



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACÁDEMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL**

**“Influencia del lodo seco PTAR Covicorti-Trujillo en estiércol bovino para  
la obtención de humus orgánico, usando lombriz Roja Californiana”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR:**

**BACILIO MOROCHO LEYLI VANESSA**

**ASESOR:**

**Dr. CRUZ MONZÓN JOSÉ ALFREDO**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

**CALIDAD Y GESTIÓN DE RECURSOS NATURALES**

**TRUJILLO – PERÚ**

**2016**

**JURADO EVALUADOR**

.....  
**PRESIDENTE**

Ing. Medardo Alberto Quezada

.....  
**SECRETARIO**

Ing. Misael Ydilbrando Villacorta

.....  
**VOCAL**

Ing. Alfredo Cruz Monzón

**TRUJILLO- PERU**

**2016**

## DEDICATORIA

Agradezco a Dios por las bendiciones que ha derramado sobre mí, por darme la valentía; fe; humildad y esperanza para culminar mi trabajo de investigación y de seguir logrando mis objetivos y que este logro sólo es un comienzo en mi vida profesional y espiritual.

Este trabajo va dedicado a mis padres Jorge Bacilio Cardoso y Nelsi Morocho Llapapasca; quienes me brindaron su amor; cariño y apoyo constante. Su comprensión y paciente espera para poder lograr mis objetivos.

A mis profesores por sus enseñanzas, motivación; valores y apoyo en todo momento desde el inicio de mis estudios.

A mis familiares y amigos; que me apoyaron mutuamente y que tuvieron una palabra de apoyo durante mis estudios.

## AGRADECIMIENTO

*Quiero aprovechar en agradecer a la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo por la formación académica y todo aquello que me ha ido aportando durante estos años de estudio.*

*Dentro de la Universidad quiero agradecer muy especialmente a mi asesor de tesis el Ingeniero Alfredo Cruz Monzón; quien ha sido mi gran guía y apoyo constante para poder realizar y culminar con el presente documento de tesis.*

*En esta misma línea agradezco al personal del Laboratorio Rivelab por los datos e instrumentos que me fueron facilitados para llevar a cabo el análisis de esta investigación.*

*En otro orden quisiera agradecer al personal de Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Trujillo por facilitarme sus equipos e instalaciones para el desarrollo de investigación de tesis.*

*También muy especialmente quisiera agradecer a mi familia que ha sido un gran apoyo; especialmente a mis padres; Jorge Bacilio Cardoso y Nelsi Morocho Llapapasca, y a mis hermanos.*

*Quisiera agradecer a mi compañero Jairo Miranda Días; que ha sido un gran apoyo en el presente documento de tesis.*

*Gracias a todos mis amigos y compañeros; en y a todas aquellas personas que me han acompañado y apoyado en todo momento; siendo parte de mis sueños y de mi vida.*

## **DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD**

Yo Leyli Vanessa Bacilio Morocho, estudiante de la Universidad César Vallejo, Escuela de Ingeniería Ambiental, identificada con DNI N°48429840 con la tesis titulada:

“Influencia del lodo seco PTAR Covicorti-Trujillo en estiércol bovino para la obtención de humus orgánico, usando lombriz Roja Californiana”

Declaró bajo juramento que toda la documentación es veraz y auténtica, se ha respetado las normas ISO 690 y 690-2 para las fuentes bibliográficas. Asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad u omisión de los documentos, donde me someto a las normas académicas de la Universidad.

Trujillo, diciembre del 2016

**Leyli Vanessa Bacilio Morocho**

## **PRESENTACIÓN**

Presento ante los miembros del jurado la tesis titulada: “Influencia del lodo seco PTAR Covicorti-Trujillo en estiércol bovino para la obtención de humus orgánico, usando lombriz Roja Californiana” con la finalidad de obtener el grado de Ingeniero Ambiental y cumplir con el reglamento de la Universidad César Vallejo.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

**La Autora**

## ÍNDICE

JURADO EVALUADOR.....	2
DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO .....	4
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	5
PRESENTACIÓN.....	6
RESUMEN.....	9
ABSTRACT.....	10
I. INTRODUCCIÓN .....	11
1.1. Realidad Problemática .....	11
1.2. Trabajos Previos .....	12
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	16
1.3.1. Descripción del área de estudio.....	16
1.3.2. Plantas de Tratamiento de aguas residuales .....	16
1.3.3. Lombriz.....	18
1.3.4. Material orgánico para sustrato de obtención de humus orgánico .....	21
1.3.5. Relación de Carbono/Nitrógeno.....	21
1.4. Marco Conceptual.....	22
1.4.1 Lodos Residuales.....	22
1.4.2 Lodo Seco.....	23
1.4.3 Lombricultura.....	23
1.4.4 Humus.....	23
1.4.5 Humus orgánico de lombriz .....	24
1.5. Formulación del problema.....	24
1.6. Justificación.....	24
1.7. Hipótesis .....	25
1.8. Objetivos.....	25
1.8.1. Objetivo General .....	25
1.8.2. Objetivos Específicos.....	25
II. MÉTODO.....	27
2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	27
2.2. VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN .....	28
2.2.1. VARIABLES.....	28

2.2.2.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	28
2.2.3.	Población .....	30
2.2.4.	Muestra .....	30
2.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD .....	30
2.3.1.	Técnicas e Instrumentos de recolección de datos .....	30
2.3.2.	Materiales .....	31
2.4.	VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO .....	31
2.5.	MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS .....	32
2.5.1.	Metodología .....	32
2.5.2.	Análisis de datos .....	33
2.6.	ASPECTOS ÉTICOS.....	33
III.	RESULTADOS.....	34
IV.	DISCUSION .....	41
V.	CONCLUSIONES.....	46
VI.	RECOMENDACIONES .....	47
VII.	REFERENCIAS BIBLOGRÁFICAS.....	48
	APÉNDICE.....	51
	ANEXOS .....	64



## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo, evaluar si el lodo seco de la Planta de Tratamiento de aguas residuales Covicorti- Trujillo, influye en estiércol de bovino, para la obtención de humus orgánico, usando la Lombriz Roja Californiana. En el proceso se caracterizó tanto al lodo seco de la Planta de Tratamiento de agua residual como al estiércol seco de bovino, para preparar mezclas de 2000 g. Para eliminar el material biológico presente en el lodo se aplicó una esterilización en autoclave por espacio de 45 min a una temperatura de 121 °C, después de lo cual se procedió a preparar las mezclas correspondientes y en donde se evaluó el contenido de carbono; nitrógeno orgánico total y la relación de carbono/nitrógeno. Se muestran asimismo los datos experimentales correspondientes al modelo propuesto que constaba de 5 concentraciones de lodo seco de 0%: 30%: 60%; 90% y 100% y a los porcentajes de humedad de 60%; 70% y 80%, y para una cantidad constante de 50 lombrices de especie Roja Californiana. Los resultados obtenidos, muestran que si hay una influencia del lodo seco del PTAR Covicorti Trujillo, siendo las mejores condiciones de mezcla, la correspondiente a 1400 g estiércol con 600 g de lodo seco y al 80% humedad de mezcla, la que permitió obtener humus orgánico de mayor grado de calidad en función de la relación carbono/nitrógeno alcanzando un valor de 7,55 así como un valor de carbono orgánico total igual a 32.27% y nitrógeno orgánico total igual a 4.36%; siendo los valores óptimos para mejor calidad de humus orgánico.

### PALABRAS CLAVE

Lodo residual; humus orgánico; *Eisenia Foetida*

## ABSTRACT

The objective of the present investigation was to evaluate whether the dry sludge of the Covicorti- Trujillo Wastewater Treatment Plant influences cattle manure for the production of organic humus using the Californian Red Worm. In the process, both the dry sludge from the Wastewater Treatment Plant and the dry bovine manure were characterized to prepare mixtures of 2000 g. To remove the biological material present in the slurry, autoclave sterilization was applied for 45 min at a temperature of 121 ° C, after which the corresponding mixtures were prepared and where the carbon content was evaluated; Total organic nitrogen and the carbon / nitrogen ratio. The experimental data corresponding to the proposed model consisting of 5 dry sludge concentrations of 0%: 30%: 60%; 90% and 100% and the humidity percentages of 60%; 70% and 80%, and for a constant amount of 50 worms of Californian Red species. The results show that if there is an influence of the dry sludge of the Covicorti Trujillo WWTP, the best mixing conditions being 1400 g manure with 600 g of dry sludge and at 80% mixing humidity, which allowed to obtain humus Higher quality organic as a function of carbon / nitrogen ratio reaching a value of 7.55 as well as a total organic carbon value equal to 32.07% and total organic nitrogen equal to 4.25%; Being the optimal values for better quality of organic humus.

## KEY WORDS

Residual sludge; Organic humus; Eisenia Foetida

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad Problemática**

Para obtener buenos suelos agrícolas y mejor calidad, se ha introducido la técnica de producción de humus como abono orgánico, por medio del uso de lombrices como la Lombriz Roja Californiana, ya que de ello depende una significativa importancia en la economía y en el ambiente. Las lombrices de tierra desempeñan un importante papel en la ecología del suelo debido a que son capaces de remover y airear el suelo haciendo que este se vuelva más fértil.

La dinámica productiva de transformación de materias primas, que ocurre en diferentes empresas que proveen productos y servicios, trae como consecuencia la existencia de materiales de desecho que tradicionalmente han sido destinados a ser desperdiciados, en ocasiones dándoles un manejo adecuado para su disposición final y, en otros casos, haciendo un manejo inapropiado que ocasiona problemas sociales asociados a enfermedades, contaminación, existencia de basuras, entre otros. (Trejos Vélez, 2012).

Día a día se genera un gran problema ambiental, en cual nos enfrentamos la población, por ello es de gran importancia buscar alternativas de solución que mejoren la calidad de vida, como por ejemplo el tratamiento y disposición final de los lodos generados de la Planta de Tratamiento de aguas residuales, el cual se genera un problema del desperdicio de su potencial de aprovechamiento en cual se dispone como un residuo. Por esta razón se busca técnicas de solución para obtener un mejor ambiente saludable y productivo.

La conservación del medio ambiente es una tendencia que se ha fortalecido a nivel mundial, con la generación de alternativas para la eliminación de residuos con el fin de reducir el impacto ambiental. Las

aguas residuales presentan diferentes subproductos, dentro de los que podemos encontrar residuos sólidos, arenas y grasas, no obstante, en el proceso de tratamientos de estas aguas se obtienen residuos conocidos como lodos de depuración, los cuales presentan dificultades en su disposición final.

Para ello se debe realizar el empleo de abonos orgánicos, los cuales se definen como fertilizantes de origen natural; cumplen un papel muy importante al corregir y mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos siendo además una buena alternativa para el manejo ecológico de los desechos contaminantes como basura orgánica, desperdicios de cocina, estiércoles de establos. (Sánchez, 2009).

Para una buena conservación del ambiente se debe aplicar una solución de abonos orgánicos como es el Humus de Lombriz, ya que tiene un gran beneficio en el uso para el manejo adecuado de suelos agrícolas en sus cultivos de cosecha. Esta técnica aplicando abono orgánico, permite reciclar nutrientes que se encuentran en los desechos animales y vegetales, mejorando una buena calidad del ambiente ecológico a fin de evitar contaminación de los recursos naturales en el ambiente.

De esta manera también se busca encontrar una solución aplicando una técnica alternativa para la alimentación de la Lombriz Roja Californiana, mediante el lodo seco de la PTAR Covicorti-Trujillo y la mezcla con otro residuo orgánico como el estiércol bovino, que tiene efecto favorable en la relación de carbono y nitrógeno, para obtener humus orgánico de buena calidad.

## **1.2. Trabajos Previos**

Según el estudio realizado por LEÓN (2015). Investigador responsable de la Línea de investigación Biotecnología de la Universidad de Pamplona Colombia en su artículo titulado “Diseño de un sistema alternativo para el

tratamiento de aguas residuales urbanas por medio de la técnica de lombrifiltros utilizando la especie ***Eisenia Foetida***, se planteó como objetivo, el diseño y construcción de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la ciudad de Pamplona utilizando como base teórica el sistema de tratamiento Tohá, proponiendo una serie de procesos que permiten el saneamiento de las aguas servidas después de su uso con fines domésticos, industriales o comerciales, para poder ser vertidas finalmente a cuerpos de aguas naturales. Este proceso incluye un tratamiento con lombrifiltros (aserrín y ***Eisenia Foetida***). Lo cual se utilizó material orgánico con microorganismos y lombrices, además se utilizó bandejas que contienen una capa de 10 cm de alto de cada material. Inicialmente se alimentó el sistema de lombrifiltro con un caudal mínimo de 0.05 l/min el cual se determinó para poder suministrar al lombrifiltro un caudal continuo durante 12 horas con el fin de obtener una óptima eficiencia en el sistema.

K.A. WANI Y MAMTA (2013). Investigadores de la Arabia Diario de Ciencias Biológicas Departamento de Ciencias Ambientales, Universidad ITM, Gwalior, India en su artículo “Bioconversión de residuos verdes, residuos de cocina y estiércol de vaca en productos de valor añadido utilizando lombrices de tierra ***Eisenia Foetida***”, lograron determinar que el contenido de humedad, carbono orgánico total, humus, nitrógeno, fósforo y potasio fue alto en el estiércol de vaca, seguido de residuos de cocina y residuos verdes. Este estudio indica claramente que el vermicompostaje de residuos verdes, residuos de cocina y vaca estiércol no sólo puede producir un producto de valor añadido (vermicompostaje) sino también permite reducirlos.

MALLIA M. & DAUTANTR (2008). Investigadores responsables de Línea de investigación Biotratamientos de la Universidad de Carabobo Venezuela, en su artículo titulado “Utilización de la lombricultura en la transformación de lodo residual de una empresa productora de papel en abono orgánico (humus)”, lograron evaluar la factibilidad técnica del proceso de biodegradación de lodos residuales, mediante la utilización de la lombricultura, obteniendo las condiciones más convenientes para el

proceso, tanto del punto de vista ambiental como de la obtención de un producto de mayor valor agregado.

MIRANDA (2009). Investigadora de la Universidad Andrés Bello de la Escuela de Ingeniería Ambiental Chile en su revista titulada “Remoción mediante vermicomposteo de los coliformes fecales presentes en lodos biológicos”, decidió estudiar el efecto de la densidad inicial de lombrices ***Eisenia Foetida***, mediante vermicomposteo de lodo, usando como indicador el número más probable de coliformes fecales (NMPCF). El lodo utilizado se generó en una planta de aireación extendida, se trabajó con 4 densidades: alta con 0,2 kg lombrices/kg lodo, media con 0,1 kg lombrices/ kg lodo, baja con 0,05 kg lombrices/kg lodo y un blanco sin la adición de lombrices al lodo. Al segundo día de experimentación con la densidad media se logró una mayor remoción, estadísticamente significativa, del NMPCF que la obtenida con la densidad alta. El mismo día, todas las densidades lograron la clasificación de lodo clase B según United States Environment Protection Agency. Entre el día 13 y el 20 las muestras con densidades alta, baja y media lograron la clasificación clase A. Al día 20 tanto la densidad media como el alta lograron el 100% de remoción de los coliformes fecales.

LOZA (2010). Investigador en Bioquímicas de la Unidad Campesina Pampa, Universidad Católica “San Pablo” Bolivia en su revista titulada “Comportamiento de lombriz roja californiana y lombriz silvestre en bosta bovina y rumia bovina como sustrato”, decidió estudiar el comportamiento de la lombriz roja californiana (***Eisenia Foetida***) y la lombriz silvestre (***Lumbricus spp.***) en dos sustratos a fin mejorar la calidad del vermicompost producido por estos anélidos. Donde se estudiaron su comportamiento en dos sustratos estiércol y rumia en 40 unidades experimentales de 0.2 m de ancho\*0.25 m de largo\*0.4 m de profundidad, cada unidad presentaba una densidad de 5, 10, 15, 20 y 25 individuos con dos repeticiones de cada una en 1 000 g de sustrato. Se determinó el número de cocones, número de individuos a las 8 semanas, porcentaje de degradación del sustrato. Los resultados indicaron que los sustratos

estiércol son mejores en la dinámica poblacional de *Eisenia Foetida*; en comparación con *Lumbricus spp.* Posiblemente las características físicas y químicas del estiércol y la rumia influyeron en este tipo de comportamiento de *Eisenia Foetida*.

VÉLEZ (2012), en su investigación para optar el Título de Administrador Ambiental de la Universidad Tecnológica de Pereira Facultad de Ciencias Ambientales Colombia, cuyo título fue “Propuesta para el aprovechamiento de lodos de la Planta de Tratamiento de aguas residuales de la empresa “Comestibles La Rosa” como alternativa para la generación de biosólidos”, logró determinar mediante análisis de laboratorio que los lodos residuales tienen las condiciones necesarias y adecuadas para servir de sustrato para alimentar un cultivo de lombrices. De igual manera la caracterización de la composición de los lodos residuales generados en el sistema de Tratamiento de aguas residuales presenta resultados positivos para la utilización del material como enmienda de suelos.

Por último SÁNCHEZ (2009); en su investigación para optar el título de ingeniero zootecnista de la escuela superior politécnica de Chimborazo Facultad de Ciencias Pecuarias; cuyo título fue “Efecto de la utilización de aserrín en combinación con estiércol bovino como sustrato en la producción de humus de lombriz *Eisenia Foetida* (LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA)” evaluó el efecto de la utilización de aserrín combinado con estiércol bovino como alimento para producir humus de lombriz *Eisenia Foetida*. Se realizaron 4 tratamientos con 3 repeticiones incluyendo un tratamiento testigo. Los niveles de aserrín aplicados fueron: aserrín 100% + estiércol bovino 0%, aserrín 75% + estiércol bovino 25%, aserrín 50% + estiércol bovino 50%, materia orgánica común o aserrín 0% (testigo). Los resultados permitieron concluir que el efecto del aserrín pulverizado en la alimentación de lombrices fue positivo y de mejor calidad a partir de emplear una combinación de 50 % aserrín + 50 % estiércol; donde se registra resultados de nitrógeno superiores con 1.8%.

Así también se demostró que al utilizar aserrín al 100%; se tuvo como resultado más bajo con solo 0.9%; estos anélidos se reprodujeron de forma lenta, la conversión sustrato- Fertilizante se alargó a 150 días como producto humus de baja calidad, baja reproducción considerando el tiempo, menor biomasa y no existió rentabilidad; por lo cual se recomienda el uso de Aserrín pulverizado para sustratos en lombricultura hasta una proporción 50% aserrín y combinado con estiércoles el otro 50% debido a que se logran buenos parámetros productivos, los sustratos mejoran su relación C/N, el estiércol aumenta la degradación del aserrín y se facilita el manejo y cosecha. Se afirma que los tratamientos que mejores resultados dieron en cuanto a composición de nutrientes, superaron al resto porque el tipo de material usado guardó una relación C/N adecuada, mejor asimilación, mejor textura y menor desperdicio.

### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1. Descripción del área de estudio**

La Planta de Tratamiento de aguas residuales Covicorti; se encuentra ubicada en el Nor Oeste de la ciudad de Trujillo, en el Distrito de Trujillo, Provincia de Trujillo en la Región La Libertad.

#### **1.3.2. Plantas de Tratamiento de aguas residuales**

Las P.T.A.R. son unidades de transformación de los efluentes industriales y domésticos, o sea unidades de transformación de la materia orgánica.

El sistema parece ser unidades aisladas, cuyo objetivo es de preservar algún cauce de agua, por obligación legal y la presión de la Autoridad Ambiental Regional, pero vistas de manera global representan el principio y el fundamento del sistema digestivo del Mundo, de este gran hormiguero de los seres humanos.

En la industria, una P.T.A.R. es una unidad de control de calidad del proceso productivo, donde por medio del análisis del agua residual (cantidad, calidad), se puede diagnosticar el “estado del paciente”, o sea



la eficiencia de la fábrica en un momento determinado, y en particular las pérdidas de materia prima y el gasto de insumos. (Trejos Vélez, 2012).

#### **a. Producción de lodos en PTAR**

Las diferentes actividades productivas y domésticas producen grandes cantidades de aguas residuales, las cuales contienen una diversidad amplia de contaminantes. Estas aguas deben ser procesadas en las PTAR para su reúso o disposición con una calidad mayor. La calidad se mejora al eliminar los contaminantes. Dichos contaminantes son eliminados en diferentes puntos del proceso en forma de lodos, siendo éstos un concentrado de los compuestos más dañinos que constituyen dichas aguas. Las aguas residuales presentan cada una ciertas características particulares que van a determinar cuál será el tratamiento más adecuado a aplicar en cada caso.

En general, entendemos por aguas residuales industriales, aquellas que se generan en cualquier actividad o negocio como consecuencia de utilizar el agua en sus procesos de producción, transformación o manipulación. Se incluyen en esta definición los líquidos residuales, las aguas de proceso y las aguas de refrigeración. (Trejos Vélez, 2012).

#### **b. Tratamiento de Lodos en las PTAR**

RODRÍGUEZ, 2008. Describe un sistema de lodos activados mostrando el proceso del mismo y haciendo un análisis de las ventajas y desventajas. Afirma el autor, entre otras cosas, que: los sistemas de lodos activados son sistemas biológicos comúnmente utilizados como tratamientos secundarios en las plantas de tratamiento de aguas residuales tanto urbanas como industriales, donde una mezcla de agua residual y lodos biológicos es agitada y aireada. Estos sistemas funcionan en base a una suspensión homogénea de microorganismos que biodegradan la materia orgánica del agua residual y las condiciones en las cuales ellos realizan dicha degradación.

Estos sistemas poseen un tanque de aireación y sedimentador secundario; además una característica distintiva de estos sistemas es la recirculación del lodo activo en el fondo del sedimentador secundario hacia el tanque de aireación.

**c. Manejo de lodos en la PTAR**

El manejo de lodos de los sistemas de tratamiento se dispone, como de costumbre en los lechos de secado. Los lodos obtenidos de las unidades de trampa de grasas, deben manejarse de forma especial, por lo que el usuario deberá a llegar a la CARDER respaldo de la disponibilidad definida del servicio especial de aseo para la recolección, manejo y disposición final. Deberá reportar la totalidad de lodos y residuos especiales generados en la empresa. El ente prestador debe contar con los permisos y autorizaciones ambientales para dicho servicio. (Trejos Vélez, 2012).

**1.3.3. Lombriz**

**a. Lombriz Roja Californiana**

La lombriz de tierra es un organismo biológicamente simple, siendo el agua su principal constituyente (80 a 90 %) de su peso total. Tiene diferentes colores variando de pálidos, rosados, negros, marrones y rojos intensos con franjas amarillentas entre los segmentos, su forma es cilíndrica con secciones cuadrangulares, el tamaño varía de acuerdo a las especies de 5 a 30 cm de largo y su diámetro oscila entre 5 a 25 mm el número de segmento es de acuerdo a la especie, variando de 80 a 175 anillos (Tineo, 1990). (Rodríguez, 2000).

**b. Hábitat y alimentación**

Las lombrices de tierra, corresponden a la macro fauna del suelo, con amplia distribución en el mundo y con más de 7,000 especies identificadas (Núñez, 1985). Todas las especies terrestres se alimentan de materia orgánica descompuesta en la superficie, pero también utilizan sustancias orgánicas. Las lombrices prefieren sitios húmedos, no toleran

las sequías ni las heladas, son más numerosas en suelos frescos (Russell, 1964). (Rodríguez, 2000).

### **c. Características de la Lombriz *Eisenia Foetida***

- Es de color rojo oscuro. Respira por medio de su piel.
- Mide de 6-8 cm de largo, de 3-5 mm de diámetro y pesa hasta aproximadamente 1,4 g.
- No soporta la luz solar, una lombriz expuesta a los rayos del sol muere en unos pocos minutos.
- Vive aproximadamente unos 4,5 años y puede llegar a producir, bajo ciertas condiciones, hasta 1.300 lombrices al año.

### **d. Condiciones ambientales para su desarrollo**

#### **❖ Humedad**

La humedad debe ser del 70% para facilitar la digestión de alimento y deslizamiento a través del material. Se determina que la humedad del medio es óptima cuando al apretar un puñado de material totalmente húmedo, no caen gotas. Una humedad superior al 85% es perjudicial ya que compactan las camas o lechos, disminuyendo la aireación y el alimento pierde parte de su valor nutricional.

La lombriz puede vivir con mucha humedad, pero disminuye su actividad. En cambio, si falta humedad, puede dar lugar a su muerte porque la lombriz ingiere el alimento succionándolo. (Trejos Vélez, 2012).

#### **❖ Temperatura**

El rango óptimo de temperaturas para el crecimiento de las lombrices oscila entre los doce y 25°C; para la formación de cocones entre los 10 y 15 0. Si la temperatura es muy elevada durante el verano, debe recurrirse a riegos más frecuentes, mantener las camas libres de malas hierbas y tratar de evitar que las lombrices no emigren buscando ambientes más frescos. (Trejos Vélez, 2012).

#### ❖ **pH del sustrato**

El pH mide la propiedad alcalina o acida del sustrato. La lombriz acepta un pH de 5 (pH ácido) a 8,4 (pH alcalino). El pH óptimo es de 7. Fuera de esta escala, la lombriz entra en una etapa de latencia. Si el pH es menor al valor óptimo (pH ácido). (Trejos Vélez, 2012).

#### ❖ **Riego.**

Conviene regar en forma natural con un aspersor en forma de ducha. La lluvia no afecta a las lombrices, salvo que se produzcan inundaciones. El sistema manual de riego consta de una manguera de goma, de características variables según la función de los lechos. Por su sencillez es muy difundido, pero requiere un trabajador dedicado exclusivamente a esta labor. (Trejos Vélez, 2012).

#### ❖ **Aireación**

La aireación es fundamental para la correcta respiración y el desarrollo de las lombrices. Si no es la adecuada, el consumo de alimentos se reduce, además de disminuir el apareamiento y la reproducción debido a la compactación. (Trejos Vélez, 2012).

#### **e. La lombricultura y las PTAR**

Las plantas de tratamiento de aguas residuales generan una gran cantidad de residuos orgánicos conocidos como lodos o biosólidos. Por esta razón desde los últimos 50 años se han propuesto alternativas para el manejo de estos con el fin de disminuir los costos de tratamiento y disposición final. No obstante, debido a que tiene un alto contenido de materia orgánica posee macro y micronutrientes, han pasado por un proceso de estabilización (mediante la digestión anaerobia que reduce su nivel de patogenicidad, capacidad de atracción de vectores y poder de fermentación) y pueden ser usados como abono en la industria ornamental, forestal, en campos deportivos así como en la recuperación de suelos, ya que mejoran sus características físicas, químicas y biológicas. (Trejos Vélez, 2012).

#### **1.3.4. Material orgánico para sustrato de obtención de humus orgánico**

➤ De origen animal (estiércol bovino)

El uso de estiércol bovino animal como abono orgánico tiene la finalidad de acondicionar el suelo mejorando su contenido de humus y estructura. El estiércol bovino libera aproximadamente la mitad de sus nutrientes en el primer año.

Este estiércol es el más importante y el que se produce en mayor cantidad en las explotaciones rurales. Conviene a todas las plantas y a todos los suelos, da consistencia a la tierra arenosa y móvil, ligereza al terreno gredoso y refresca los suelos cálidos, calizos y margosos. De todos los estiércoles es el que obra más largo tiempo y con más uniformidad. La duración de su fuerza depende principalmente del género de alimento dado al ganado que lo produce. (Ávila, 2014).

#### **1.3.5. Relación de Carbono/Nitrógeno**

Según Labrador (2001), la relación de C/N es el factor ambiental más importante en un proceso de compostaje y debe controlarse para asegurar una fermentación correcta. Se considera que si hay suficiente nitrógeno disponible en la materia orgánica, la mayoría de los otros nutrientes estarán también disponibles en cantidades adecuadas. Se han efectuado compostaciones exitosas con relaciones de 20 a 80, solo que el proceso puede ser más lento y es posible que el aprovechamiento de los nutrientes no sea el óptimo, lo que puede llegar a afectar la calidad del producto final. (Xiaver, 2006). (Cacua Barreto, 2008).

Si la relación C/N es muy baja se producen pérdidas de nitrógeno por volatilización de amoníaco, mientras que cuando los valores son muy elevados la disponibilidad de nitrógeno es baja, repercutiendo en un desecho de la actividad orgánica lo cual alargaría considerablemente el proceso de composición. (Cacua Barreto, 2008).

Según la norma mexicana, NMX-FF-109-SCFI – 2008, “Humus de lombriz (Lombricomposta). Especificaciones y Métodos de Prueba”, en todos los grados de calidad, el humus de lombriz debe cumplir con las especificaciones fisicoquímicas que a continuación se detallan:

**Tabla N° 1:** Especificaciones fisicoquímicas del humus de lombriz  
(Lombricomposta)

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
<b>Nitrógeno total</b>	De 1 a 4% (base seca)
<b>Materia orgánica</b>	De 20% a 50% (base seca)
<b>Relación C/N</b>	≤ 20
<b>Humedad</b>	De 20 a 40% (sobre materia húmeda)
<b>pH</b>	De 5.5 a 8.5
<b>Conductividad eléctrica</b>	≤ 4 $dS\ m^{-1}$
<b>Capacidad de intercambio catiónico</b>	> 40 $cmol\ Kg^{-1}$
<b>Densidad aparente sobre materia seca (peso volumétrico)</b>	0.40 a 0.90 $g\ mL^{-1}$
<b>Materiales adicionados</b>	Ausente

Fuente: Norma mexicana, NMX-FF-109-SCFI – 2008

## 1.4. Marco Conceptual

### 1.4.1 Lodos Residuales

Son los subproductos resultantes de los procesos de tratamiento de las estaciones depuradoras de aguas residuales. Son de gran importancia ya sea por el volumen obtenido y que se incrementa con el incremento de la población, así como por ser una fuente potencial de la materia orgánica, energía, pero si no se le da el adecuado manejo será un grave problema.

Los lodos provienen ya sea de las lagunas o de las plantas depuradoras, siendo el volumen mayor de producción de lodos en las plantas depuradoras, debido principalmente al tiempo de retención.

Algunos metales pesados e iones orgánicos que pueden tener los lodos pueden ser micronutriente esenciales para las plantas a bajas concentraciones; pero altas concentraciones pueden ser tóxicos no solo para las plantas sino también para los animales y el hombre. (Avilés; 2011).

Según la norma oficial mexicana NOM-004-SEMA RNAT-2002; Protección ambiental: Lodos y biosólidos.- Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y

disposición final; los lodos residuales deben cumplir con la normativa que a continuación se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla N° 2:** Límites máximos permisibles para metales pesados en lodos

CONTAMINANTE (Determinación en forma total)	EXCELENTES mg / Kg en base seca	BUENOS mg / Kg en base seca
Arsénico	41	75
Cadmio	39	85
Cromo	1200	3000
Cobre	1500	4300
Plomo	300	840
Mercurio	17	57
Níquel	420	420
Zinc	2800	7500

Fuente: Norma oficial mexicana NOM-004-SEMA RNAT-2002

#### 1.4.2 Lodo Seco

Los lodos secos de depuradora de aguas residuales son residuos que se producen en grandes cantidades.

#### 1.4.3 Lombricultura

La lombricultura es la cría de lombrices, las cuales producen como desecho un abono de muy buena calidad que se denomina humus de lombriz, el cual es el resultado de la digestión de los desechos orgánicos que les sirven de alimento. La carne también se puede aprovechar para consumo animal o humano, ya que tienen un gran valor nutritivo.

#### 1.4.4 Humus

Es una materia orgánica en descomposición que se encuentra en el suelo y procede de restos vegetales y animales muertos. Al inicio de la descomposición, parte del carbono, hidrógeno, oxígeno y

nitrógeno se disipan rápidamente en forma de agua, dióxido de carbono, metano y amoníaco, pero los demás componentes se descomponen lentamente y permanecen en forma de humus. El humus es una materia homogénea, amorfa, de color oscuro e inodora. Los productos finales de la descomposición del humus son sales minerales, dióxido de carbono y amoníaco. (Ávila, 2014).

#### **1.4.5 Humus orgánico de lombriz**

El humus de lombriz es el producto resultante de la transformación digestiva en forma de excretas que ejerce este pequeño anélido sobre la materia orgánica que consume. Aunque como abono orgánico puede decirse que tiene un excelente valor en macro nutrientes, también habría que mencionar la gama de compuestos orgánicos presentes en él, su disponibilidad en el consumo por las plantas, su resistencia a la fijación y al lavado. (Ávila, 2014).

### **1.5. Formulación del problema**

¿Influye el lodo seco de la Planta de Tratamiento de aguas residuales Covicorti-Trujillo, en estiércol bovino, para la obtención de humus orgánico usando Lombriz Roja Californiana en el año 2016?

### **1.6. Justificación**

El presente trabajo se justificó porque propone la estabilización y utilización de un residuo que es acumulativo en el tiempo como son los lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), de Covicorti en Trujillo, en la obtención de un producto de valor agregado como es el humus producido por la Lombriz Roja Californiana *Eisenia Foétida*.

Asimismo es importante reconocer que el desarrollo del presente trabajo abarca a tres elementos muy importantes: económico, social y ecológico.

Finalmente la obtención de humus orgánico a partir de la lombriz Roja Californiana *Eisenia Foétida*, posibilitó la degradación de un alto grado de residuos orgánicos contenidos en lodos, al mismo tiempo que hace



sostenible el tratamiento de las aguas residuales al plantear una utilidad inmediata, favoreciendo la preservación del recurso agua, suelo y consecuentemente al medio ambiente.

## **1.7. Hipótesis**

El lodo seco de la Planta de Tratamiento de aguas residuales Covicorti-Trujillo influye en la obtención de humus orgánico usando estiércol bovino y lombriz Roja Californiana.

## **1.8. Objetivos**

### **1.8.1. Objetivo General**

Evaluar si influye el lodo seco de la Planta de Tratamiento de aguas residuales Covicorti- Trujillo, en estiércol bovino, para la obtención de humus orgánico, usando la Lombriz Roja Californiana.

### **1.8.2. Objetivos Específicos**

- Caracterizar la materia prima lodo seco y estiércol de bovino a utilizar.
- Determinar el carbono oxidable total, tanto de la materia prima inicial como la del final del proceso de obtención de humus orgánico.
- Determinar el nitrógeno orgánico total, tanto de la materia prima inicial como la del final del proceso de la obtención de humus orgánico.

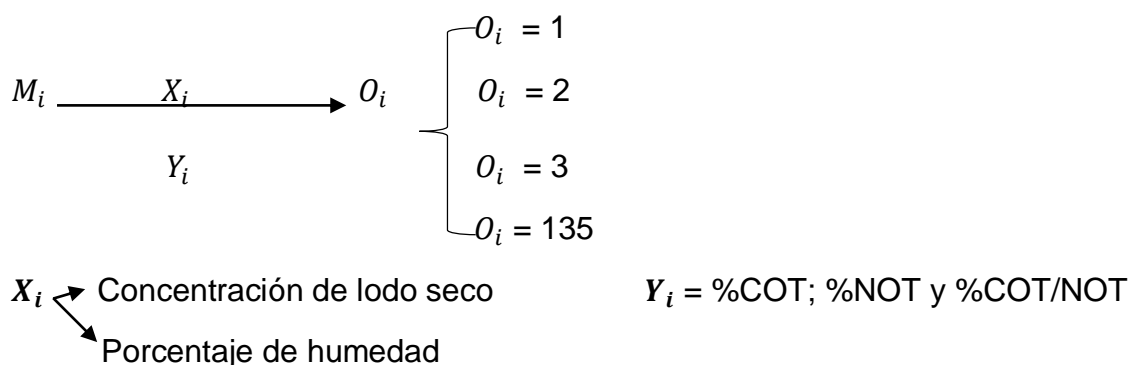
- Determinar la relación de carbono y nitrógeno inicial de la materia prima, así como del producto final.

## II. MÉTODO

### 2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El desarrollo de este trabajo de investigación es cuantitativo de tipo experimental, porque se relaciona la influencia que generan la concentración de lodo seco y porcentaje de humedad, sobre la producción de humus orgánico de las mezclas de estiércol de bovino y lodo seco. El diseño de muestra es un diseño unifactorial con tres repeticiones; donde la variable independiente lodo seco; tiene dos niveles que son: porcentaje de humedad y concentración de lodo seco. Y la variable dependiente; producción de humus orgánico es analizado en tres niveles: %COT; %NOT; y la relación COT/NOT.

Para ello es necesario desarrollar la siguiente matriz de toma de datos, con la siguiente distribución:



**Tabla N°3:** Matriz de toma de datos factorial

CONCENTRACIÓN DE LODO EN MEZCLA SECA	60%			70%			80%		
	%C.O.T	%N.O.T	%COT/NOT	%C.O.T	%N.O.T	%COT/NOT	%C.O.T	%N.O.T	%COT/NOT
0%	$O_1 O_1 O_1$	$O_2 O_2 O_2$	$O_3 O_3 O_3$	$O_{16} O_{16} O_{16}$	$O_{17} O_{17} O_{17}$	$O_{18} O_{18} O_{18}$	$O_{31} O_{31} O_{31}$	$O_{32} O_{32} O_{32}$	$O_{33} O_{33} O_{33}$
30%	$O_4 O_4 O_4$	$O_5 O_5 O_5$	$O_6 O_6 O_6$	$O_{19} O_{19} O_{19}$	$O_{20} O_{20} O_{20}$	$O_{21} O_{21} O_{21}$	$O_{34} O_{34} O_{34}$	$O_{35} O_{35} O_{35}$	$O_{36} O_{36} O_{36}$
60%	$O_7 O_7 O_7$	$O_8 O_8 O_8$	$O_9 O_9 O_9$	$O_{22} O_{22} O_{22}$	$O_{23} O_{23} O_{23}$	$O_{24} O_{24} O_{24}$	$O_{37} O_{37} O_{37}$	$O_{38} O_{38} O_{38}$	$O_{39} O_{39} O_{39}$
90%	$O_{10} O_{10} O_{10}$	$O_{11} O_{11} O_{11}$	$O_{12} O_{12} O_{12}$	$O_{25} O_{25} O_{25}$	$O_{26} O_{26} O_{26}$	$O_{27} O_{27} O_{27}$	$O_{40} O_{40} O_{40}$	$O_{38} O_{38} O_{41}$	$O_{42} O_{42} O_{42}$
100%	$O_{13} O_{13} O_{13}$	$O_{14} O_{14} O_{14}$	$O_{15} O_{15} O_{15}$	$O_{28} O_{28} O_{28}$	$O_{29} O_{29} O_{29}$	$O_{30} O_{30} O_{30}$	$O_{43} O_{43} O_{43}$	$O_{44} O_{44} O_{44}$	$O_{45} O_{45} O_{45}$

Fuente Propia

## 2.2. VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN

### 2.2.1. VARIABLES

#### a. Variables Independientes

- Lodo Seco de la PTAR

#### b. Variable Dependiente

- Producción de humus

### 2.2.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABL

**Tabla N°4: Operacionalización de Variables**

CONCEPTO O VARIABLE	Definición Conceptual	Dimensiones (Subvariable)	Definición Operacional	Indicadores
Lodos de la PTAR	Los Lodos son aquellos subproductos resultantes de los procesos de tratamiento de las estaciones depuradoras de aguas residuales. Son de gran importancia ya sea por el volumen obtenido y que se incrementa con el aumento de la población, así como por ser una fuente potencial de la materia orgánica. Torres, 2000.	Humedad en base seca de la mezcla lodo de la PTAR- estiércol de bovino	Agua presente en la mezcla seca de lodo de PTAR y estiércol de bovino, el cual se determina por volatilización hasta masa constante en una estufa.	% Humedad en base seca de mezcla lodos seco y estiércol bovino
		Concentración de lodo de la PTAR en la mezcla lodo seco- estiércol de bovino	Gramos lodo seco por cada 100 gramos de mezcla lodo seco-estiércol de bovino utilizado.	% lodo seco en mezcla seca
Humus orgánico	El humus de lombriz es el fertilizante orgánico por excelencia y es el producto que sale del tubo digestor de la lombriz. Es rico en nitratos, fosfatos, potasio y otros minerales. Valenzuela, 2011.	Carbono orgánico total	Es el carbono oxidable que se determina a partir de la materia orgánica total presente en la mezcla lodo seco-estiércol de bovino utilizado.	% C.O.T.
		Nitrógeno Orgánico total	Es el que ingresa al suelo por restos orgánicos que han sufrido procesos de descomposición y mineralización en nitrógeno inorgánico que las plantas puedan absorber.	% N.O.T
		Relación Carbono/Nitrógeno	Parámetro que permite evaluar la calidad del humus producido en base a la relación de nitrógeno y carbono orgánico total.	Relación C/ N total

Fuente Propia

## **POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **2.2.3. Población**

Los lodos secos de la Planta de Tratamiento de aguas residuales Covicorti-Trujillo 2016, se encontraron ubicada en el Nor Oeste de la Ciudad de Trujillo, en el Distrito Metropolitano de Trujillo, Provincia de Trujillo en la Región La Libertad. Las coordenadas son: Zona: 17L, Abscisa: 714723.11mE, Norte: 9101609.98mS.

### **2.2.4. Muestra**

Cada muestra constó de 2000 g de lodo seco, de la Planta de Tratamiento de aguas residuales Covicorti-Trujillo, así como con 2000 g de estiércol de bovino, los cuales sirvieron para la realización de las pruebas realizadas, los cuales están libres de humedad, y han sido pasados por malla 200, y cuarteados adecuadamente de tal manera que se garantizó su homogeneidad.

## **2.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD**

### **2.3.1. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos**

Muestreo: Al no contar en la normativa peruana con protocolos para humus orgánico, se optó por tomar en cuenta las recomendaciones para el muestreo y conservación de muestras establecidas en la norma mexicana vigente NMX-AA-067-1985. En esta norma indica cómo se debe realizar la determinación de la relación de Carbono y Nitrógeno.

#### **Instrumentos y Equipos**

- Ficha de Resultados
- Balanza electrónica con aproximación de 0.01g
- Estufa de circulación forzada de aire y temperatura controlada
- Probeta 50ml

- Probeta 500ml
- Equipo Kjeldahl
- Matraz 500ml
- Bureta
- Papel filtro
- Embudo Buchner

### **2.3.2. Materiales**

- 2 kg de lombrices
- 2 kg de Estiércol Bovino
- 2 kg de lodo seco de la PTAR Covicorti-Trujillo.
- Agua
- Bandejas
- Tamiz malla 200
- Material de escritorio

## **2.4. VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO**

Los instrumentos utilizados como la balanza analítica (Marca Sartorius), pH-metro (Marca Lutron. Modelo 222. R), cuentan con los respectivos certificados de calibración correspondiente el programa de calibración con que cuenta la Universidad César Vallejo. Los datos experimentales, se obtuvieron aplicando la metodología propuesta que constaba de 135 ensayos agrupados según el modelo unifactorial y además con 3 réplicas para cada porcentaje de humedad realizada. La metodología seguida fue además validada por 03 especialistas en el tema de lombricultura, asegurando de esa manera la validez del instrumento aplicado.

## **2.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS**

### **2.5.1. Metodología**

#### **Etapa 1: Caracterización de estiércol de bovino y lodo seco**

Una vez obtenido la muestra de lodo húmedo se procedió a la etapa de secado natural, lo cual se realizó durante cuatro semanas.

De forma similar el estiércol de bovino se sometió a un secado natural durante tres días, después de lo cual se procedió a su caracterización.

Transcurridas las cuatro semanas se pudo obtener el lodo con niveles bajos de humedad, después de lo cual se procedió a su caracterización.

El lodo libre de humedad al igual que el estiércol de bovino se pasó a la medición del pH de lodo seco; estiércol de bovino y la mezcla de ambos; haciendo sus respectivos acondicionamientos de pH. Luego de ello se pasó por tamiz N°200 con la finalidad de asegurar un tamaño uniforme del material de estudios. Para eliminar el material biológico presente en el lodo se aplicó una esterilización en autoclave por espacio de 45 min a una temperatura de 121 °C.

Finalmente se realizó las pesadas correspondientes tanto de lodo como de estiércol según el diseño experimental propuesto.

#### **Etapa 2: Proceso de elaboración de humus orgánico**

Se prepararon 05 mezclas conformada por diversas proporciones de lodo seco y estiércol de bovino, según lo descrito en el cuadro N°20, adicionalmente se agregó 30 g de materia orgánica; procediéndose a su caracterización inicial en cuanto al carbono oxidable total (COT) y el nitrógeno



orgánico total (NOT). Luego se procedió a la adición del agua para tener los porcentajes de humedad propuestos y a continuación se colocaron las lombrices de la especie Roja Californiana, según el cuadro N°20. Se tomaron muestras a diferentes tiempos, para evaluar el COT y NOT, para realizar el seguimiento del proceso de conversión de materia orgánica a humus orgánico. El proceso implicó realizar 03 réplicas para batería de mezclas y a partir de ellas realizar las pruebas estadísticas que permitan verificar la influencia del lodo seco utilizado; respecto a lo que produce el estiércol de bovino, para lo cual se utilizó el método MANOVA.

### **2.5.2. Análisis de datos**

El análisis de datos se realizó a través de un análisis cuantitativo, con la finalidad de depurar datos incorrectos y eliminar datos atípicos.

Posteriormente se utilizó el método estadístico de análisis de varianza (MANOVA), la cual es una herramienta muy importante y de gran uso para el control de métodos analíticos según el objetivo que se desea realizar.

## **2.6. ASPECTOS ÉTICOS**

Esta investigación se realizó con técnicas e instrumentos validados que sirvieron para la obtención de resultados que sean veraces, se respetó la propiedad intelectual de los autores que aportan con sus libros, tesis, artículos, etc. Para el desarrollo de esta investigación, durante toda la investigación se garantizó el cuidado y respeto por la biodiversidad y el ambiente, finalmente no se ira en contra de las convicciones políticas y morales.

### III. RESULTADOS

**Tabla N°5:** Caracterización del estiércol bovino en base seca

Replica	Masas	% C.O.T.	% N.O.T.	R = C.O.T./N.O.T.
1	0.1070	18.89	4.12	4.31
2	0.1145	16.54	4.15	3.99
3	0.1395	16.35	4.21	3.88
<b>Promedio</b>		<b>17.26</b>	<b>4.16</b>	<b>4.06</b>
<b>Desviación estándar (S)</b>		1.4148	0.0458	0.2227
<b>% C.V.</b>		8.20	1.10	5.48

Fuente: Propia

Tabla N°5: Se muestra el promedio de la caracterización de estiércol de bovino en relación del porcentaje de carbono; nitrógeno y la relación de carbono y nitrógeno en base seca; donde se realizaron tres replicas con diferentes masas.

**Tabla N° 6.** Caracterización del lodo seco PTAR Covicorti en base seca

Replica	Masas	% C.O.T.	% N.O.T.	R = C.O.T./N.O.T.
1	0.258	2.34	3.41	0.89
2	0.2282	2.68	3.32	0.81
3	0.2702	2.71	3.18	0.85
<b>Promedio</b>		<b>2.58</b>	<b>3.30</b>	<b>0.85</b>
<b>Desviación Estándar (S)</b>		0.2055	0.1159	0.0414
<b>% C.V.</b>		7.98	3.51	4.88

Fuente: Propia

% C.O.T. : Porcentaje carbono orgánico total

% N.O.T : Porcentaje nitrógeno orgánico total

C.O.T. /N.O.T.: Relación carbono orgánico total respecto al nitrógeno orgánico total

Tabla N°6: Se muestra el promedio de la caracterización del lodo seco PTAR Covicorti a bajas concentraciones en relación al porcentaje de carbono;

nitrógeno y la relación de carbono y nitrógeno en base seca; donde se realizaron tres replicas con diferentes masas.

**Tabla N°7:** Determinación del pH en mezcla 1400 g estiércol de bovino con 600 g lodo seco

<b>Masa mezcla Estiércol/ lodo</b>	<b>H<sub>2</sub>O (mL)</b>	<b>pH</b>
30.2401	75	8.74

Fuente: Propia

Tabla N°7: La siguiente tabla expresa la determinación del pH en la mezcla de 1400 g estiércol de bovino con 600 g lodo seco, obteniendo como resultado de pH 8.74; lo cual podría afectar supervivencia de la Lombriz Roja Californiana.

**Tabla N° 8:** Ajuste del pH en estiércol de bovino usando solución HCl 0,10 N

<b>Masa estiércol bovino ( g )</b>	<b>V<sub>H2O</sub> ( ml )</b>	<b>V<sub>HCl</sub> ( ml )</b>	<b>pH</b>
20.0297	100	0	8.75
50.0221	250	2.5	8.4
50.0381	250	5.0	8.3
50.0182	250	7.5	8.2
50.0199	250	10	8.3
50.0096	250	12.5	8.3
50.0144	250	100	6.38
50.0451	250	200	5.09

Fuente: Propia

Tabla N°8: En la tabla se muestra la masa inicial 20.0297 g; donde se obtuvo el valor del pH 8.75; para ello se realizó el ajuste del pH en estiércol de bovino usando la solución de HCl 0,10 N para diferentes masas y diferentes mediciones de ácido clorhídrico hasta llegar al ajuste del pH adecuado con el valor de 5.09.

**Tabla N°9:** Ajuste del pH de lodo seco PTAR Covicorti usando solución HCl 0.20 N

<b>Masa lodo seco</b>	<b>H<sub>2</sub>O (ml)</b>	<b>V<sub>HCl</sub> añadido (ml)</b>	<b>pH</b>
20.026 g	50	0	7.11
1 kg	300	100	3.9
1 kg	300	25	5.9

Fuente: Propia

Tabla N°9: En la siguiente tabla se muestra la masa inicial 20.026 g de lodo seco; obteniendo como resultado de pH 7.11. Para ello se realizó el ajuste del pH; usando solución HCl 0.20 N para diferentes mediciones de ácido clorhídrico hasta llegar al ajuste del pH adecuado con el valor de 5.9.

**Tabla N°10:** Determinación del pH en humus obtenido en mezcla 1400 g estiércol de bovino con 600 g lodo seco, al 70% humedad y a las 72 horas

<b>Estiércol/ lodo</b>	<b>H<sub>2</sub>O (mL)</b>	<b>pH</b>
30.60	75	8.40

Fuente: Propia

Tabla N°10: Se observa en la tabla la determinación del pH en humus obtenido de la mezcla 1400 g estiércol de bovino con 600 g de lodo seco; obteniendo como valor del pH 8.40 al 70% de humedad; obtenido a las 72 horas.

**Tabla N°11:** Resultados de metales pesados más contaminantes en lodo seco

<b>Lodo seco (g)</b>	<b>plomo ( mg/kg )</b>	<b>cadmio ( mg/kg )</b>
5.1	17.5	1.75

Fuente: Propia

Tabla N°11: En la tabla se muestra los resultados a bajas concentraciones de plomo y cadmio en lodo seco con masa de 5.1 g.

**Tabla N°12:** Cuantificación del Carbono Orgánico Total (C.O.T.), en humus obtenido a diferentes relaciones de estiércol bovino / lodo seco PTAR Covicorti

RELACIÓN Estiércol / Lodo seco ( Base Seca )			Porcentaje de humedad		
			60%	70%	80%
1	2000 / 0	0%	21.79	26.26	22.44
2	1400 / 600	30%	30.18	31.05	32.27
3	800 / 1200	60%	25.66	28.56	27.24
4	200 / 1800	90%	23.51	24.23	27.45
5	0 / 2000	100%	23.49	24.98	24.00

Fuente: Propia

Tabla N°12: En la siguiente tabla se muestra la cuantificación del carbono orgánico total en humus obtenido a diferentes relaciones de estiércol bovino / lodo seco en base seca en función del porcentaje de humedad; siendo el de mayor concentración de lodo al 30% la relación de 1400 g de estiércol bovino y 600 g de lodo seco en función al 80%; alcanzando un valor de 32.27%.

**Tabla N°13:** Cuantificación del Nitrógeno Orgánico Total (N.O.T.), en humus a diferentes relaciones de estiércol bovino / lodo seco PTAR Covicorti.

RELACIÓN Estiércol / Lodo seco ( Base Seca )			Porcentaje de humedad		
			60%	70%	80%
1	2000 / 0	0%	3.50	3.85	3.28
2	1400 / 600	30%	4.19	4.23	4.36
3	800 / 1200	60%	3.76	3.95	3.83
4	200 / 1800	90%	3.54	3.63	4.03
5	0 / 2000	100%	3.56	3.62	3.55

Fuente: Propia

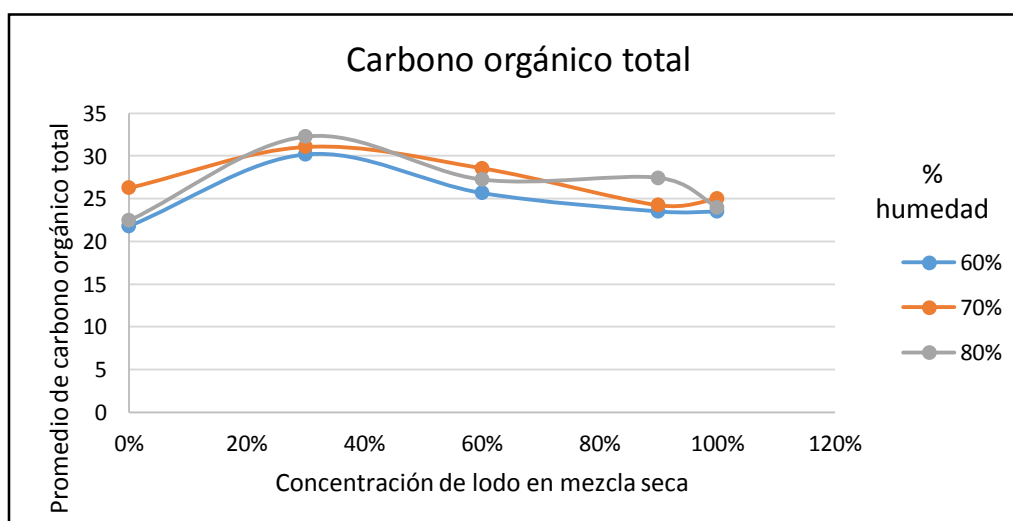
Tabla N°13: Se muestra en la tabla la cuantificación del nitrógeno orgánico total en humus obtenido a diferentes relaciones de estiércol bovino / lodo seco en base seca en función del porcentaje de humedad; siendo el de mayor concentración de lodo al 30% la relación de 1400 g de estiércol bovino y 600 g de lodo seco en función al 80%; alcanzando un valor de 4.36%.

**Tabla N°14:** Determinación de la relación C.O.T/N.O.T en humus obtenido a diferentes relaciones de estiércol bovino / lodo seco PTAR Covicorti

RELACIÓN Estiércol/ Lodo Seco ( Base seca )			Porcentaje de humedad		
			60%	70%	80%
1	2000/0	0%	6.22	6.82	6.90
2	1400/600	30%	7.21	7.34	7.55
3	800/1200	60%	6.85	7.22	7.16
4	200/1800	90%	6.64	6.67	6.78
5	0/2000	100%	6.61	6.9	6.71

Fuente: Propia

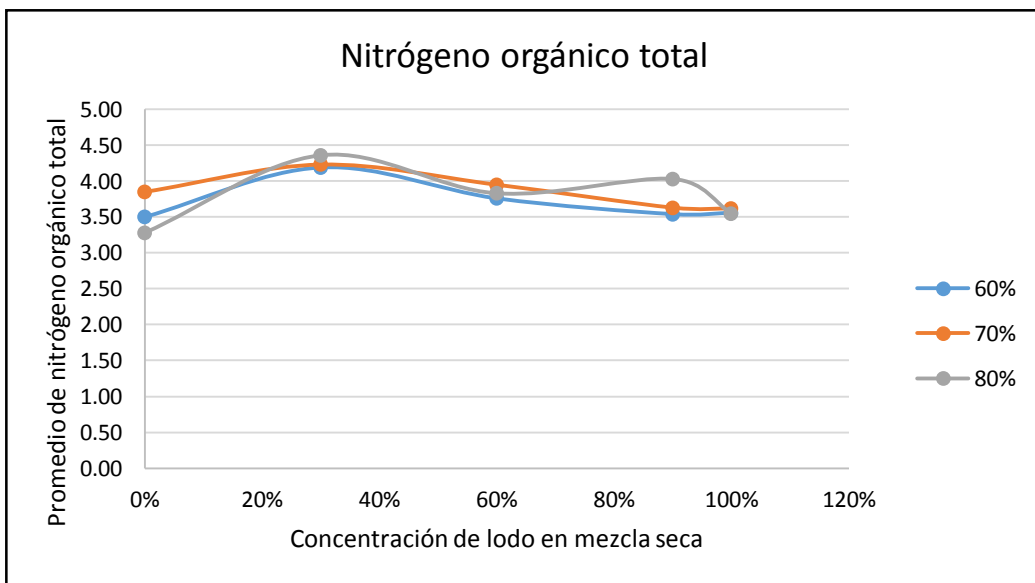
Tabla N°14: Se muestra en la tabla la determinación de la relación C.O.T/N.O.T en humus obtenido a diferentes relaciones; siendo el de mayor concentración de lodo al 30% la relación de 1400 g estiércol bovino y 600 g de lodo seco en función al 80% de humedad; alcanzando con un valor de 7.55.



Fuente: Propia

**Figura N°1:** Concentración de lodo seco en función al porcentaje de humedad del carbono orgánico total

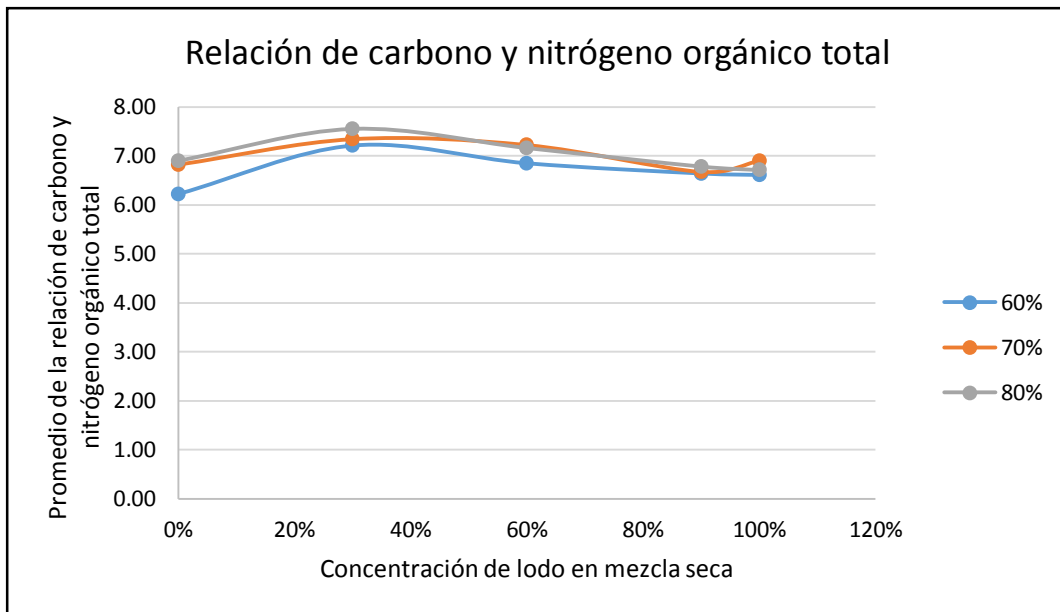
Figura N°1: Se muestra en la figura la concentración de lodo seco en función al porcentaje de humedad (60%; 70% y 80%) del carbono orgánico total; siendo el promedio mayor la concentración de lodo al 30% en función al 80% de humedad; alcanzando un valor de 32.27%.



Fuente: Propia

**Figura N°2:** Concentración de lodo seco en función al porcentaje de humedad del nitrógeno orgánico total

Figura N°2: Se muestra en la figura la concentración de lodo seco en función al porcentaje de humedad (60%; 70% y 80%) del nitrógeno orgánico total; siendo el promedio mayor la concentración de lodo al 30% en función al 80% de humedad; alcanzando un valor de 4.36%.



Fuente: Propia

**Figura N°3:** Concentración de lodo seco en función al porcentaje de humedad de la relación de carbono y nitrógeno orgánico total

En la figura N°3, se observa la concentración de lodo seco en función al porcentaje de humedad (60%; 70% y 80%) de la relación de carbono y nitrógeno orgánico total; siendo el promedio mayor la concentración de lodo al 30% en función al 80% de humedad; alcanzando un valor de 7.55.



#### IV. DISCUSIÓN

En la tabla N°5 se muestra la caracterización de estiércol bovino en base seca observándose una relación carbono/nitrógeno máximo de 4.06 un valor de carbono orgánico total igual a 17.26% y nitrógeno orgánico total igual a 4.16%, mientras que en la tabla N° 6, se muestra la caracterización de lodo seco, donde se tuvo un valor máximo de relación de carbono/nitrógeno de 0.85; mientras que de carbono orgánico total 2.58% y nitrógeno orgánico total igual a 3.30. Por lo tanto el estiércol bovino tiene alto nivel de eficiencia de porcentaje en lodo seco. Comparando con el artículo “Bioconversión de residuos verdes, residuos de cocina y estiércol de vaca en productos de valor añadido utilizando lombrices de tierra *Eisenia Foetida*” de los autores K.A. WANI Y MAMTA (2013); los resultados de contenido de humedad; carbono y nitrógeno orgánico total; entre otros; es alto en estiércol de vaca. Sin embargo el estiércol bovino utilizado debe tener características diferentes a las utilizadas por el autor, pero que también se confirma que el estiércol bovino tiene una mayor relación carbono/nitrógeno que el lodo seco utilizado.

En la tabla N°7; 8; 9 y 10 se muestra el efecto del pH en el estiércol de bovino, en el lodo seco y en la mezcla de ambos. Así en una mezcla de 1400g de estiércol de bovino y 600 g de lodo seco; se tuvo como resultado la mezcla de ambos con un valor de pH 8.74. Para el estiércol de bovino se presenta valor de pH igual a 8.75, valor que podría afectar la supervivencia o eficiencia de la Lombriz Roja Californiana. Para ello se hizo un acondicionamiento del pH en diferentes proporciones de ácido clorhídrico (0.1N) para ajustar el pH a un valor óptimo y tener como resultado 5.09 y 6.38. En el caso de lodo seco se observa el valor de 7.11 de pH; para ello se utilizó una muestra de lodo seco en tiempo determinado en la proporción más elevada de ácido clorhídrico (0.2M) para ajustar el pH a valor ácido. Se puede observar que el acondicionamiento del pH es 3.9 y 5.9.; finalmente se determinó la medición del pH del humus obtenido de la mezcla 1400 g de estiércol y 600 g de lodo seco al 70% de humedad a las 72 horas con un valor de 8.40. Comparando con la teoría del autor Trejos Vélez (2012); donde nos dice que la lombriz acepta un pH de 5 (pH ácido) a 8,4 (pH

alcalino). Y que el pH óptimo es de 7. Por lo cual se define que los resultados están en el rango que acepta la lombriz; los cuales son totalmente parecidos.

En la tabla N°11 se muestran los resultados de los análisis de metales pesados más contaminantes en el lodo; los cuales resultaron ser el plomo y cadmio. Se tuvo como resultado 17.5 mg Pb/kg y 1.75 mg Cd/kg. Comparando con la norma oficial mexicana NOM-004-SEMA RNAT-2002; se observa que las concentraciones presentes en el lodo seco están por debajo de los límites máximos permisibles establecidos según la tabla N°02, por lo cual dichos metales no impiden el uso del lodo seco en la obtención de humus a utilizar en campos agrícolas., ya que según Avilés (2011); algunos metales presentes en los lodos, poder ser micronutrientes para las plantas a bajas concentraciones; los cuales hay similitud con los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación.

En la tabla N°12 y 13 se muestra la cuantificación de carbono orgánico total siendo reportado según análisis un 32.27% y para el nitrógeno orgánico total (N.O.T) igual a 4.36%, en humus obtenido a diferentes relaciones de estiércol bovino/ lodo seco tratado y para tres replicas. Para poder saber cuál es la mejor concentración en función del porcentaje de humedad; se trabajó con diferentes proporciones de concentración de la mezcla de estiércol bovino y lodo seco. Y se puede observar que la mejor concentración en función al porcentaje de humedad es la relación de 1400 de estiércol y 600 de lodo seco; el cual tiene como resultado más eficiente al 30% de concentración de lodo seco en función del 80% de humedad. Estos resultados comparando con la tesis “Efecto de la utilización de aserrín en combinación con estiércol bovino como sustrato en la producción de humus de lombriz *Eisenia Foetida* (LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA)” por la autora Sánchez (2009); quien indica el efecto de utilización de aserrín combinado con estiércol bovino como alimento para producir humus; teniendo como resultados de mejor combinación 50% de aserrín + 50% de estiércol bovino; con resultados de contenido de nitrógeno de 1.8%; se manifiesta que en comparación con la relación de mezcla (1400 g de estiércol bovino y 600 g de lodo seco); existe diferencia en nitrógeno. Sin embargo comparando con el resultado del tema de investigación

se manifiesta que el resultado obtenido es bastante satisfactorio en dicha relación de mezcla ya que presenta un alto porcentaje de nitrógeno.

Se muestra en la tabla N°14 la determinación de la relación de carbono/nitrógeno orgánico total con un valor máximo de 7.55; en humus obtenido a diferentes relaciones de estiércol bovino/ lodo seco tratado y para las tres replicas. En donde se trabajó con diferentes concentraciones de porcentaje de lodo seco (0%; 30%; 60%; 90% y 100%). Y se puede observar que la mejor concentración en función al porcentaje de humedad es la relación de 1400 g de estiércol bovino y 600 g lodo seco; el cual tiene como resultado más eficiente al 30% de concentración de lodo seco en función al 80% de humedad. Y la relación de 0 g de estiércol y 2000 g de lodo seco tiene menor eficiencia en relación de carbono/ nitrógeno. Haciendo referencia en la tesis “Efecto de la utilización de aserrín en combinación con estiércol bovino como sustrato en la producción de humus de lombriz *Eisenia Foetida* (LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA)” por la autora Sánchez (2009); quien indica que el resultado de mejor combinación de aserrín con estiércol bovino para producir humus es 50% de aserrín + 50% de estiércol bovino. Y el tratamiento que no cumple en la producción de humus es aserrín 100%. Por consiguiente se afirma que los sustratos mejoran su relación C/N, el estiércol aumenta la degradación del aserrín y se facilita el manejo y cosecha. Sin embargo la relación (1400 g de estiércol bovino y 600 g lodo seco); tiene diferentes relaciones de mezclas a las utilizadas por la autora.

Se muestra los resultados en la figura N°1 y 2 la concentración de lodo seco en función del porcentaje de humedad en carbono y nitrógeno orgánico total. Se puede observar que la mejor concentración en función al porcentaje de humedad es la relación de 1400g de estiércol bovino y 600g de lodo seco; el cual tiene como resultado más eficiente al 30% de concentración de lodo seco en función al 80% de humedad. Comparando con el artículo “Bioconversión de residuos verdes, residuos de cocina y estiércol de vaca en productos de valor añadido utilizando lombrices de tierra *Eisenia Foetida*” de los autores K.A. WANI Y MAMTA (2013); los resultados de contenido de humedad; carbono y nitrógeno orgánico total; entre otros; es alto en estiércol de vaca. Sin embargo la relación (1400 g de estiércol bovino y 600 g lodo seco) debe de tener

características diferentes a las utilizadas por la autora; pero también se confirma que tiene una mayor relación en contenido de humedad; carbono y nitrógeno que el estiércol de vaca utilizado por la autora.

Se muestra los resultados en la figura N°3 la concentración de lodo seco en función del porcentaje de humedad en relación del carbono/nitrógeno orgánico total. Se puede observar que la mejor concentración en función al porcentaje de humedad es la relación de 1400g de estiércol bovino y 600g de lodo seco; el cual tiene como resultado más eficiente al 30% de concentración de lodo seco en función al 80% de humedad. De igual manera se puede mostrar la concentración de 0%; 30%; 60%; 90% y 100% que presenta bajas concentraciones al trabajar al 60% de humedad. Comparando con la tesis “Efecto de la utilización de aserrín en combinación con estiércol bovino como sustrato en la producción de humus de lombriz *Eisenia Foetida* (LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA)” por la autora Sánchez (2009); quien indica el efecto de utilización de aserrín combinado con estiércol bovino como alimento para producir humus. Donde se realizaron 4 tratamientos con 3 repeticiones incluyendo un tratamiento testigo. Los niveles de aserrín aplicados fueron: aserrín 100% + estiércol bovino 0%, aserrín 75% + estiércol bovino 25%, aserrín 50% + estiércol bovino 50%, materia orgánica común o aserrín 0% (testigo). Teniendo como resultados de mejor combinación 50% de aserrín + 50% de estiércol bovino. En el cual se manifiesta que en comparación con la mejor relación (1400 g de estiércol bovino y 600 g de lodo seco); presenta diferentes relaciones de estiércol bovino. Sin embargo comparando; se puede manifestar que el resultado de investigación es bastante satisfactorio en dicha relación de mezcla.

El resultado obtenido del humus orgánico de la relación 1400g de estiércol y 600g de lodo seco en la cuantificación del nitrógeno orgánico total alcanzó un valor de 4.36%; en la relación de carbono/ nitrógeno igual a 7.55 en función al 80% de humedad; con un pH de valor 8.40. Comparando con la teoría de la norma mexicana, NMX-FF-109-SCFI – 2008, “Humus de lombriz (Lombricomposta) en relación del nitrógeno orgánico total; existe poca diferencia; en cambio en la relación de carbono/ nitrógeno su valor es bajo; pero está dentro del rango que especifica la norma mexicana; es decir hay una

relación carbono/nitrógeno adecuado; teniendo un efecto benéfico en el proceso de conversión que realiza la lombriz Roja Californiana, siendo como resultado una mejor calidad de humus orgánico. De igual manera el valor del pH utilizado está en el rango de 5.5 a 8.5 según la norma mexicana.

## V. CONCLUSIONES

1. A través de la prueba estadística MANOVA, en la prueba post hoc en relación del porcentaje de humedad y lodo seco; se determinó que el lodo seco de la Planta de Tratamiento de aguas residuales de Covicorti Trujillo, sí influye en la obtención de humus orgánico usando estiércol de bovino y la lombriz Roja Californiana.
2. Las condiciones a las que se logra una mejor calidad de Humus, en función de la relación Carbono/Nitrógeno con valor 7.55; usando la lombriz Roja Californiana, son con la mezcla de 1400 g de estiércol y 600 g de lodo seco y con una humedad de mezcla del 80%.
3. El lodo seco contiene un nivel de carbono/nitrógeno bajo, pero que tiene un efecto benéfico en el proceso de conversión que realiza la lombriz Roja Californiana, por cuanto ha permitido alcanzar a una relación carbono nitrógeno adecuada.

## VI. RECOMENDACIONES

- Evaluar los efectos que tiene el pH en el lodo seco; estiércol bovino y en la mezcla de ambos; ya que estos factores se puede considerar de mucha importancia en la producción de humus orgánico para el alimento de la lombriz Roja Californiana.
- Extender la caracterización de los factores influyentes del lodo seco; como es metales pesados; factores microbiológicos; ya que se desarrolla con el fin de identificar el alimento apto para la lombriz Roja Californiana para la elaboración de humus orgánico.
- Probar estas muestras de mezclas de estiércol bovino y lodo seco con otro tipo de muestras como aserrín; estiércol de conejo; gallina; ovino y determinar qué tan eficiente es con otros tipos de muestras de materia orgánica y así poder diferenciar el %COT; %NOT y %COT/NOT.

## VII. REFERENCIAS BIBLOGRÁFICAS

ÁVILA, Jesús. Realización de un fertilizante de lombriz Roja Californiana (*Eisenia Foetida*) con base de estiércol de vaca para la producción de tomate (*Solanum lycopersicum*). Bachiller (Ciencias). Venezuela: República Bolivariana de Venezuela, Ministerio del Poder Popular para la Educación.2014.

AVILÉS, Estefanía Caridad. Determinación de la efectividad del proceso de lombricultura como tratamiento para la estabilización de lodos residuales provenientes de una planta de tratamiento de aguas. Tesis (Ingeniería ambiental). Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca; Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales. 2011.

CACUA, Luis. Producción de abonos orgánicos, aplicando procesos de compostaje y lombricompostaje a residuos de las cadenas agrícolas y pecuarias enfocado al bio- mejoramiento del agro colombiano. Tesis (Especialista en transformación de residuos agroindustriales). Colombia: Universidad de Pamplona, Facultad de Ciencias Básicas. 2008.

CELESTE FERNÁNDEZ, María. Influencia de la *Eisenia Foetida* y de sustratos Orgánicos como Agentes Bioestimulantes en la Biodegradación de un Suelo Contaminada con Petróleo Pesado. *DOI*, (20): 19-30, 2009.

GUERRA, Missael. Humus de lombriz *Eisenia Foetida* para cultivar dos micro algas marinas como alimento de larvas de camarón. Tesis (Master en Biología Marina). Cuba: Universidad de la Habana, Centro de Investigaciones Marinas. 2011.

K.A. WANY Y MAMTA. Bioconversión de residuos verdes, residuos de cocina y estiércol de vaca en productos de valor añadido utilizando lombrices de tierra *Eisenia fétida*. *Arabia Diario de Ciencias Biológicas* (20): 149-154, 2013.

LEÓN, José. Diseño de un sistema alternativo para el tratamiento de aguas residuales urbanas por medio de la técnica de lombrifiltros utilizando la especie *Eisenia Foetida*. *DOI*, (1): 46-54, 2015.



LOZA, Manuel. Comportamiento de la lombriz Roja Californiana y Lombriz Silvestre en Bosta Bovina y Rumia Bovina como sustrato. *FAC*, (4): 555-565, 31 de diciembre, 2010.

MALLIA M. & DAUTANT R. Utilización de la lombricultura en la transformación de lodo residual de una empresa productora de papel en abono orgánico (humus). 2008.

MIRANDA, Paulina. Remoción mediante vermicomposteo de los coliformes fecales presentes en lodos biológicos. *FAC*, (49): 35-50, 2009.

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. Diario Oficial. México 2003.

NORMA MEXICANA, NMX-FF-109-SCFI – 2008, “Humus de lombriz (Lombricomposta). Especificaciones y Métodos de Prueba”. Diario Oficial de la Federación. México 2008.

RODRÍGUEZ, A. Producción y Calidad de Abono Orgánico por Medio de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia Foetida*) y su Capacidad Reproductiva. Centro Experimental de Campamento, IHCAFE. 2000.

RODRÍGUEZ, Eder. Gestión Ambiental para los subproductos derivados de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en el Jardín Botánico de la Universidad Nacional de Colombia y comparación con sistemas similares en San Andrés Isla. Tesis (Ingeniero Ambiental). Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Sede de Caribe. 2008.

SÁNCHEZ, Sonia. Efecto de la utilización de aserrín en combinación con estiércol bovino como sustrato en la producción de humus de lombriz *Eisenia Foetida* (Lombriz Roja Californiana). Tesis (Ingeniero Zootecnista). Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela de Ingeniería Zootécnica, 2009.

TENECELA [en línea]. Chile, Producción de Humus de lombriz mediante el aprovechamiento y manejo de residuos orgánicos, 2012- [08 mayo 2012]. Disponible en <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3252/1/TESIS.pdf>

TREJOS, Mariana. Propuesta para el aprovechamiento de lodos de la Planta de Tratamiento de aguas residuales de la Empresa “COMESTIBLES LA ROSA” como alternativa para la generación de Biosólidos. Tesis (Administrador Ambiental). Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ciencias Ambientales. 2012.

## APÉNDICE

### ANÁLISIS DE VARIANZA

El presente análisis de varianza de los datos de lodo seco a través de la concentración de lodo seco y el porcentaje de humedad en su interacción con sus tres niveles de %COT; NOT y %COT/NOT; fueron analizados mediante el programa estadístico MANOVA; con su nivel de significancia  $\alpha = 0.05$  (5%).

#### 1. DATOS DESCRIPTIVOS

**Tabla N°15:** Prueba de homogeneidad de varianzas mediante el programa MANOVA

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error<sup>a</sup>

	F	df1	df2	Sig.
Porcentaje COT	1,598	14	30	,137
Porcentaje NOT	2,544	14	30	,016
Relación Nitrógeno/Carbono	3,066	14	30	,005

Fuente: SPSS Statistics

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Diseño : Intersección + Porcentaje humedad + Porcentaje lodo seco + Porcentaje humedad \* Porcentaje lodo seco

Tabla N°15: Se muestra en la tabla que se puede determinar que los datos respecto al %COT, %NOT, COT/NOT son homogéneos.

**Tabla N°16: Prueba de normalidad según % en humedad**

	Porcentaje humedad	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Porcentaje COT	60%	,139	15	,200*	,954	15	,594
	70%	,164	15	,200*	,940	15	,384
	80%	,152	15	,200*	,929	15	,267
Porcentaje NOT	60%	,130	15	,200*	,964	15	,764
	70%	,154	15	,200*	,958	15	,654
	80%	,104	15	,200*	,956	15	,626
Relación Nitrógeno/ Carbono	60%	,137	15	,200*	,953	15	,565
	70%	,161	15	,200*	,941	15	,393
	80%	,103	15	,200*	,966	15	,801

Fuente: SPSS Statistics

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Tabla N°16: Se observa en la tabla; que la prueba es no significativa  $P > 0.05$ .

Por lo tanto el %COT; % NOT y la relación de COT/NOT en las muestras de la mezcla de estiércol bovino y lodo seco según % de humedad; siguen una distribución normal.

**Tabla N°17:** Prueba de normalidad según % en lodo seco

	Porcentaje lodo seco	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Porcentaje COT	0%	,218	9	,200*	,919	9	,383
	30%	,168	9	,200*	,970	9	,898
	60%	,148	9	,200*	,975	9	,934
	90%	,158	9	,200*	,960	9	,799
	100	,167	9	,200*	,938	9	,559
Porcentaje NOT	0%	,257	9	,089	,822	9	,037
	30%	,136	9	,200*	,961	9	,813
	60%	,251	9	,106	,878	9	,149
	90%	,142	9	,200*	,961	9	,806
	100	,290	9	,028	,796	9	,018
Relación Nitrógeno /Carbono	0%	,203	9	,200*	,890	9	,198
	30%	,174	9	,200*	,959	9	,790
	60%	,293	9	,025	,798	9	,020
	90%	,172	9	,200*	,947	9	,654
	100	,160	9	,200*	,924	9	,430

Fuente: SPSS Statistics

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Tabla N°17: Se muestra en la tala que la prueba es no significativa  $P > 0.05$ . Por lo tanto el %COT; %NOT y la relación de COT/NOT en las muestras de la mezcla de estiércol bovino y lodo seco según % en lodo seco; siguen una distribución normal.

**Análisis.** En la tabla N° 16 y 17 del apéndice nos centramos en el valor (sig) que es la probabilidad de aceptar o rechazar la hipótesis nula donde (sig). En

este caso la prueba es no significativa; por lo tanto el % de COT; NOT y COT/NOT siguen una distribución normal.

## 1. ANÁLISIS DE VARIANZA (MANOVA)

H1: Tratamientos de mezclas son iguales

H0: Tratamientos de mezclas son diferentes

## 2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

**Tabla N°18:** Prueba de efectos inter-sujetos

Origen	Variable dependiente	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	Porcentaje COT	429,283 <sup>a</sup>	14	30,663	18,229	,000
	Porcentaje NOT	4,016 <sup>b</sup>	14	,287	8,570	,000
	Relación Nitrógeno/Carbono	4,829 <sup>c</sup>	14	,345	8,273	,000
Intersección	Porcentaje COT	30903,950	1	30903,950	18372,194	,000
	Porcentaje NOT	647,219	1	647,219	19334,065	,000
	Relación Nitrógeno/Carbono	2145,349	1	2145,349	51452,702	,000
Porcentaje humedad	Porcentaje COT	37,788	2	18,894	11,232	,000
	Porcentaje NOT	,174	2	,087	2,596	,091
	Relación Nitrógeno/Carbono	,913	2	,456	10,946	,000
Porcentaje lodo seco	Porcentaje COT	345,099	4	86,275	51,290	,000
	Porcentaje NOT	2,994	4	,748	22,359	,000
	Relación Nitrógeno/Carbono	3,418	4	,855	20,497	,000
Porcentaje humedad * Porcentaje lodo	Porcentaje COT	46,397	8	5,800	3,448	,006
	Porcentaje NOT	,848	8	,106	3,168	,010

seco	Relación Nitrógeno Carbono	,498	8	,062	1,493	,201
Error	Porcentaje COT	50,463	30	1,682		
	Porcentaje NOT	1,004	30	,033		
	Relación Nitrógeno / Carbono	1,251	30	,042		
Total	Porcentaje COT	31383,696	45			
	Porcentaje NOT	652,239	45			
	Relación Nitrógeno/Carbono	2151,429	45			
Total corregido	Porcentaje COT	479,746	44			
	Porcentaje NOT	5,020	44			
	Relación Nitrógeno/Carbono	6,080	44			

Fuente: SPSS Statistics

- a. R al cuadrado = ,895 (R al cuadrado ajustada = ,846)
- b. R al cuadrado = ,800 (R al cuadrado ajustada = ,707)
- c. R al cuadrado = ,794 (R al cuadrado ajustada = ,698)

Tabla N°18: Como se puede observar el %COT, relación COT/NOT tienen diferencias altamente significativas con  $P < 0.01$  respecto al % de humedad y % de lodo seco, en cambio los %NOT solo tiene diferencia altamente significativa respecto al % de lodo seco con  $P < 0.01$ .

### 3. PRUEBA POST HOC

**Tabla N° 19:** Pruebas post hoc - % de humedad

#### Comparaciones múltiples

Variable dependiente: %COT; %NOT y %COT/NOT

HSD Tukey

Variable dependiente	(I) Porcentaje de humedad	(J) Porcentaje de humedad	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Porcentaje COT	60%	70%	-2,0900*	,47358	,000	-3,2575	-,9225
		80%	-1,7540*	,47358	,002	-2,9215	-,5865
	70%	60%	2,0900*	,47358	,000	,9225	3,2575
		80%	,3360	,47358	,760	-,8315	1,5035
	80%	60%	1,7540*	,47358	,002	,5865	2,9215
		70%	-,3360	,47358	,760	-1,5035	,8315
Porcentaje NOT	60%	70%	-,1487	,06681	,083	-,3134	,0160
		80%	-,1027	,06681	,289	-,2674	,0620
	70%	60%	,1487	,06681	,083	-,0160	,3134
		80%	,0460	,06681	,772	-,1187	,2107
	80%	60%	,1027	,06681	,289	-,0620	,2674
		70%	-,0460	,06681	,772	-,2107	,1187
Relación Nitrógeno/Carbono	60%	70%	-,2860*	,07456	,002	-,4698	-,1022
		80%	-,3160*	,07456	,001	-,4998	-,1322
	70%	60%	,2860*	,07456	,002	,1022	,4698
		80%	-,0300	,07456	,915	-,2138	,1538
	80%	60%	,3160*	,07456	,001	,1322	,4998
		70%	,0300	,07456	,915	-,1538	,2138

Fuente: SPSS Statistics

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,042.

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

Tabla N°19: Como se puede observar; la prueba post hoc del porcentaje de humedad; determinó que el 80% de humedad en función al %COT, % NOT y la relación COT/NOT es el más eficiente; el cual es el más confiable a un 95%.

**Tabla N°20: Prueba post hoc - % de lodo seco**



Comparaciones múltiples

HSD Tukey

Variable dependiente	(I) Porcentaje lodo seco	(J) Porcentaje lodo seco	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Porcentaje COT	0%	30%	-7,6711*	,61139	,000	-9,4445	-5,8977
		60%	-3,6556*	,61139	,000	-5,4290	-1,8821
		90%	-1,5678	,61139	,103	-3,3412	,2056
		100	-,6633	,61139	,813	-2,4367	1,1101
	30%	0%	7,6711*	,61139	,000	5,8977	9,4445
		60%	4,0156*	,61139	,000	2,2421	5,7890
		90%	6,1033*	,61139	,000	4,3299	7,8767
		100	7,0078*	,61139	,000	5,2344	8,7812
	60%	0%	3,6556*	,61139	,000	1,8821	5,4290
		30%	-4,0156*	,61139	,000	-5,7890	-2,2421
		90%	2,0878*	,61139	,015	,3144	3,8612
		100	2,9922*	,61139	,000	1,2188	4,7656
	90%	0%	1,5678	,61139	,103	-,2056	3,3412
		30%	-6,1033*	,61139	,000	-7,8767	-4,3299
		60%	-2,0878*	,61139	,015	-3,8612	-,3144
		100	,9044	,61139	,583	-,8690	2,6779
	100	0%	,6633	,61139	,813	-1,1101	2,4367
		30%	-7,0078*	,61139	,000	-8,7812	-5,2344
		60%	-2,9922*	,61139	,000	-4,7656	-1,2188
		90%	-,9044	,61139	,583	-2,6779	,8690
Porcentaje NOT	0%	30%	-,7144*	,08625	,000	-,9646	-,4643
		60%	-,3044*	,08625	,011	-,5546	-,0543
		90%	-,1900	,08625	,206	-,4402	,0602
		100	-,0311	,08625	,996	-,2813	,2191
	30%	0%	,7144*	,08625	,000	,4643	,9646
		60%	,4100*	,08625	,000	,1598	,6602
		90%	,5244*	,08625	,000	,2743	,7746
		100	,6833*	,08625	,000	,4332	,9335
	60%	0%	,3044*	,08625	,011	,0543	,5546

		30%	-,4100*	,08625	,000	-,6602	-,1598	
		90%	,1144	,08625	,677	-,1357	,3646	
		100	,2733*	,08625	,027	,0232	,5235	
		0%	,1900	,08625	,206	-,0602	,4402	
	90%	30%	-,5244*	,08625	,000	-,7746	-,2743	
		60%	-,1144	,08625	,677	-,3646	,1357	
		100	,1589	,08625	,369	-,0913	,4091	
		0%	,0311	,08625	,996	-,2191	,2813	
	100	30%	-,6833*	,08625	,000	-,9335	-,4332	
		60%	-,2733*	,08625	,027	-,5235	-,0232	
		90%	-,1589	,08625	,369	-,4091	,0913	
Relación Nitrógeno/Carbono		30%	-,7189*	,09626	,000	-,9981	-,4397	
		60%	-,4244*	,09626	,001	-,7037	-,1452	
		90%	-,0478	,09626	,987	-,3270	,2314	
		100	-,0878	,09626	,890	-,3670	,1914	
		0%	,7189*	,09626	,000	,4397	,9981	
		30%	,2944*	,09626	,035	,0152	,5737	
			90%	,6711*	,09626	,000	,3919	,9503
			100	,6311*	,09626	,000	,3519	,9103
			0%	,4244*	,09626	,001	,1452	,7037
		60%	30%	-,2944*	,09626	,035	-,5737	-,0152
			90%	,3767*	,09626	,004	,0975	,6559
			100	,3367*	,09626	,012	,0575	,6159
			0%	,0478	,09626	,987	-,2314	,3270
		90%	30%	-,6711*	,09626	,000	-,9503	-,3919
			60%	-,3767*	,09626	,004	-,6559	-,0975
			100	-,0400	,09626	,993	-,3192	,2392
			0%	,0878	,09626	,890	-,1914	,3670
		100	30%	-,6311*	,09626	,000	-,9103	-,3519
			60%	-,3367*	,09626	,012	-,6159	-,0575
			90%	,0400	,09626	,993	-,2392	,3192

Fuente: SPSS Statistics

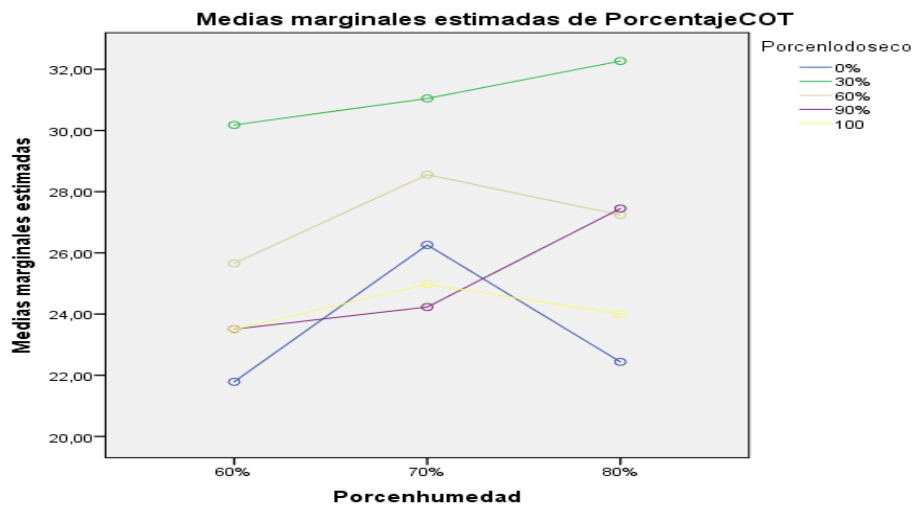
Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,042.

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

Tabla N°20: Como se puede observar; la prueba de post hoc del porcentaje de lodo seco; determinó que el 30% de concentración de lodo seco es el más eficiente en función al %COT, % NOT y la relación COT/NOT; el cual es el más confiable a un 95%.

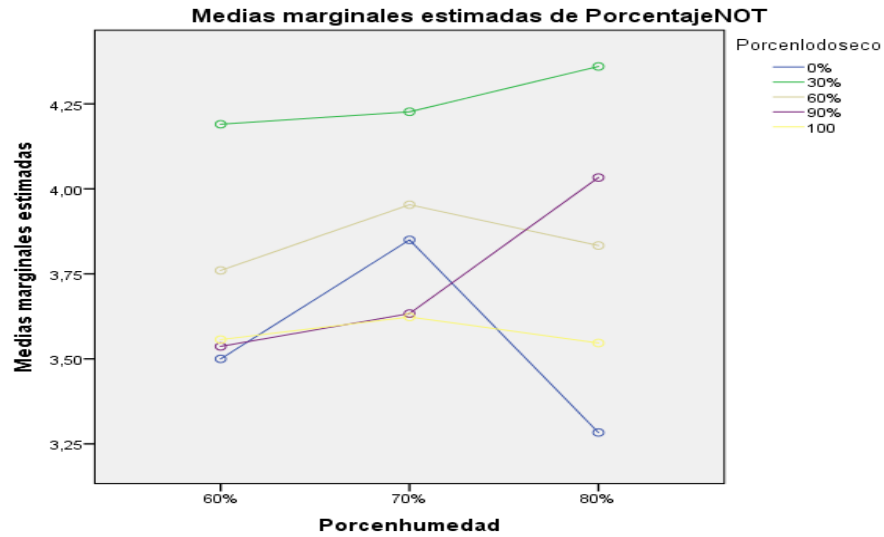
#### 4. FIGURAS



Fuente: SPSS Statistics

**Figura N°4:** Concentración de lodo seco en función al porcentaje de humedad en el carbono orgánico total.

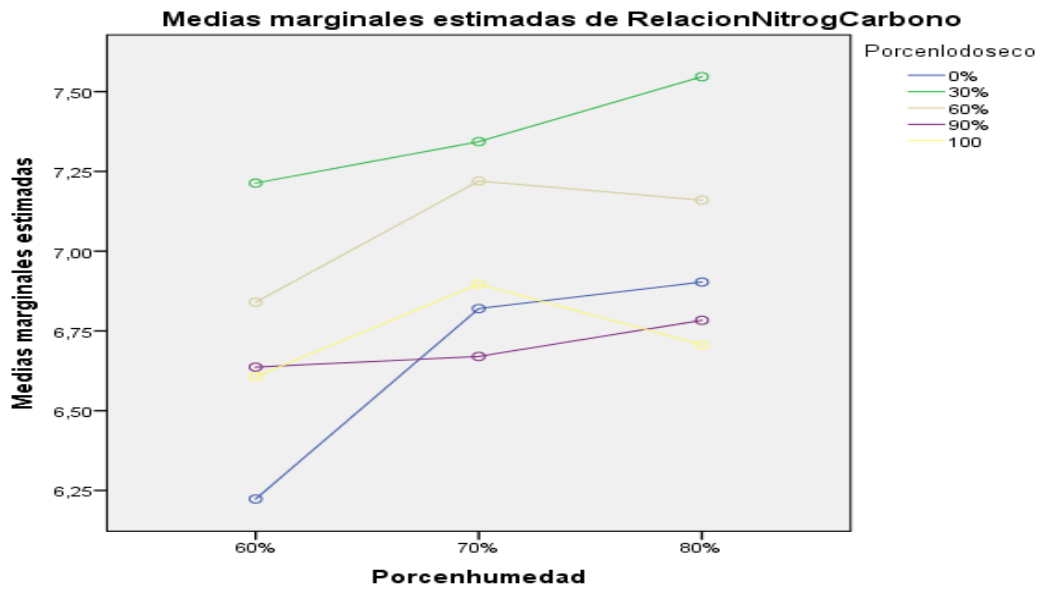
Figura 4: Como se puede observar; existe diferencias en el porcentaje de lodo seco y humedad; siendo el de mayor eficiencia el 30% de concentración de lodo seco en función al 80% de humedad con relación al carbono orgánico total.



Fuente: SPSS Statistics

**Figura N° 5:** Concentración de lodo seco en función al porcentaje de humedad en el carbono orgánico total.

Figura 5: Como se puede observar; existe gran diferencia en el porcentaje de lodo seco y humedad; siendo el de mayor eficiencia el 30% de concentración de lodo seco en función al 80% de humedad con relación al nitrógeno orgánico total.



Fuente: SPSS Statistics

**Figura N°6:** Concentración de lodo seco en función al porcentaje de humedad en la relación de carbono y nitrógeno orgánico total.

Figura N°6: Se observa las concentraciones de lodo seco en función al porcentaje de humedad en relación del carbono y nitrógeno orgánico total; en donde la relación de 1400g de estiércol bovino y 600g de lodo seco es la más eficiente al 30% de concentración de lodo seco en función al 80% de humedad.

**Tabla N°21:** Diseño para la elaboración de humus orgánico

% LODO EN MEZCLA SECA	TOTAL (gramos)	% HUMEDAD											
		60				70				80			
		Masa de mezcla seca (g)		Masa H <sub>2</sub> O (g)	N° Lombrices	Masa de mezcla seca (g)		Masa H <sub>2</sub> O (g)	N° Lombrices	Masa de mezcla seca (g)		Masa H <sub>2</sub> O (g)	N° Lombrices
		Estiércol Bovino	Lodo		Estiércol Bovino	Lodo		Estiércol Bovino	Lodo		Estiércol Bovino	Lodo	
0	2000	2000	0	1200	50	2000	0	1400	50	2000	0	1600	50
30	2000	1400	600	1200	50	1400	600	1400	50	1400	600	1600	50
60	2000	800	1200	1200	50	800	1200	1400	50	800	1200	1600	50
90	2000	200	1800	1200	50	200	1800	1400	50	200	1800	1600	50
100	2000	0	2000	1200	50	0	2000	1400	50	0	2000	1600	50

Fuente: Propia

**Tabla N°22:** Diseño de concentraciones de lodo y porcentaje de humedad en base seca

CONCENTRACIÓN DE LODO EN MEZCLA SECA			% DE HUMEDAD								
			60%			70%			80%		
			%C.O.T	% N.O.T	C.O.T/N.O.T	%C.O.T	% N.O.T	C.O.T/N.O.T	%C.O.T	% N.O.T	C.O.T/N.O.T
MEZCLA 1	2000/0	0%	23.19	3.74	6.20	26.90	3.91	6.88	22.01	3.27	6.73
			20.01	3.28	6.10	25.87	3.87	6.68	22.1	3.28	6.95
			22.16	3.48	6.37	26.01	3.77	6.90	23.2	3.30	7.03
		PROMEDIO	<b>21.79</b>	<b>3.50</b>	<b>6.22</b>	<b>26.26</b>	<b>3.85</b>	<b>6.82</b>	<b>22.44</b>	<b>3.28</b>	<b>6.90</b>
MEZCLA 2	1400/600	30%	31.55	4.52	6.98	30.78	4.16	7.40	32.07	4.25	7.55
			28.79	3.94	7.31	32.44	4.37	7.42	33.01	4.55	7.68
			30.20	4.11	7.35	29.92	4.15	7.21	31.73	4.28	7.41
		PROMEDIO	<b>30.18</b>	<b>4.19</b>	<b>7.21</b>	<b>31.05</b>	<b>4.23</b>	<b>7.34</b>	<b>32.27</b>	<b>4.36</b>	<b>7.55</b>
MEZCLA 3	800/1200	60%	25.84	4.07	6.35	30.03	4.12	7.29	28.40	3.85	7.38
			24.01	3.43	7.00	28.41	3.90	7.28	26.30	3.84	7.01
			27.12	3.78	7.17	27.23	3.84	7.09	27.01	3.81	7.09
		PROMEDIO	<b>25.66</b>	<b>3.76</b>	<b>6.84</b>	<b>28.56</b>	<b>3.95</b>	<b>7.22</b>	<b>27.24</b>	<b>3.83</b>	<b>7.16</b>
MEZCLA 4	200/1800	90%	20.35	3.17	6.42	25.26	3.85	6.56	26.3	3.97	6.62
			25.16	3.64	6.91	23.20	3.45	6.72	28.5	4.12	6.86
			25.01	3.80	6.58	24.23	3.60	6.73	27.55	4.01	6.87
		PROMEDIO	<b>23.51</b>	<b>3.54</b>	<b>6.64</b>	<b>24.23</b>	<b>3.63</b>	<b>6.67</b>	<b>27.45</b>	<b>4.03</b>	<b>6.78</b>
MEZCLA 5	0/2000	100%	22.89	3.51	6.52	24.39	3.48	7.01	25.30	3.54	7.15
			23.55	3.57	6.6	24.45	3.58	6.83	23.30	3.5	6.47
			24.04	3.59	6.70	26.10	3.81	6.85	23.40	3.60	6.50
		PROMEDIO	<b>23.49</b>	<b>3.56</b>	<b>6.61</b>	<b>24.98</b>	<b>3.62</b>	<b>6.90</b>	<b>24.00</b>	<b>3.55</b>	<b>6.71</b>

Fuente: Propia

## ANEXOS

### REPORTE DE ANÁLISIS DE METALES PESADOS PLOMO Y CADMIO EN LODO SECO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES COVICORTI-TRUJILLO

**SERVICIOS DE ANÁLISIS Y ASESORÍA**  
**DELTAS S.R.L.**

#### REPORTE DE ANÁLISIS


**I-| DATOS GENERALES**

SOLICITANTE : LEYU VANESSA BACILIO MOROCHO  
MUESTRA : LODO RESIDUAL  
PROCEDENCIA : PLANTA DE TRATAMIENTO DE COVICORTI  
HORA DE MUESTREO : 12.45 PM / 28-10-16  
MUESTRA PUESTA EN EL LABORATORIO

**II-| RESULTADOS**

MUESTRA	Pb mg/Kg	Cd mg/Kg
MUESTRA 1	17.5	1.75

Trujillo 04 de Noviembre 2016

  
ING. NOÉ COSTILLA SÁNCHEZ  
JEFE DE LABORATORIO



Urb. Monserrate 5ª Etapa Mz. D2 Lote 9 - Trujillo - La Libertad. R.U.C. 20482155058  
Teléf.: 044-280011 - 948 962633 - 948 964849. E-mail: deltas09@yahoo.com

Fuente: Servicio de análisis y asesoría DELTAS S.R.L

Figura N°1: Reporte de análisis del Laboratorio DELTAS S.R.L sobre metales pesados de plomo y cadmio.



## FOTOGRAFIAS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS



Figura 2: Recojo de bovino y lodo seco



muestra de estiércol





Figura 3: Secado natural de lodo seco



Figura 4: Tamizado de muestras



Figura 5: Ajuste de pH en lodo seco y estiércol bovino



Figura 6: Muestra de lodo seco a neutralizar en autoclave



Figura 7: Preparación de mezclas de estiércol y lodo seco; utilizando lombrices Roja Californiana; materia orgánica y agua.



Figura N°8: Materia orgánica en la mezcla de lodo y estiércol bovino



Figura N°9: Proceso de humus orgánico en la mezcla de lodo y estiércol bovino



Figura N°10: Humus orgánico en diferentes porcentajes de humedad al 60%; 70% y 80%





Figura N°11: Obtención de humus orgánico en diferentes proporciones



Figura N°12: Humus orgánico obtenido a las 72 horas.

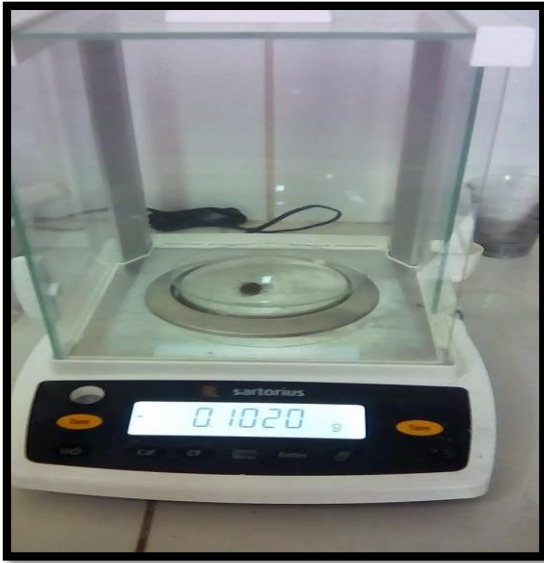


Figura N°13: Peso de lodo seco y estiércol



Figura N°14: Muestra de lodo seco y estiércol

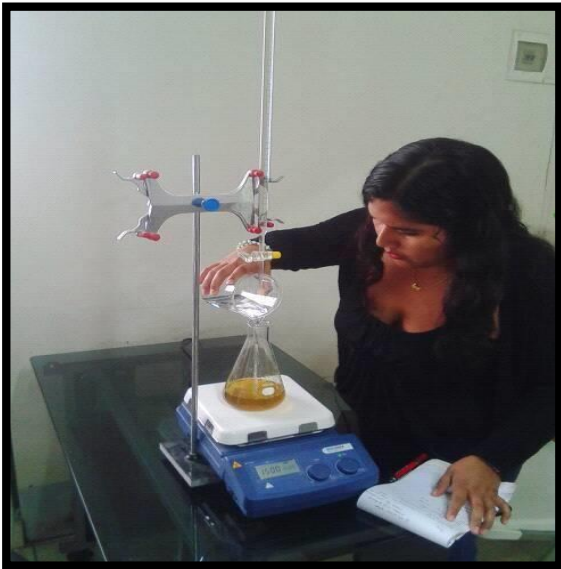


Figura 15: Adicionando a la muestra difenilamina



Figura 16: Titulando la mezcla de estiércol y lodo



Figura 17: Titulando la mezcla de estiércol y lodo



Figura 18: Adicionando ácido fosfórico para la titulación



