

Aprovechamiento de lodos residuales para la elaboración de Biocompost.

Claudia del S López Calero, Yolanda P Herrera González

(lopezclaudia059@gmail.com, patriciaherrera602@gmail.com)

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua/Facultad Regional Multidisciplinaria.

Seminario de Graduación. M.Sc. Kenny López Benavidez, M.Sc. Edgardo Javier palacios.

RESUMEN

El presente estudio consistió en evaluar el potencial aprovechable de los lodos residuales a partir de sus características físicas, químicas y biológicas para la elaboración de Biocompost, el estudio se llevó a cabo en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Estelí, el montaje experimental se instaló en la Estación Experimental “El Limón”, donde se instaló un diseño de bloques completos al azar usando como materia prima lodo residual más cinco tipos de sustratos como alimento (Estiércol Bovino, Desperdicios de Frutas (Papaya, Sandía), Estiércol Ovino, Pasto Forrajero, la Combinación de los antes mencionados, utilizando la lombriz *Eisenia foetida* (Roja Californiana).

A través de los resultados de laboratorio y campo se obtuvo que los lodos residuales son altamente aprovechables por el alto porcentaje de materia orgánica que contienen que además de ser materia prima sirve como alimento para las lombrices, teniendo como resultado que el mejor alimento es el Estiércol bovino esto debido a las propiedades de dicho sustrato.

Palabras claves: Lodo residual, Lombricompost, *Eisenia foetida*.

INTRODUCCIÓN

El sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR) de la ciudad de Estelí, produce 8 m³ de lodos primarios por semana y es dispuesto sin tratamiento en un lecho de secado y deshidratados a orillas de la planta durante un periodo indefinido, seguido de este proceso son recolectados y trasladados fuera de las pilas a un predio baldío, introduciéndole cal, de esta manera van perdiendo el potencial de aprovechamiento.

Debido a la crisis ambiental que enfrentan actualmente Nicaragua y el mundo, es de gran importancia ir en la búsqueda de alternativas para el tratamiento y disposición final de los lodos generados por los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales.

Es por ello que proponemos un aprovechamiento de los lodos residuales para que de esta manera los lodos residuales sean transformados a vermicomposta o lombricompostaje que ayudara a los agricultores locales a usarlo como abono para sus plantas y de esta manera ayudar al medio ambiente.

El composteo es un proceso biológico aerobio de oxidación de materia orgánica, realizada por una sucesión dinámica de microorganismos de cuya actividad se genera calor que hace que la temperatura ascienda por arriba de los 50 °C durante varios días consecutivos. Esto destruye a los patógenos y da origen a un producto estable e inocuo, de color marrón oscuro, inodoro o con olor a humus, llamado composta, usada para mejorar la calidad del suelo agrícola (Villamizar, 2004).

En Nicaragua no existe ninguna norma obligatoria que rija el tratamiento de los lodos provenientes STAR, por lo que se acudirá a normativas extranjeras principalmente la de México (NOM-004), que rige el tratamiento de estos lodos; hay que destacar que estas normativas utilizadas presentan parámetros que varían de acuerdo al clima, temperatura y la zona donde se ubica el STAR (Villamizar, 2004).

Es muy importante tomar en cuenta que Estelí es uno de los departamentos el cual se practican las actividades agrícolas y ganadera teniendo en cuenta la tarea de mejorar la producción agropecuaria elaborando abonos orgánicos provenientes de los sólidos producido por el STAR.

La agricultura entra en el siglo XXI, cargada de problemas nuevos, incógnitas que no sabemos si vamos a ser capaces de resolver, los cambios socioeconómicos del presente siglo han llevado a una progresiva intensificación de la producción agraria. Los elevados consumos de agua, la fuerte mecanización y la utilización de productos químicos, constituye elemento característico de esta nueva agricultura llamada industrial o química. (Olalla, 2000)

MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto de investigación se desarrolló en el marco del convenio de colaboración interinstitucional entre la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua / FAREM-Estelí) y el Centro para la Investigación de Recursos Acuáticos UNAN-CIRA.

En la recopilación de información se consultaron fuentes relacionadas al objeto de estudio tales como: Tesis Monográficas en la web referente al tema de interés, estudios realizados en otros países. Estas fuentes permitieron la familiarización y el conocimiento sobre el estudio (tema).

Se realizó la instalación del bloque para el proceso de experimentación, posteriormente se recolecto el material de estudio (lodo residual) y se procedió a la toma de muestras para los análisis de laboratorio y el monitoreo de campo durante un periodo establecido de tres meses.

Los análisis de Materia Orgánica, huevos de Helminto, Coliformes Termotolerantes, Fosforo Total y Nitrógeno Total se realizaron en el Centro de Investigación para los Recursos Acuáticos (CIRA)

El análisis estadístico se realizó con el modelo de Kruskal-Wallis (Kruskal & Wallis, 1952), el cual consiste en coleccionar datos en base a un diseño completamente aleatorio con más de 2 muestras ($k > 2$), sería posible probar la diferencia entre los grupos, de forma no-paramétrica. Para esto, se usa el modelo de Kruskal-Wallis (Kruskal & Wallis, 1952), frecuentemente, denominado como análisis de varianza por rangos.

La medición de pH se hizo con lectura directa utilizando un Higrómetro portátil (pH- metro para suelos) dicho aparato se ha desarrollado con el fin de determinar de forma directa el valor pH del suelo.

La temperatura se tomó de forma directa con un termómetro de campo. La toma de temperatura se realizó tres veces por semana en un periodo total de tres meses.

La oxigenación y volteo se realizó semanalmente teniendo en cuenta una adecuada distribución de tareas y tiempos.

La alimentación se hizo cada 15 días por un periodo de tres meses. El alimento se ubicó en capas sucesivas de 5 a 10 cm de espesor.

El riego se realizó de manera directa, con manguera o regadera una vez por semana.

Una vez separada la lombriz del abono, por medio del zarandeo o separación manual, se procedió a extender el abono en un lugar abierto para su debido secado, el abono no debe quedar del todo seco, se debe conservar como mínimo un 30% de humedad por un periodo de 8 días aproximadamente un lapso de tres meses, para llevar un buen control del agua esparcida.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características Físicas, Químicas y Biológicas de lodos residuales

Dinámica del comportamiento de la materia orgánica

El comportamiento del porcentaje de materia orgánica (MO) en los cinco sustratos (estiércol bovino, estiércol ovino, desperdicio de frutas (sandía, papaya), pasto forrajero y la combinación de los antes mencionados), donde en el primer mes presentaron un incremento de 13,40% debido a que era lodo residual puro (sin sustrato), en el segundo y tercer mes ya incorporados los sustratos y el microorganismo reflejó una disminución del 13,31 %.

En el mes de abril se obtuvo un valor inicial de 13,40%, disminuyendo el valor de esta variable en los dos últimos meses con un porcentaje final del 13,31% en el experimento. (Ver tabla 1)

Dinámica del comportamiento del Nitrógeno total

La dinámica del nitrógeno total, se observa que en el primer mes de análisis presentó un mayor porcentaje (2,456%), una vez depositada la lombriz y los sustratos descendió a un valor de (1,820%), en el último mes incrementó (1,960%).

Según Hernández (2009), El nitrógeno total (NT) puede incrementar en la etapa final del composteo por efecto de la pérdida de materia orgánica o disminuir N-NH₃, por el lavado de sustratos durante el proceso.

De acuerdo con la literatura el vermicomposta tiene un marcado efecto sobre la transformación del N en los materiales iniciales. La mineralización del nitrógeno es mayor en presencia de lombrices, lo que sugiere que esta produce condiciones que favorecen la nitrificación, excretando también una cantidad importante en forma de amonio y mucoproteínas. (Ver tabla 1)

En el mes de abril se obtuvo un valor inicial de 2,456, disminuyendo con un valor de 1,820 esta variable en el último mes incremento con un valor de 1,960. (Ver tabla1)

Dinámica del comportamiento del Fósforo Total

El fósforo en el experimento presento una tendencia a incrementarse en el primer mes obtuvimos un valor de 0,095, en el segundo mes se muestra cómo va incrementando su valor 2: 0,175, mientras que en el tercer mes aumento más que el anterior mes 3: 2,688.

Según Pérez Láinez En estudios realizados mencionan que el aumento de fosforo durante el proceso de compostaje es resultado del efecto de la concentración causada por la degradación.

Dinámica del comportamiento de Coliformes termo tolerantes (Coliformes fecales)

Durante los tres meses de análisis el abono presento un incremento de Coliformes fecales.

Según Alma Delia los Coliformes son organismos mesofílicos cuyo crecimiento optimo se encuentra entre una Temperatura de 25 y 40 °C, En las condiciones mínimas de nutrientes, humedad, temperatura y pH pueden multiplicarse cada 20 minutos además se ha documentado que al estar expuestos en temperaturas de 55 °C mueren. (Ver tabla 1)

Tabla1. Resultados microbiológico y químico de las características de lodos residuales

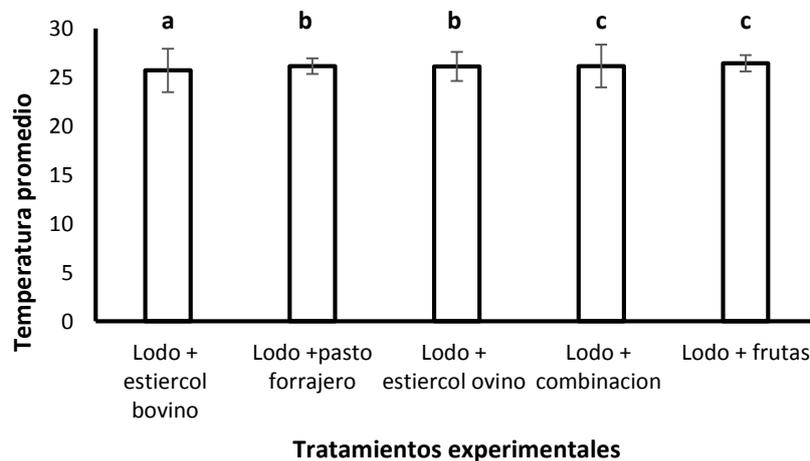
RESULTADOS ANALITICOS QUIMICOS Y MICROBIOLOGICO						
MESES	FECHA	PARAMETROS	METODO	LIMITE DE DETECCION	RESULTADOS	UNIDADES
ABRIL	25/04/2017	Materia Orgánica total	Materia Orgánica Oxidable	0,1-13,13	13,40	%
		Nitrógeno Kjeldhal	Kjeldhal	0,028	2.456	%
		Fosforo Total	Ácido ascórbico	0,01	0,095	mg.g
		Coliformes Termo tolerantes	1680	<0.1803	1,00E+00	NMP\g(peso seco)
		Huevos de Helmintos	NOM-004-SEMARNAT2002		AND	H\2gST
MAYO	24/05/2017	Materia Orgánica total	Materia Orgánica Oxidable	0,1-13,13	13,31	%

		Nitrógeno Kjeldhal	Kjeldhal	0,028	1.820	%
		Fosforo Total	Ácido ascórbico	0,01	0,175	mg.g
		Coliformes Termo tolerantes	1680	<0.1803	1,34E+05	NMP\g(peso seco)
		Huevos de Helmintos	NOM-004-SEMARNAT2002		AND	H\2gST
JUNIO	26/06/2017	Materia Orgánica total	Materia Orgánica Oxidable	0,1-13,13	13,31	%
		Nitrógeno Kjeldhal	Kjeldhal	0,028	1.960	%
		Fosforo Total	Ácido ascórbico	0,01	2.688	mg.g
		Coliformes Termo tolerantes	1680	<0.1803	1,20E+04	NMP\g(peso seco)
		Huevos de Helmintos	NOM-004-SEMARNAT2002		AND	H\2gST

Dinámica del comportamiento de la Temperatura promedio

La temperatura ideal, estaría alrededor de los 25 °C este valor puede variar dependiendo si hay variaciones en las estaciones y del tipo de clima (seco o húmedo) de la zona donde se practique el vermicomposta.

De acuerdo a (Hernandez, 2009) En época de temperatura elevada (38°C) se controlan periódicamente por aspersiones de agua a fin de asegurar que la temperatura no fuera el adecuado para un buen desarrollo de la lombriz debido a que los valores deseables para la Eisenia foetida oscilan entre los 19 y 30 °C (temperaturas superiores a este valor afectan la dinámica poblacional de esta especie).



Grafica No. 1. Temperatura promedio de los tratamientos experimentales

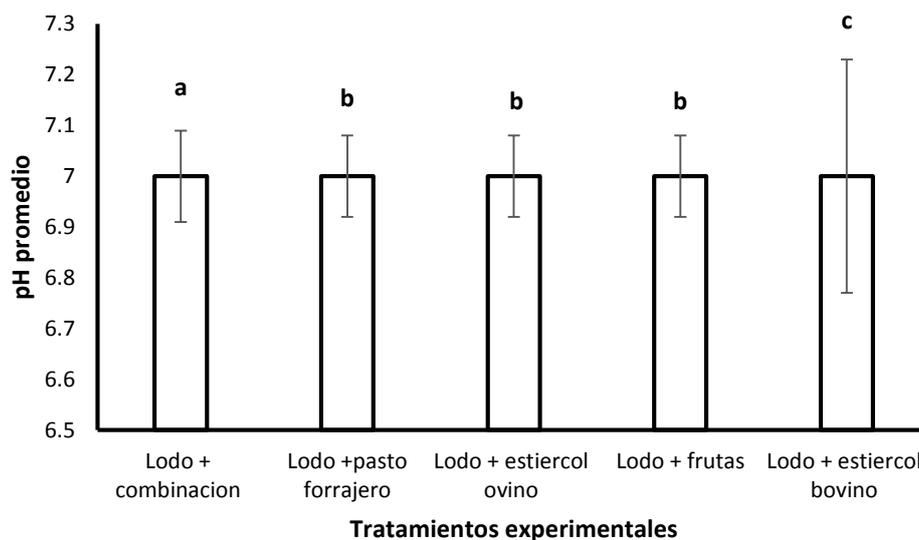
Dinámica del comportamiento de pH promedio

Referente a las condiciones óptimas de un lombricultivo, indica que el pH recomendado es de 7,0 ya que las lombrices pueden llegar a soportar pH ácidos hasta de 5,5 y alcalinos de 8,5, arriesgando de esta manera la productividad de lombriz.

Según (Vera Ana) En el lombricompostaje, las lombrices llevan a cabo un proceso fisiológico de digestión de los residuos orgánicos, sin dejar fuera la participación de los microorganismos. De esta manera la materia orgánica contenida en los lodos residuales es fragmentada, descompuesta y estabilizada.

De acuerdo con nuestros resultados obtenidos durante el proceso de experimentación nos encontramos con un pH totalmente neutro esto debido según la literatura a la actividad de la lombriz ya que esta estabiliza a neutro los valores de pH, así mismo airea el sustrato y favorece la proliferación de una importante población microbiana.

En nuestros resultados obtenidos en el tratamiento experimental, la temperatura promedio se encuentra entre los valores establecidos para el composteo donde se obtuvo un valor promedio de 25 °C durante el proceso de compostaje, obtuvimos una desviación estándar significativa tomando en cuenta las temperaturas del área de estudio oscilan 22,3°C (16 - 33°C) y el control de la humedad.



Grafica No. 2. pH promedio de los tratamientos experimentales

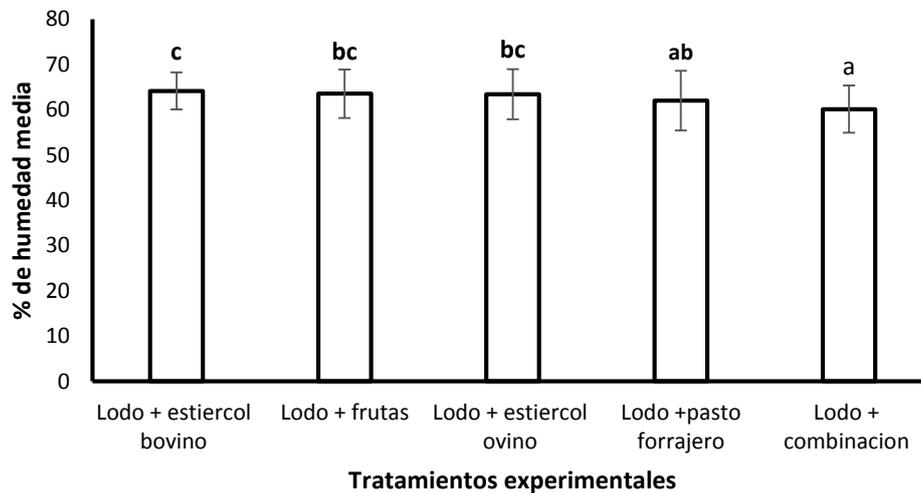
Dinámica del comportamiento del % de Humedad media

La humedad media es un factor de gran importancia, la cual esta afecta directamente la tasa de crecimiento de las lombrices. Según (Ivaro Chavez Porras, 2014), estos organismos toleran un rango entre 50-90% para los distintos tipos de sustrato, el rango óptimo para la reproducción de la lombriz roja californiana ve de 75-90%, en términos generales.

Una humedad de alrededor del 70% es la ideal en la elaboración de lombricompostaje. Arriba de este rango, se considera una humedad excesiva que resulta en el desarrollo de condiciones anaeróbicas. Si la humedad no es adecuada puede dar lugar a la muerte de la lombriz ya que un déficit de humedad origina una oxigenación deficiente. Las lombrices toman el alimento

succionando, por tanto, la existencia de humedad les facilita dicha operación. (Trejos & Agudelo, 2012).

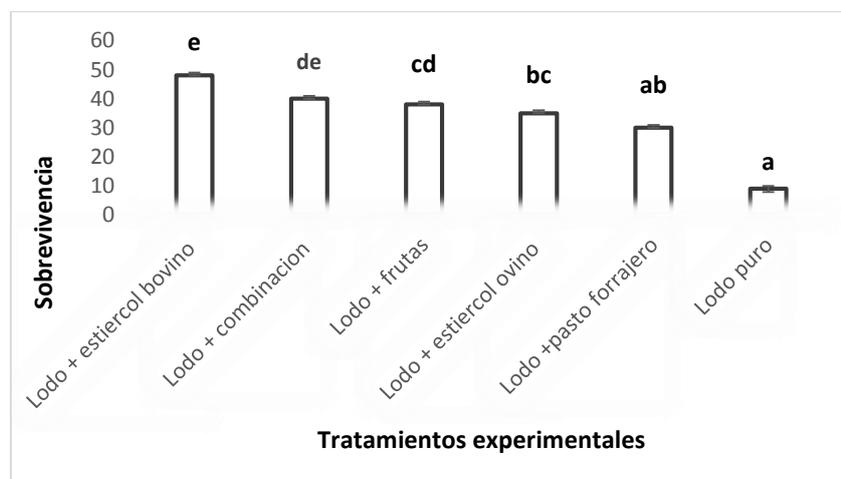
De acuerdo a la literatura consultada y el análisis estadístico de nuestro resultado en el tratamiento experimental nos encontramos en un rango óptimo con un valor promedio de 65 % de humedad media, lo cual es un valor adecuado para la sobrevivencia y reproducción de la lombriz.



Grafica No. 3. Porcentaje de humedad media de los tratamientos experimentales

Dinámica de la sobrevivencia de la lombriz Roja Californiana

Se puede observar en los tratamientos experimentales, que tuvimos una variación en la sobrevivencia con una cantidad adecuada, en el tratamiento de lodo puro obtuvimos un 9% de lombrices que sobrevivieron al lodo puro sin sustrato, en el lodo + pasto forrajero con un 30%, el lodo + estiércol ovino obtuvimos un 35% de lombrices que sobrevivieron, lodo + frutas con el 38% de sobrevivencia y el lodo + estiércol bovino obtuvimos un 40% de sobrevivencia el cual es la cantidad adecuada para el vermicomposta.



Grafica No. 4. Sobrevivencia de la Lombriz Eisenia foetida en los tratamientos experimentales

Efecto de la combinación del lodo residual con cinco sustratos en la sobrevivencia de la *Eisenia foetida* Savigny (lombriz roja californiana).

Lodo residual más estiércol bovino

Según (Macz de la cruz, 2013) Es aceptable para utilizarlo como alimento durante la producción. Es de óptimas condiciones y el más abundante en zonas ganaderas. Este estiércol presenta una condición de fácil manejo, debido a su menor compactación y acidificación. Contiene enzimas que ayudan a facilitar la acción bacteriana al pasar por el tracto digestivo de la lombriz. El contenido de nitrógeno depende del tipo de alimentación suministrado a los animales, ya sea forrajes, mezcla con leguminosas o con complemento a base de concentrados.

Se requiere de un período previo de maduración mínimo entre 15-20 días dependiendo de las condiciones climáticas del lugar, en especial de la temperatura, antes de su uso como alimento para la lombriz. En climas con estaciones secas calurosas el estiércol sufre una deshidratación importante que paraliza su maduración, facilita el manejo y transporte, pero requiere de una profunda rehidratación para su empleo en el compostaje.

Este puede ser usado sin necesidad de ser mezclado. Debido a su alto contenido de celulosa es también utilizable como sustrato inicial y como alimento durante la producción y reproducción. Este es el sustrato que más se utiliza y en el que predominan innumerables estudios relacionados a la fermentación y estabilización rápida. Como también por su alto contenido nutricional.

Estiércol ovino

Es un producto bastante bueno, pero difícil de encontrar. Por sus características de consistencia y compactación, debe ser regado y mezclado a fondo con otros materiales, es conveniente esperar de 3-4 meses para que llegue a su perfecta maduración.

Los resultados obtenidos en el periodo de experimentación fueron insatisfactorios debido que no se le dio al sustrato el tiempo establecido para su maduración. Dando de esta manera una larga adaptación a la lombriz debido a que el lodo residual estaba en perfecta condición de estabilización.

Lodo residual más desperdicios de frutas (sandía, papaya)

Todos aquellos materiales que se obtiene de la cocina como alimento, cascara, pulpas de frutas, y otros constituyen un buen alimento para las lombrices. Estos tienen que alcanzar un apropiado grado de putrefacción y de marchitez, habiendo superado ya la fase de fermentación, caracterizada por la producción de calor y gas metanol que podría causar graves daños a la misma.

Debido a las condiciones en las que se debe encontrar dicho sustrato y analizando nuestros resultados y la observación del experimento nos encontramos que debido a que los desperdicios de frutas no se encontraba en su total fermentación, se fue un poco más difícil a las lombrices su adaptación y succión del alimento, por lo contrario se hizo un poco más satisfactorio la adaptación de las lombrices debido a que el lodo residual si estaba en sus

óptimas condiciones y por ende contenía un alto porcentaje de materia orgánica de la cual también es alimento para las lombrices.

Lodo residual más pasto forrajero

Son plantas gramíneas y leguminosas que se desarrollan en el potrero y sirven para la alimentación del ganado.

Son gramíneas o leguminosas procesadas para ser suministradas como alimento a los animales sea verde, seco o procesado.

PROPUESTA

Nombre de la propuesta

Propuesta para el aprovechamiento de lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Estelí

Beneficiarios de la propuesta

Con el desarrollo de esta propuesta se verán beneficiados indirectamente los productores interesados en elaborar abono orgánico a base de lodo residual, al igual las instituciones o empresas interesadas en emprender la comercialización de dicho producto.

Objetivo

Dar un mejor uso y aprovechamiento a los lodos provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales

Tratamiento preliminar del lodo residual para la reducción de patógenos

Estabilización con cal

La normatividad define estabilización como los procesos físicos, químicos o biológicos a los que se someten los lodos para acondicionarlos para su aprovechamiento o disposición final y así evitar o reducir sus efectos contaminantes al medio ambiente. (NOM-004-SEMARNAT, 2002)

La estabilización de lodo se lleva a cabo principalmente para: reducir la presencia de patógenos, eliminar los olores desagradables y reducir o eliminar su potencial de putrefacción. La supervivencia de microorganismos patógenos y la proliferación de olores en el lodo se producen cuando se permite que los microorganismos se desarrollen sobre la fracción del mismo.

Los medios de estabilización más eficaces para eliminar el desarrollo de estas condiciones son: la reducción biológica del contenido de materia volátil; la oxidación química de la materia volátil; la adición de agentes químicos para hacer el lodo inadecuado para la supervivencia de microorganismos y la aplicación de calor con el objetivo de desinfectar o esterilizar el lodo.

CONCLUSIONES

El estudio realizado al lodo generado en las pilas de oxidación de Estelí es altamente aprovechable por su facilidad de obtención e ilimitada producción, también es aprovechable por su gran contenido de materia orgánica por lo que funciona como elemento primordial para elaborar abono y a la vez de alimento para las lombrices; y se amplía la manipulación para sus diferentes aplicaciones.

Basado en la experimentación de combinar lodo residual con cinco sustratos: Estiércol ovino, estiércol bovino, pasto forrajero, desperdicios de frutas papaya y sandía, y la combinación de los sustratos antes mencionados; en la sobrevivencia de la *Eisenia foetida* Savigny (lombriz roja californiana), se encontró que la lombriz presenta una mejor adaptación, reproducción y humificación en el estiércol bovino mezclado con lodo residual debido a las características de dicho sustrato.

Finalizado el experimento y basado en los resultados, se formuló una propuesta de aprovechamiento de los lodos residuales teniendo como base un tratamiento secundario que mitigue la proliferación de Coliformes fecales presentes.

Como un hecho relevante la lombriz *Eisenia foetida* tiene la facultad biológica de soportar y aclimatarse a las características que presentan los diferentes elementos residuales en la que es utilizada para la elaboración de humus; amplificando su utilización en el campo agrícola.

Bibliografía

Blandon, S. B. (2010). *Trabajo de monografía*. Pereira.

Blandon, S. B. (2010). Tratamiento y adecuada disposición de lodo domésticos e industriales . *Trabajo de monografía* . Pereira.

Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad. (10 de 05 de 2006). *NORMA TÉCNICA OBLIGATORIA NICARAGÜENSE NTON 05 027-05*. Managua: La gaceta. Obtenido de [http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/\(\\$All\)/3B3583B8C7D4EE32062579BC007B7023?OpenDocument](http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/($All)/3B3583B8C7D4EE32062579BC007B7023?OpenDocument)

Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados. (20 de 06 de 2016). *ENACAL* . Obtenido de <http://www.enacal.com.ni/>: <http://www.enacal.com.ni/informacion/Wc3ab774abf487.htm>

González, S. (2007). *Normativa Humus de Lombriz*. Lima: Mc Grahah Hill.

Hernandez, Z. E. (Diciembre de 2009). Propuesta para el tratamiento de metales pesados en los lodo residuales de origen urbano, utilizando vermicomposteo. Altamira, Tamaulipas.

Inversanet. (1 de 07 de 2016). *inversanet.wordpress.com*. Obtenido de [inversanet.wordpress.com: https://inversanet.wordpress.com/2011/09/07/ciclo-biologico-y-desarrollo-de-eisenia-foetida-lombriz-roja/](https://inversanet.wordpress.com/2011/09/07/ciclo-biologico-y-desarrollo-de-eisenia-foetida-lombriz-roja/)

Ivaro Chavez Porras, X. L. (2014). Estudio de la movilidad de NPK en los biosólido, de la planta de agua potable, para el tratado de vermicompostaje. Bogota.

- Jimenez, Y. V. (2004). Estudio de factibilidad para un cultivo de lombricultura en la ciudad de Barrancabermeja. Barrancabermeja.
- Marchorro, L. G. (mayo de 2004). Efecto de la densidad de siembra de lombriz coqueta Roja (*Eisenia Foetida*), en pulpa de café, sobre los aspectos productivos y reproductivos. Guatemala, Guatemala.
- Mariana Trejos Velez, N. A. (junio de 2012). Propuesta para el aprovechamiento de lodos de la planta de tratamiento de agua residuales de la empresa "comestibles la rosa" como alternativa para la generación de bioslidos. pereira, pereira.
- Mariana Trejos Vlez, N. A. (Junio de 2012). Propuesta para el aprovechamiento de los lodos de la planta de tratamiento de agua residuales de la empresa "comestibles la rosa" como alternativa para la generación de biosolido. Pereira.
- Rivera, N. E. (2010). mejoramiento del suelo con biosolido proveniente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la UNAM. Mexico.
- Sastoque, J. E. (2015). Estrategias para el reuso de los lodos en las zonas de las empresas de acueducto y alcantarillado de Bogotá y Planta de tratamiento de aguas potables y residuales. *Trabajo de grado para obtener el título de especialista en planeación ambiental*. Bogotá, Bogotá, Colombia.
- Tenecela, X. (2012). Producción de humus de lombriz mediante el aprovechamiento y manejo de los residuos orgánicos.
- Trejos, M., & Agudelo, N. (2012). *Propuesta para el aprovechamiento de lodos*. Pereira: Limusa.

