_b = Volumen de ácido sulfúrico empleado en titular blanco

N = Normalidad exacta del ácido sulfúrico

14 = Peso equivalente del nitrógeno

10 = Factor de conversión a porcentaje

P = Peso de la muestra de suelo en g.

La humedad del suelo se calcula por la diferencia de peso entre una misma muestra húmeda, y después de haberse secado en la estufa hasta obtener un peso constante.

Material y equipo

- Muestras de suelo.
- Balanza analítica.
- Espátula.
- Charolas o papel aluminio a peso constante.
- Estufa.
-

Procedimiento

- 1) Pesar 1 g de muestra sobre un papel o charola de aluminio a peso constante.
- 2) Colocar la muestra dentro de la estufa a 80°C de 12 a 24 horas.
- 3) Sacar la muestra de la estufa y colocarla dentro de un desecador para que se enfríe.
- 4) Pesar la muestra con todo y papel.
- 5) Calcular los porcentajes de humedad en el suelo por la diferencia de pesos.

$$\% \text{ Humedad del suelo} = (\text{Peso inicial} - \text{Peso final}) / \text{Peso inicial} * 100$$

Para la determinación del pH se utiliza el método potenciométrico.


Material y equipo

- Muestra de suelo.
- Balanza analítica.
- Vasos de precipitado de 25 ml.
- Pipeta de 10 ml.
- Piceta con agua destilada.
- Potenciómetro.
- Agua destilada.
- Solución amortiguadora de pH 7 y 4.
- Agitadores magnéticos.


Procedimiento

- 1) Pesar 1 g de suelo y colocarlo en un vaso de precipitado de 25 ml.
- 2) Agregar 10 ml de agua destilada.
- 3) Agitar y dejar reposar 10 minutos.
- 4) Ajustar el potenciómetro con las soluciones amortiguadoras.
- 5) Pasados los 10 minutos, medir el pH con el potenciómetro.

Anexo 6. Resultados de pruebas realizadas en ECOSUR



EL COLEGIO DE LA FRONTERA SUR
LABORATORIOS INSTITUCIONALES
 Laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas



REPORTE DE SERVICIO
DATOS DEL CLIENTE

Nombre: Mayra Yaneth Monterrosa Gascaño
 Institución: ITTO
 Dirección: Carrera Panamericana km 1000
 Local: Ledón Huasteca
 Fecha de recepción de muestras: 19 de noviembre de 2013
 Teléfono: 9612730037
 Correo electrónico: ce@itto.net.gt

Por este medio se entregó los resultados de los análisis descriptivos a continuación de:

NOTA 1: El o los resultados que se emitan en este reporte son propiedad del solicitante y solo corresponden únicamente a la(s) muestra(s) recibida(s) en el laboratorio de suelos y plantas.

NOTA 2: Queda prohibida la reproducción parcial o total de este informe, en caso de requerirlo solicítelo al LSP.

NOTA 3: Método de referencia para Determinar Materia orgánica ET-GP02, modificado en el LSP y validado de manera total

*NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-071-SECT/2005, QUE ESTABLECE LAS ESPECIFICACIONES DE FERTILIDAD, BALANCEO Y CLASIFICACIÓN DE SUELOS, ESTUDIO MUESTREO Y ANÁLISIS REAL, DECRETO 1113/2004, DE 12 DE JULIO, POR EL QUE SE APRUEBAN LOS MÉTODOS OFICIALES DE ANÁLISIS DE PRODUCTOS ORGANICOS FERTILIZANTES, MANEJO DE MÉTODOS PARA ANÁLISIS DE SUELO, PLANTAS, AGUAS Y RESULTADOS, ANÁLISIS DESCRITIVOS EN LA PRÁCTICA DE LOS SUELOS, LABORATORIO DE IDENTIFICACIÓN DE SEMENOS AGRICOLAS, NÚM. OF. 03-8071/2007, HOMOLOGACIÓN DE MÉTODOS Y ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRÁCTICA.

FOLIO	
R	52 13
FECHA	
29	11 2013

ATENTAMENTE

Miguel A. Ramírez

RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE SUELOS Y PLANTAS

SOLICITANTE

Mayra Yaneth Monterrosa Gascaño
NOMBRE Y FIRMA DEL SOLICITANTE

San Cristóbal - Tapachula - Chiapas
 Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n, San Cristóbal de las Casas, Chiapas
 Tel. (91 967) 674 6006, Ext. 1001 Fax (907) 673 2322
malopez@ecosur.mx plantas@ecosur.mx ecosur.com.gt

CUADRO DE RESULTADOS

RESUMEN DE RESULTADOS

Nº. de Lab.	Clima	Fertilero total	Fósforo total	Carbono orgánico	Materia orgánica total
1004 13	Soluble	205.26	0.009	30.09	3.26
1005 13	Bolas de plástico	101.23	0.010	16.83	0.96

EL COLEGIO DE LA FRONTERA SUR
LABORATORIOS INSTITUCIONALES
 Laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas


XII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS


1. Acevedo, I. C. & R. Pire. 2004. Effects of vermicompost as substrate amendment on the growth of papaya (*Caricacapaya* L.). *Interciencia*. 29(5): 274–279. [[Links](#)]
2. Albuzio, A., G. Concheri, S. Nardi & G. Dell'Agnola. 1994. Effect of humic fractions of different molecular size on the development of oat seedlings grown in varied nutritional conditions. Pp. 199-204. In: N. Senesi and T. M. Mianom (Eds.). *Humic substances in the global environment and implications on human health*. Elsevier Science, Amsterdam. [[Links](#)]
3. Arancon, N. Q., C. A. Edwards, P. Bierman, C. Welch, & J. D. Metzger. 2004b. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. effects on growth and yields. *Bioresource Technology*. 93: 145–153. [[Links](#)]
4. Argüello, J. A., A. Ledesma, S. B. Núñez, C. H. Rodríguez & M D. C. Díaz Goldfarb. 2006. Vermicompost effects on bulbing dynamics nonstructural carbohydrate content, yield, and quality of 'Rosado Paraguayo' garlic. *Atiyeh, R. M., S. Subler, C. A. Edwards, G. Bachman, J. D. Metzger & W. Shuster. 2000a. Effects of vermicomposts and compost on plant growth in horticultural container media and soil. Pedobiologia. 44: 579–590. [[Links](#)]*
5. Bouwman H. y Reinecke A. J. (1991). A defined medium for the study of growth and reproduction of the earthworm *Eisenia Foetida*. *Biol. Fertil. Soils* 10, 285-289.
6. Corlay Ch. L., Ferrera C. R., Etcheves B. J. D., Echegaray A. A., y Santizo R. J. A. 1999. Cinética de grupos microbianos en el proceso de producción de composta y vermicomposta. *Agrociencia* 33: 375-380.
7. Guadarrama R. O. y Taboada S. M. 2004. *La Lombricultura, una Propuesta al Medio Rural*. Memorias del Primer Congreso Internacional de Lombricultura y Abonos Orgánicos. Guadalajara, Jal. Méx.
8. <http://200.77.231.100/work/normas/nmx/2007/nmx-ff-109-scfi-2008.pdf>
9. http://mie.esab.upc.es/ms/recerca_experimentacio/articles_ESAB/Compostaje%20lodos.pdf
10. <http://siscop.inecc.gob.mx/descargas/legislacion/052semarnat2006>

11. <http://www.estrucplan.com.ar/Articulos/imprimirss.asp?IDArticulo=563>
12. <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Publicaciones/CDs2006/CDAmbiente/pdf/NOM52.pdf>
13. <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3335/1/nom-021-semarnat-2000.pdf>
14. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37000205>
15. La Contaminación Ambiental en México, Jiménez Cisneros Blanca Elena, México: Limusa Noriega Editores, 2001, Pág. 284
16. Martínez C.C. 2003. Abonos Orgánicos: Origen, Usos y Aplicación. Secretaría de Desarrollo Social del Gobierno del Estado de Chiapas. Dirección de Promoción Social. Chiapas, México.

XIII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD	Cronograma de actividades Agosto-Diciembre 2013																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Revisión bibliográfica	P																	
Colecta de lodo crudo	R																	
Caracterización fisicoquímica del lodo crudo	P																	
	R																	
Armado de cajas para vermicomposta	P																	
	R																	
Realización de composta	P																	
	R																	
Inicio de vermicomposta	P																	
	R																	
Caracterización de parametros	P	Parametros fisicoquímico del proceso (pH, humedad, temperatura)																
	R	Parametros fisicoquímico del proceso (pH, humedad, temperatura)																
Obtención de resultados	P																	
	R																	
OBSERVACIONES		Septiembre 22-4				Octubre 5-31					Noviembre 01-05				Diciembre 05-10			

 **Días posibles de terminación de actividad**

 **Días de actividad terminada**