



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

DIRECCIÓN DE CARRERA: MEDIO AMBIENTE

**INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
EN MEDIO AMBIENTE**

MODALIDAD:

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**EVALUACIÓN QUÍMICA DEL HUMUS DE LOMBRIZ ROJA
CALIFORNIANA (*Eisenia foetida*), A PARTIR DE SUSTRATO DE
CÁSCARA DE CACAO Y ESTIÉRCOL BOVINO.**

AUTORES:

**ERICK HUMBERTO MENDOZA VINTIMILLA
ARIANNA NICOLE PLAZA SALTOS**

TUTORA:

ING. SILVIA MONTERO CEDEÑO, M.Sc.

CALCETA, DICIEMBRE 2019

DERECHOS DE AUTORÍA

ERICK HUMBERTO MENDOZA VINTIMILLA Y ARIANNA NICOLE PLAZA SALTOS, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su reglamento.

ERICK H. MENDOZA VINTIMILLA

ARIANNA N. PLAZA SALTOS

CERTIFICACIÓN DE TUTORA

ING. SILVIA MONTERO CEDEÑO certifica haber tutelado el proyecto **EVALUACIÓN QUÍMICA DEL HUMUS DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*Eisenia foetida*) A PARTIR DE SUSTRATO DE CÁSCARA DE CACAO Y ESTIÉRCOL BOVINO**, que ha sido desarrollada por **ERICK HUMBERTO MENDOZA VINTIMILLA Y ARIANNA NICOLE PLAZA SALTOS**, previa la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. SILVIA MONTERO CEDEÑO, Mg.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación **EVALUACIÓN QUÍMICA DEL HUMUS DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*Eisenia foetida*) A PARTIR DE SUSTRATO DE CÁSCARA DE CACAO Y ESTIÉRCOL BOVINO**, que ha sido propuesta, desarrollada por **ERICK HUMBERTO MENDOZA VINTIMILLA Y ARIANNA NICOLE PLAZA SALTOS**, previa la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

**ING.VERÓNICA VERA VILLAMIL., Mg.
MIEMBRO**

**ING. JONATHAN CHICAIZA INTRIAGO., MSc.
MIEMBRO**

**BLGA. MARÍA PINCAY CANTOS., Mg.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

AGRADECIMIENTO

A mi mamá, por ser siempre quien apoyó mi deseo de obtener este logro y a veces ella desearlo más que yo, por ser mi amiga y confidente desde muy pequeño, y por enseñarme el valor de las cosas, pero aún más el valor de las personas que son quienes nos apoyan día a día.

A mi querida universidad, a los profesores que tienen verdaderamente arraigado el sentimiento de la enseñanza como un estilo de vida y se dedican a enseñar y en algunos casos a aprender día a día. Dentro de este grupo tengo que dar agradecimiento especial al Tnlgo. Pinargote o como lo llamamos todos “Don Mello” a quien considero un amigo, por compartir sus conocimientos y siempre tener la predisposición de enseñar, sin importar el día ni el momento.

Y mi último agradecimiento y tal vez el más especial a mi novia, por todo su apoyo durante estos 5 años, por ser una amiga y compañera, por no dejarme caer en los días en los cuales quería tirar la toalla, por los consejos y la paciencia, por estar en momentos duros que queremos olvidar y también en los mejores momentos que son los que más atesoramos.

ERICK H. MENDOZA VINTIMILLA

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día.

A Dios, por todo lo bueno que me ha dado en mi vida, por ser mi fortaleza y refugio en momentos difíciles.

A mi familia: mis abuelos, mi Papo y mi mami Lady, no me alcanzarían las palabras de agradecimiento por su apoyo incondicional en todo momento y por estar presente en cada etapa de mi vida, por lo que mi amor, respeto y cariño por ellos es infinito; a mis padres Nelson y Yaneth, hermanos Reynaldo y Fernando por su amor incondicional y por la compañía de estar a mi lado día tras día, sin dejar de lado al cachorrito de la casa (Horus) que nos llena de amor y ternura. A mis tías y tíos, Lisbeth, Ramiro, Rosanna y Alberto, por siempre estar atentos y prestos en ayudarme en lo que más puedan sin olvidarme de los pequeños de la casa, mis primos Alejandro, Eduardo, Nicolás, Alberto y Andrés.

A mí enamorado Erick, por su gran amor y cariño hacia mí, por estar siempre atento y preocupado en que cumpla todas mis metas, por ser mi soporte y mi mejor amigo al mismo tiempo, y a su mamá Pilar, por todo el aprecio, generosidad y estima desde que la conocí.

A la familia Álava Avellán, por ser mi segunda familia, por alentarme, apoyarme y quererme como una hija más.

Al Ing. Fabián Peñarrieta, a Don Mello como cariñosamente le decimos y a Crucita porque siempre estuvieron prestos para ayudar y guiarnos en todo este recorrido.

ARIANNA N. PLAZA SALTOS

DEDICATORIA

Este logro se lo dedico a mi mamá, mi familia y mi novia, sin ellos esto no hubiera sido posible.

ERICK H. MENDOZA VINTIMILLA

DEDICATORIA

Esta tesis es especialmente dedicada a mi bella familia y mi novio, por todo el amor incondicional, sacrificio y esfuerzo que han realizado por mí para poder culminar mi etapa universitaria.

ARIANNA N. PLAZA S ALTOS

CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA.....	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
CONTENIDO GENERAL.....	ix
CONTENIDO DE CUADROS Y GRÁFICOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	1
1.2. Justificación	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Hipótesis	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Biomasa residual agrícola.....	5
2.2. Materia orgánica	5
2.3. Residuos orgánicos	5
2.3.1. Cáscara de cacao.....	5
2.3.2. Estiércol bovino	6
2.4. Abonos orgánicos	6
2.5. Pre compostaje.....	7
2.6. Compost	7
2.6.1. Elaboración de compost	7

2.6.2. Monitoreo durante el compostaje	8
2.6.3. Fases del compostaje	10
2.7. Humus de lombriz o vermicomposta	11
2.7.1. Obtención del humus	12
2.7.2. Producción del humus de manera tradicional	12
2.7.3. Factores que afecta la producción de humus.....	12
2.7.4. Producción cuantitativa de humus	13
2.7.5. Npk en vermicompostaje	14
2.7.6. Materia orgánica en humus	14
2.7.7. Uso del humus.....	14
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO.....	15
3.1. Ubicación.....	15
3.2. Duración	15
3.3.1. Métodos.....	15
3.3.2. Técnicas	17
3.4. Factor de estudio	17
3.5. Diseño experimental	17
3.5.1. Modelo matemático del diseño completamente al azar.....	18
3.6. Unidad experimental	18
3.7. Variables.....	19
3.7.1. Variable independiente	19
3.7.2. Variable dependiente	19
3.9. Procedimiento.....	19
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
4.1. Elaboración de humus de lombriz roja californiana a partir de la mezcla precompostada de cáscara de cacao y el estiércol bovino.	22

4.2. Análisis de la composición química del humus de lombriz roja californiana (<i>Eisenia foetida</i>), a partir de los sustratos escogidos.	24
4.2.1. pH.....	24
4.2.3. Nitrógeno	27
4.2.4. Fósforo	28
4.2.5. Potasio	31
4.2.7. Contrastación de la hipótesis	33
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	35
5.1. Conclusiones	35
5.2. Recomendaciones	35
BIBLIOGRAFÍA.....	37
ANEXOS.....	48

CONTENIDO DE CUADROS Y GRÁFICOS

CUADROS

2.1. Control de aireación.....	9
2.2. Parámetros de temperatura óptima.....	10
3.1. Distribución de los tratamientos de acuerdo al DCA.....	17
3.2. Proporciones precompostaje de cada sustrato para los tratamientos.....	18
4.1. ANOVA de pH.....	25
4.2. ANOVA de la materia orgánica.....	26
4.3. ANOVA de nitrógeno.....	28
4.4. ANOVA de fósforo.....	29
4.5. Conversión de ppm o mg/kg a % del fósforo.....	30
4.6. ANOVA de potasio.....	31
4.7. Conversión de ppm o mg/kg a % del potasio.....	32
4.8. Resultados de las muestras del laboratorio.....	33
4.9. Cumplimiento del 15% de diferencia entre el T4, T1 y el testigo (T5).....	33

GRÁFICOS

4.1. Comportamiento de temperatura de los diferentes tratamientos.....	22
4.2. Comportamiento de temperatura durante el proceso de humificación.....	23
4.3. Promedio final del pH durante el proceso de humificación.....	25
4.4. Prueba de Tukey materia orgánica.....	26
4.5. Prueba de Tukey fósforo.....	29
4.6. Prueba de Tukey potasio.....	31

RESUMEN

El objetivo de la investigación consistió en evaluar las características químicas del humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) a partir de cáscara de cacao y estiércol bovino, estudiando el efecto de cinco tratamientos: 100% cáscara de cacao, 75% cáscara de cacao + 25% estiércol bovino, 50% cáscara de cacao + 50% estiércol bovino, 75% estiércol bovino + 25% cáscara de cacao y 100% estiércol bovino (testigo), replicándose tres veces cada uno de ellos, dando en total 15 unidades experimentales. El experimento se condujo bajo los delineamientos del DCA de un factor, utilizando el software InfoStat 2019 para el análisis de datos, midiendo el efecto en las variables: pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio. De acuerdo al análisis estadístico el mejor tratamiento fue el de 75% estiércol bovino + 25% cáscara de cacao (T4), según los resultados obtenidos en el ANOVA y prueba de media Tukey al 5% de probabilidad de error, realizado a los parámetros químicos previamente determinados, sin embargo el único tratamiento que superó el 15% de mejora fue el T1 en cuanto a potasio frente al testigo, por lo que se acepta la hipótesis planteada, demostrando que la mezcla entre la cáscara de cacao y el estiércol bovino influye positivamente en la mejora de las características químicas del humus de lombriz para ser usado como abono orgánico.

PALABRAS CLAVES: Cáscara de cacao, estiércol bovino, humus de lombriz, *Eisenia foetida*

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the chemical characteristics of the California red worm humus (*Eisenia foetida*) from cocoa shell and bovine manure, studying the effect of five treatments: 100% cocoa shell, 75% cocoa shell + 25% bovine manure, 50% cocoa shell + 50% bovine manure, 75% bovine manure + 25% cocoa shell and 100% bovine manure (control), each one replicating three times, giving a total of 15 experimental units. The experiment was conducted under the delineations of the DCA of a factor, using the InfoStat 2019 software for data analysis, measuring the effect on the variables: pH, organic matter, nitrogen, phosphorus and potassium. According to the statistical analysis, the best treatment was 75% bovine manure + 25% cocoa shell (T4), according to the results obtained in the ANOVA and Tukey mean test at 5% probability of error, performed at chemical parameters previously determined, however the only treatment that exceeded 15% improvement was T1 in terms of potassium compared to the control, so the hypothesis is accepted, demonstrating that the mixture between cocoa shell and bovine manure positively influences in the improvement of the chemical characteristics of the earthworm humus to be used as organic fertilizer.

KEY WORDS: Cocoa shell, bovine manure, earthworm humus, *Eisenia foetida*.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Según Campos (2011), en los últimos años es evidente la crisis energética y la acumulación descontrolada de desechos sólidos, pero en materia de residuos agropecuarios existen vacíos legales para su regulación, origen, reúso y aprovechamiento como lo indica la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2015) de la ciudad de México, así mismo Guijarro (2016) expresa que son las naciones de islas pequeñas las que producen mayor cantidad de residuos por personas en el planeta por ejemplo, Trinidad y Tobago 14,4 kilos, Antigua y Barbuda 5,5 kilos, Saint Kitts and Nevis 5,45 kilos, Sri Lanka 5,10 kilos y Barbados 4,75 kilos por parte de los países desarrollados Nueva Zelanda produce 3,68 kilos; Irlanda 3,58 kilos; Noruega 2,8 kilos; Suiza 2,61 kilos y los Estados Unidos 2,51 kilos; en Latinoamérica Uruguay con 0,11 kilos es el menor generador de residuos.

Según Guanga (2018), la acumulación de residuos sólidos en el Ecuador asciende a 6.000 kg por día, encontrando entre ellos los desechos de la actividad agrícola y forestal; sin embargo no se realiza el respectivo manejo de estos restos y se les da un tratamiento de basura común, debido al desconocimiento de alternativas tecnológicas o al limitado procesamiento industrial, esto produce un bajo índice de innovación que no permite la reutilización de los residuos agroindustriales de manera efectiva.

Corona (2013), señala que las áreas rurales se caracterizan por disponer de grandes cantidades de desechos provenientes de la actividad agropecuaria, que pueden ser convertidos en energía y en abono que retorna a la tierra de donde fue tomada por las plantas y animales.

Para Marzola y Ruiz (2012), en lo que respecta a la contaminación atmosférica, el sector ganadero produce el 18% de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial. Para Laines y Sosa (2013), la gestión de estiércol

bovino disminuye este impacto, creando una alternativa ambiental sostenible, en la elaboración del humus con sustratos provenientes de la agricultura como el cacao (cáscara).

En la industria del cacao se desechan toneladas de materia prima, ya que sólo el 20% del fruto del cacao se lo aprovecha, desperdiciando aquellos derivados que pueden servir de base para elaborar productos de belleza, productos de base orgánica, para la salud, limpieza entre otros. En el caso de la cáscara de cacao, esta materia prima no se la aprovecha de manera regular, por lo que se desaprovecha los grandes beneficios que posee, tomando en cuenta que tiene un bajo costo obtenerlo (Delgado, 2016).

El desaprovechamiento de los desechos o residuos agropecuarios (cáscara de cacao y estiércol bovino) así como el desconocimiento por parte de los pequeños productores de cacao en el país y sobre todo del cantón Bolívar, hace que el procedimiento de transformación de estos residuos se conviertan en elementos útiles, comenzando a ser un tema de interés mundial, que buscan la forma de generar subproductos de los desechos de las industrias para crear un impacto ambiental positivo y al mismo tiempo disminuir la explotación de los recursos naturales alrededor del mundo (Saltos y Amores, 2006).

Con estos antecedentes, se formula la siguiente interrogante: ¿Cómo influye la combinación de cáscara de cacao y estiércol bovino en las características químicas del humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Desde el comienzo de la agricultura pudo conocerse que las plantas que crecían sobre las acumulaciones y desperdicios orgánicos, adquirían un mayor desarrollo y productividad. Por este motivo, ya en épocas lejanas se planteaba que era necesario conservar la materia orgánica del suelo para hacer de este un medio más productivo (Cruz, Álvarez, Soria y Candelaria, 2016).

Durante décadas, el sector agropecuario ha atravesado una fuerte crisis en tres vertientes: la productiva, económica y ecológica, debido a los altos costos de producción y al uso indiscriminado de pesticidas y abonos de síntesis química,

por lo que es necesario presentar propuestas de solución (García, Navarro, Velásquez y Velásquez, 2013).

Los desechos orgánicos generados en la agricultura y ganadería representan un potencial enorme en el manejo ecológico y al enriquecimiento de las propiedades químicas del humus como lo señalan Salinas, Sepúlveda y Sepúlveda (2014), ya que tendrá los nutrientes necesarios para abonar el suelo dañado por los cultivos; y aporta una solución a la situación que se vive en la parte rural cada vez es más crítica, proponiendo la elaboración de abono orgánico por medio de la lombricompost, a partir de los residuos agropecuarios (estiércol bovino y cáscara de cacao).

Esta investigación se justifica debido a que la producción de humus de lombriz roja californiana es un proyecto que abarca tres elementos: Ambiental, económico y social mencionan García et al., (2013), ambiental porque se reducirán las cantidades de residuos o subproductos de la ganadería y agricultura y serán usados como sustrato en la elaboración del humus, económico porque es rentable y no requerirá de una gran inversión y social porque generará empleo, esto está contemplado dentro de los tres ejes (los derechos para todos durante toda la vida, la economía al servicio de la sociedad y más sociedad, mejor estado) del Plan Nacional de Desarrollo “Toda una Vida” para el periodo 2017 – 2021 (SENPLADES, 2017).

Actualmente se requiere incorporar criterios de manejo sostenible, integrando sistemas y prácticas orgánicas y de reciclaje, que satisfagan las necesidades de consumo de la población, sin degradar los recursos naturales que la hacen posible.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar las características químicas del humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) a partir de cáscara de cacao y estiércol bovino.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar humus de lombriz roja californiana a partir de la mezcla precompostada de cáscara de cacao y el estiércol bovino.

- Analizar la composición química del humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), a partir de los sustratos escogidos.

1.4. HIPÓTESIS

De acuerdo a los tratamientos a realizar con la cáscara de cacao y el estiércol bovino en la elaboración de humus de lombriz roja californiana, al menos uno de ellos mejorará en un 15% la composición química frente al testigo.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. BIOMASA RESIDUAL AGRÍCOLA

Según Paredes (2015), la biomasa como recurso energético hace referencia a la “biomasa vegetal”, cuando ésta se produce directamente como consecuencia de la fotosíntesis, mientras que la generada por los seres que se alimentan de biomasa vegetal, se denomina “biomasa animal”. Así pues, en un sentido amplio se puede definir como “biomasa” al conjunto de materiales orgánicos generados a partir de la fotosíntesis o bien producidos en la cadena biológica.

La evaluación de la adición de NPK sin biofertilizantes, revela que la acumulación de biomasa es directamente proporcional a la concentración de NPK alcanzando el pico más alto con el 100% de fertilización (Pérez, Luna y Burbano, 2018).

2.2. MATERIA ORGÁNICA

La materia orgánica se forma de la incorporación de restos animales y vegetales. Es muy importante para la fertilidad ya que, desde ella, los microorganismos que viven en el suelo, liberan nutrientes para las plantas. La materia orgánica le da al suelo su color oscuro característico (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria [INIA], 2015).

2.3. RESIDUOS ORGÁNICOS

Para Hernández *et al.*, (2017), el uso de residuos orgánicos permite la conservación y de la materia orgánica (MO) que se pierde por la erosión, además de que se mejora la estructura y el drenaje interno del suelo, y a los residuos orgánicos se pueden convertir en productos de valor agregado para las prácticas de restauración ecológica y programas de fertilidad del suelo (Villegas y Laines, 2017).

2.3.1. CÁSCARA DE CACAO

Como lo mencionan Sangronis, Soto, Valero y Buscema (2014) la cáscara de cacao se convierte en un producto de varios usos, contiene vitaminas A y C, fibra, calcio y magnesio, a los animales en su nutrición y a la tierra como abono orgánico, así mismo Valbuena y Serrano (2018), manifiestan que la cáscara de cacao puede ser usada para la elaboración de hormigones ya que este obtuvo

una resistencia mayor a la requerida por las normas INEN, también que es rica en vitaminas A y C así como en teobromina, pectina, fibra, calcio y magnesio y que contiene también ácido oleico, linoleico y antioxidantes.

Según Teneda, Hen y Mondaca (2018), la cáscara de cacao contiene macro nutrientes (carbohidratos, lípidos, proteínas), micro nutrientes como (vitaminas y minerales); sin embargo, es desechada sin ningún uso presentando vectores, malos olores, propagación de enfermedades en el cultivo (Jiménez y Mantilla, 2016). De ahí la opción del compostaje, que permite dar un tratamiento a esos residuos mediante su descomposición (Matamoros, 2016).

2.3.2. ESTIÉRCOL BOVINO

El estiércol por excelencia es usado como abono por su rico contenido en nitrógeno, materia orgánica y capacidad de restaurar suelos en mal estado por la agricultura según Tortosa (2014). Cervantes, Fortis, Trejo, Vásquez, Gallegos, y García (2018), indican que el estiércol es una de las bases para la elaboración del vermicompost mediante la acción de la lombriz roja californiana.

2.4. ABONOS ORGÁNICOS

Los abonos orgánicos de origen animal (especialmente los que utilizan estiércol bovino) poseen grandes concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK), esto ayuda a que los cultivos tengan un contenido equilibrado en macronutrientes (NPK), micronutrientes y microorganismos beneficiosos para la rizosfera (Burés profesional S.A., 2015).

Según Rodríguez *et al.*, (2016), el uso de abonos orgánicos y biofertilizantes en cualquier tipo de cultivo, es cada vez más frecuente por dos razones: son productos de buena calidad y costo bajo. El empleo de materia orgánica en sistemas de producción en pequeños espacios, está en dependencia de la fertilidad del suelo, utilizando compost, gallinaza, humus de lombriz, biol, y otros; y para Chiriboga, Gómez y Andersen (2015), un bioinsumo es el compost o abono orgánico sólido, sirve para estimular y activar la nutrición de las plantas; su desarrollo es una contribución a la agricultura sustentable.

2.5. PRE COMPOSTAJE

Es una descomposición aerobia de residuos orgánicos que permite transformar los residuos orgánicos degradables en un producto estable, en este caso estiércol de ganado y cáscara de cacao, en el que se consigue un producto más o menos estable y que sirve de alimento para las lombrices (Gobierno de la ciudad de Santa Fé, 2017).

2.6. COMPOST

El compostaje es un proceso biotecnológico en el que se producen reacciones bioquímicas, para transformar la fracción orgánica mediante la actividad de organismos aerobios como poblaciones de bacterias, hongos y actinomicetos, en un producto final estable, libre de semillas y patógenos denominado compost (Hanníbal, 2016).

2.6.1. ELABORACIÓN DE COMPOST

Según Chávez, Velásquez y Casallas (2016), indican que como alternativas de tratamiento de los sustratos orgánicos se plantea el compostaje y la producción de abonos, y su opción, el vermicompostaje, como una técnica aplicada que presenta un proceso biotecnológico de degradación y estabilización de la materia orgánica; la humedad, que es un factor de gran importancia en el proceso de compostaje, por ser el medio por el cual se transportan las sustancias y nutrientes, permite la asimilación para la gran variedad de organismos presentes.

Para la elaboración de compost se debe primero colocar cualquier material que permita que circule el aire y que no se aplaste con facilidad como primera capa, luego se introducen restos de materiales orgánicos, estando lo más triturados posible, se debe procurar que se mantenga húmeda. Cada vez que se introducen desechos se debe mezclar con el material antiguo, hojas o paja (Loor, 2012).

El manual de compostaje del agricultor de la FAO (2013), existen un gran número materiales orgánicos que son compostables como:

- Restos de cosecha, plantas del huerto o jardín, ramas trituradas y restos de poda.
- Heno y hierba segada, césped o pasto.

- Estiércol de porcino, vacuno, caprino y ovino, y sus camas de corral.
- Restos orgánicos de cocina (frutas y hortalizas), alimentos estropeados o caducados, cáscaras de huevo (preferible trituradas), restos de café.
- Restos de té e infusiones, cáscaras de frutos secos, cáscaras de naranja, cítricos o piñas (pocas y troceadas), papas estropeadas, podridas o germinadas.
- Aceites y grasas comestibles (muy esparcidas y en pequeña cantidad).
- Virutas de serrín (en capas finas).
- Servilletas, pañuelos de papel, papel y cartón (no impresos ni coloreados, ni mezclados con plástico).
- Cortes de pelo (no teñido), residuos de esquilado de animales.

No se deben incluir materiales tóxicos, inertes o nocivos como los siguientes:

- Residuos químicos-sintéticos, solventes, gasolina, petróleo, pegamentos, aceite de vehículos y pinturas.
- Materiales no degradables como: vidrio, metales y plásticos.
- Aglomerados o contrachapados de madera (ni sus virutas o serrín).
- Tabaco, ya que contiene un biocida potente como la nicotina y diversos tóxicos.
- Detergentes, productos clorados, antibióticos, residuos de medicamentos.
- Animales muertos (estos deben ser incinerados en condiciones especiales, o pueden ser compostados en pilas especiales).
- Restos de alimentos cocinados, carne.

2.6.2. MONITOREO DURANTE EL COMPOSTAJE

Ya que el compostaje es un proceso biológico llevado a cabo por microorganismos, se deben tener en cuenta los parámetros que afectan su crecimiento y reproducción, tales como el oxígeno o aireación, la humedad de substrato, temperatura, pH, así lo indica la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], (2013).

- **OXÍGENO**

La importancia del oxígeno en el compostaje es que es un proceso aerobio y se debe mantener una aireación adecuada para permitir la respiración de los

microorganismos, liberando a su vez, dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera (FAO, 2013).

La saturación de oxígeno en el medio no debe bajar del 5%, siendo el nivel óptimo el 10%. Un exceso de aireación provocaría el descenso de temperatura y una mayor pérdida de la humedad por evaporación, haciendo que el proceso de descomposición se detenga por falta de agua.

Cuadro 2.1. Control de aireación

Porcentaje de aireación		Problema	Soluciones
<5%	Baja aireación	Insuficiente evaporación de agua, generando exceso de humedad y un ambiente de anaerobiosis	Volteo de la mezcla y/o adición de material estructurante que permita la aireación
5% - 15% Rango ideal			
>15%	Exceso de aireación	Descenso de temperatura y evaporación del agua, haciendo que el proceso de descomposición se detenga por falta de agua.	Picado del material a fin de reducir el tamaño de poro y así reducir la aireación. Se debe regular la humedad, bien proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua (restos de frutas y verduras, césped, purines u otros).

Fuente: Manual de compostaje de la FAO (2013).

- **HUMEDAD**

La humedad óptima para el compost se sitúa alrededor del 55%, aunque varía dependiendo del estado físico y tamaño de las partículas, así como del sistema empleado para realizar el compostaje (FAO, 2013).

- **TEMPERATURA**

El compostaje inicia a temperatura ambiente y puede subir hasta los 65°C sin necesidad de ninguna actividad antrópica (calentamiento externo), para llegar nuevamente durante la fase de maduración a una temperatura ambiente (FAO, 2013).

Cuadro 2.2. Parámetros de temperatura óptima.

Temperatura (°C)	Causas asociadas	Soluciones	
Baja temperaturas (T° ambiente <35°C).	Humedad insuficiente	Las bajas temperaturas pueden darse por varios factores, como la falta de humedad, por la actividad metabólica y por tanto, la temperatura baja.	Humedecer el material o añadir material fresco con mayor porcentaje de humedad (resto de fruta, verduras, u otros).
	Material Insuficiente. Déficit de nitrógeno o baja C:N.	Insuficiente material o forma de la pila inadecuada para que alcance una temperatura adecuada. El material tiene una alta relación C: N y por lo tanto, los microorganismos no tienen el N suficiente para generar enzimas y proteínas y disminuyen o ralentizan su actividad. La pila demora en incrementar la temperatura más de una semana.	Añadir más material a la pila de compostaje. Añadir material con alto contenido en nitrógeno como estiércol.
Altas temperaturas (T ambiente >70°C)	Ventilación y humedad insuficiente	La temperatura es demasiado alta y se inhibe el proceso de descomposición. Se mantiene actividad microbiana pero no la suficiente para activar a los microorganismos mesófilos y facilitar la terminación del proceso.	Volteo y verificación de la humedad (55-60%). Adición de material con alto contenido en carbono de lenta degradación (madera, o pasto seco) para que ralentice el proceso.

Fuente: Manual de compostaje de la FAO (2013).

2.6.3. FASES DEL COMPOSTAJE

Según la FAO (2013), el compostaje aeróbico es un proceso biológico que ocurre en condiciones en presencia de oxígeno, con la adecuada humedad y temperatura, se asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un material homogéneo y asimilable por las plantas. Las diferentes fases del compostaje se dividen según la temperatura, en:

- **FASE MESÓFILA:** El material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas), la temperatura aumenta hasta los 45°C. Este aumento de temperatura es debido a actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor (Beltrán, Castellanos, Guevara y Lombana, 2003).
- **FASE TERMÓFILA O DE HIGIENIZACIÓN:** Cuando el material alcanza temperaturas mayores que los 45°C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más

complejas de C, como la celulosa y la lignina. Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, según el material de partida, las condiciones climáticas y del lugar, y otros factores (Beltrán *et al.*, 2003).

- **FASE DE ENFRIAMIENTO O MESÓFILA II:** Agotadas las fuentes de carbono y en especial el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C. Durante esta fase, continúa la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista (Beltrán *et al.*, 2003).

2.7. HUMUS DE LOMBRIZ O VERMICOMPOSTA

Cruz, Álvarez, Soria y Candelaria (2016), señalan que la vermicomposta se genera como resultado de las transformaciones bioquímicas y microbiológicas de los residuos orgánicos, provocadas en el intestino de las lombrices el cual está compuesto principalmente por el carbono, oxígeno, nitrógeno.

Según Izar e Izar (2014), el humus de lombriz es un fertilizante orgánico 100% natural, debido a su composición de varios elementos, siendo los principales nitrógeno, fósforo y potasio (NPK); y para Briceño y Pérez (2017), es la materia orgánica degradada a su último estado de descomposición por efecto de microorganismos en el cual la lombriz excreta 60% para el abono orgánico y el 40 % son asimilados y se convierte en biomasa de lombriz, normalmente se emplea una mezcla de suelo con material orgánico fresco (restos de vegetales, estiércol, etc.) en una proporción de 3:1, o material orgánico compostado con material fresco en proporción 2:1 respectivamente.

Entre las ventajas del humus de lombriz están su naturaleza orgánica, que no daña el ecosistema y que, al usarse como complemento, reduce la contaminación por uso indiscriminado de fertilizantes químicos (Izar e Izar, 2014); el humus de lombriz contiene más nutrientes en formas disponibles para las plantas como nitratos (N), fosfatos (P), potasio (K) y magnesio (Mg) soluble e intercambiables fósforo (P) y calcio (Ca). El humus de lombriz posee partículas con gran superficie que proporciona multitud de microespacios en los que se desarrolla la actividad microbiana y una fuerte retención de nutrientes (Alva, Bayona, Bocanegra, Castillo, Zavaleta y Zúñiga, 2018).

El vermicompuesto final, se cosecha dependiendo el sistema de producción y el tamaño. El material obtenido puede ser tamizado para homogenizar el tamaño, o secado para ser almacenado y posteriormente aplicado a suelo.

2.7.1. OBTENCIÓN DEL HUMUS

Al igual que el compost maduro, el producto final es materia orgánica, pero son las lombrices quienes realizan el proceso con ayuda de los microorganismos; para la obtención de vermicompost, la especie de lombriz que comercialmente más se emplea es *Eisenia foetida* conocida comúnmente como la lombriz roja californiana, a pesar de ser originaria de Europa (FAO, 2013).

Para Chávez, Velásquez y Casallas (2016), la obtención de humus se basa en la estabilización de la materia orgánica, por la operación de lombrices de diferentes especies, que son capaces de nutrirse de esos sustratos residuales, produciendo humus, que pueda utilizarse como acondicionador de suelos o abono orgánico.

2.7.2. PRODUCCIÓN DEL HUMUS DE MANERA TRADICIONAL

Según Gallo y Jiménez (2017), se puede elaborar humus a pequeña escala con productos del medio como estiércol bovino el más común, también se puede agregar a esta materia prima aserrín, paja, cáscara de huevo, papel, entre otros, además de ser una forma económica y fácil para abonar las plantas, obteniendo riqueza en enzimas y microorganismos que estimulan el crecimiento de las plantas y restauran el equilibrio tierra-vegetal a través del humus. Para Cajas (2012), los inorgánicos son su alimento, éstos se transforman en el intestino produciendo humus de lombriz, es de color negruzco, granulado, homogéneo y con un olor agradable a mantillo de bosque.

2.7.3. FACTORES QUE AFECTA LA PRODUCCIÓN DE HUMUS

Según Díaz (2002) en la Guía de Lombricultura indica lo siguiente:

- **TEMPERATURA**

Las lombrices se desarrollan normalmente hasta los 15-18°C, se inactivan a 0°C y mueren cuando disminuyen las temperaturas debido a que se congela el protoplasma, estas se protegen enterrándose en las camas de alimentación.

Para el cultivo comercial de lombrices, la temperatura ideal es entre 20-25°C para su crecimiento, y para para la formación de cocones e incubación oscila entre 12-15°C (Díaz, 2002).

- **HUMEDAD**

Para facilitar la ingestión del alimento y el deslizamiento de las lombrices a través del material, no debe poseer una humedad inicial del 70% hasta disminuir a un 40%; no es recomendable llegar a niveles de estancamiento en que se pudra el mismo debido a la fermentación anaeróbica que trae como consecuencia la muerte de la lombriz. Es por esto que el alimento debe presentarse húmedo y poroso, no compactado ni anegado, y el lugar en que se movilizan debe estar lleno de aire y las paredes húmedas (Díaz, 2002).

La exposición a un fuerte sol, produce sequedad y elevación de la temperatura, pudiendo llegar a detener la producción de la lombriz, por eso el primer riego se da cuando se introducen las lombrices (Díaz, 2002).

- **pH**

El pH óptimo para la producción de humus es de 7 a 8, aunque la lombriz puede vivir en un rango de pH desde 4 a 8, para evitar problemas con el pH se debe realizar pruebas de acidez con el objetivo de controlar el estado del material orgánico y que este no vaya a afectar la salud de la lombriz, ni la producción de humus (Jaramillo y Muñoz, 2018).

- **Aireación**

Pueden vivir con poco oxígeno y altas cantidades de dióxido de carbono permaneciendo un tiempo prolongado en el agua si ella se agita para incorporarle oxígeno, pero en condiciones anaeróbicas puede producirse sustancias tóxicas, por ello es necesario pues proveer una correcta aireación de la pila o cuna que le permita una buena respiración para el normal desarrollo de la lombriz y así evitar demoras en el vermicompostaje (Díaz, 2002).

2.7.4. PRODUCCIÓN CUANTITATIVA DE HUMUS

Una lombriz adulta come diariamente su propio peso, aproximadamente un 1 gramo. De aquél valor el 60% lo excreta como abono y el 40% lo metaboliza para

formar tejido y acumular energía; en un año cada lombriz adulta puede generar 1500 individuos (Díaz, 2002).

2.7.5. NPK EN VERMICOMPOSTAJE

Al comparar análisis entre compost y lombricompostos, se ha encontrado una concentración alta de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, mayores a las encontradas en el compostaje, por lo tanto, una mejor utilización de la materia orgánica debido a los microorganismos que intervienen en la descomposición previa a la intervención de las lombrices (Elorza, 2016), así mismo un contenido de potasio debido a la suplencia de macro nutrientes contenidos en el vermicompostaje (Borges, Barrios, Argenis y Avendaño, 2014).

2.7.6. MATERIA ORGÁNICA EN HUMUS

Es aquella formada por el humus en el sentido estricto de la palabra, y está relacionada con el complejo mineral arcillo-húmicos que intervienen en el crecimiento biológico de las plantas. Diversos investigadores señalan que esta materia se encuentra en el 50% de la materia orgánica total. Igualmente es difícilmente atacable por la flora bacteriana ya que es materia transformada y contiene los minerales necesarios para la fotosíntesis de las plantas (Céspedes y Paz, 2017).

2.7.7. USO DEL HUMUS

Según Arango (2017), el humus de lombriz roja californiana, se define como un fertilizante de origen natural ya que cumple un papel muy importante al corregir y mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, siendo además una buena alternativa para el manejo ecológico de los desechos contaminantes como basura orgánica, desperdicios de cocina, estiércoles de establos, entre otros (Méndez, 2015).

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

El trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del vivero del Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo Agropecuario (CIIDEA), de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, ubicada en el sector El Limón, parroquia Calceta, Cantón Bolívar, Provincia de Manabí, con sus coordenadas GMS S 0° 49' 47.186" O 80° 10' 55.052".

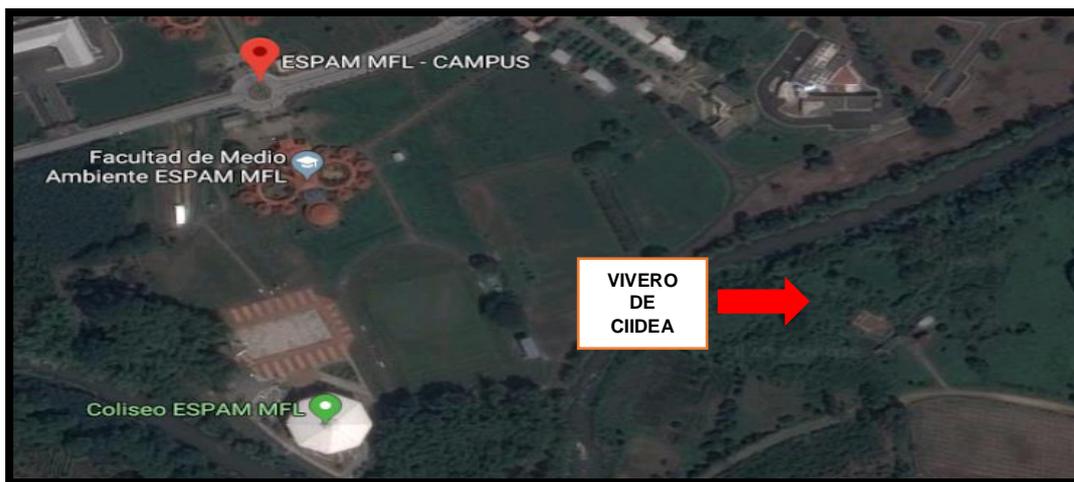


Imagen 3.1. Ubicación del proyecto de investigación, vivero de CIIDEA.
Fuente: Google Maps.

3.2. DURACIÓN

Esta investigación tuvo una duración de siete meses, a partir del mes de febrero 2019 en el que se aprobó el proyecto de titulación y se ejecutó durante el periodo abril-agosto 2019.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. MÉTODOS

- **MÉTODO CUANTITATIVO**

El trabajo de investigación se basó en medir el efecto de los tratamientos, obteniéndose datos para investigar, analizar y comprobar la información de la

relación numérica entre las variables planteadas y el problema de investigación, para finalmente rechazar o aceptar la hipótesis.

- **MÉTODO INDUCTIVO**

Se demostró que en la investigación dio como resultado de la experimentación de los tratamientos para la obtención de humus, una nueva propuesta para la elaboración de abonos orgánicos incorporando como principal materia prima la cáscara de cacao, de aquí se derivó la conclusión de la hipótesis en particular.

- **MÉTODO SINTÉTICO**

En el presente trabajo se recopiló de forma breve y metódica la información resumida con respecto a los sustratos utilizados, con la finalidad de comprender y analizar cada procedimiento metodológico en la elaboración del humus desarrollado durante la investigación.

- **MÉTODO ESTADÍSTICO**

Se utilizó la estadística descriptiva para la recolección, tabulación y análisis de datos, además de la generación de gráficos de líneas y de barras, así mismo se utilizó la estadística inferencial para determinar diferencia estadística entre tratamientos con el ANOVA y a partir de este utilizar la prueba múltiple de media Tukey para identificar cuál de los tratamientos alcanzó mejor rendimiento en las variables analizadas.

- **MÉTODO BIBLIOGRÁFICO**

El trabajo de investigación obtuvo la información pertinente basadas en fuentes bibliográficas de primer orden, entre las que se pueden mencionar: artículos científicos, libros, tesis de pregrado y posgrado, y sitios web en lo referente a temas relacionados con la utilización de la cáscara de cacao y el estiércol bovino en la elaboración de compost y humus.

3.3.2. TÉCNICAS

- **RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

Para la ejecución del proyecto de investigación, se recolectó información de manera empírica a los ciudadanos de la parroquia Calceta, para la identificación de las áreas de cultivo de cacao y del ganado bovino, en dónde el estiércol se lo recolectó en la Hacienda La Esperanza y la cáscara de cacao en el sitio El Paraíso.

3.4. FACTOR DE ESTUDIO

El factor de estudio de la presente investigación fue la proporción del estiércol bovino y de la cáscara de cacao.

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

De acuerdo a la homogeneidad de los materiales que componen el precompostaje y al ambiente semicontrolado donde se desarrolló la investigación, se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con cinco tratamientos y tres repeticiones, siendo el testigo el tratamiento cinco, obteniendo un total de 15 unidades experimentales, eligiendo a la prueba múltiple de media Tukey al 5% de probabilidad de error.

Cuadro 3.1. Distribución de los tratamientos de acuerdo al DCA.

Tratamientos	Repeticiones		
	1	2	3
T ₁	1	5	4
T ₂	2	4	1
T ₃	3	2	5
T ₄	4	3	2
T ₅ (Testigo)	5	1	3

Fuente: Los autores.

3.5.1. MODELO MATEMÁTICO DEL DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

Según Méndez (2016) para realizar un trabajo de investigación con un diseño completamente al azar, se tendrá que utilizar una fórmula matemática detallada a continuación para cada medición:

$$Y_{ij} = \mu + a_i + \epsilon_{ij} \quad [3.1.]$$

Donde:

- Y_{ij} = Valor del parámetro en consideración
- μ = Media general
- a_i = Efecto de los tratamientos
- ϵ_{ij} = Efecto del error experimental

3.6. UNIDAD EXPERIMENTAL

Para el precompostaje se recolectaron 45,5 kg como peso total para cada sustrato (cáscara de cacao y estiércol bovino) dividiendo los porcentajes correspondientes para cada tratamiento. Las unidades experimentales estuvieron constituidas por una cama de 1,50 m de largo, 0,50 m de ancho y 0,50 de profundidad, cada cama estuvo dividida en tres secciones, teniendo un total de 15 divisiones (**ANEXO 1**) suministrándoseles 30 libras de precompostaje y 200 lombrices (200 gr aproximadamente).

Cuadro 3.2. Proporciones de precompostaje de cada sustrato para los tratamientos.

Tratamientos	Código	Cáscara de cacao (%)	Estiércol bovino (%)
45,5 Kg De Cáscara De Cacao (CC)	T ₁	100	-
34,1 Kg De Cáscara De Cacao (CC) + 11,4 Kg De Estiércol Bovino (EB)	T ₂	75	25
22,8 Kg De Cáscara De Cacao (CC) + 22,8 Kg De Estiércol Bovino (EB)	T ₃	50	50
11,4 Kg De Cáscara De Cacao (CC) + 34,1 Kg Estiércol Bovino (EB)	T ₄	25	75
45,5 Kg De Estiércol Bovino (EB) (testigo)	T ₅	-	100

Fuente: Los autores.

3.7. VARIABLES

3.7.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Proporción de cáscara de cacao y estiércol bovino

3.7.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Evaluación química del humus

3.9. PROCEDIMIENTO

FASE I. ELABORAR HUMUS DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA A PARTIR DE LA MEZCLA PRECOMPOSTADA DE CÁSCARA DE CACAO Y EL ESTIÉRCOL BOVINO

ACTIVIDAD N°1. LIMPIEZA DEL ÁREA DE TRABAJO, RECOLECCIÓN Y PESADO DE LOS SUSTRATOS

Se realizó la adecuación del lugar, que consistió en la limpieza de malezas y lavado del piso, seguidamente se procedió a la recolección de los sustratos (estiércol bovino y cáscara de cacao), los cuáles se colocaron en sacos para transportarlos al vivero de CIIDEA de la ESPAM MFL, el mismo que está cubierto con sarán a 65% de traspaso de luz. Con la ayuda de una balanza electrónica se pesó la dosis establecida en los tratamientos de estiércol bovino y la cáscara de cacao.

ACTIVIDAD N° 2. PREPARACIÓN DEL PRECOMPOSTAJE PARA LA ALIMENTACIÓN DE LAS LOMBRICES

Luego de la adecuación del lugar con los sustratos escogidos, se preparó el alimento para las lombrices rojas californianas mediante el precompostaje de la cáscara de cacao y estiércol bovino según los tratamientos anteriormente mencionados, para lo cual el trabajo se basó en las indicaciones del manual de la FAO (2013), para el cumplimiento de las fases mesófilas, termófilas y de enfriamiento, con una duración de dos meses, tomando de forma regular la temperatura (variable complementaria), mediante el volteo y regado para evitar el exceso del mismo.

ACTIVIDAD N° 3. PREPARACIÓN DE LAS CAMAS DE LOMBRICULTURA PARA LA OBTENCIÓN DE HUMUS DE LOMBRIZ EN BASE A CADA TRATAMIENTO DEL COMPOSTAJE REALIZADO

Para el cumplimiento de esta actividad se elaboraron cinco camas, previamente limpias y divididas en tres secciones (**ANEXO 1**), el lugar consta con una cubierta de sarán de 65% de paso de luz; en cada una de ellas se agregaron 13,7 kg del material precompostado de cada tratamiento, posterior se colocaron 200 lombrices (alrededor de 0,2 kg = 200 gr) para cada unidad experimental, alimentándolas cada 15 días durante un mes.

ACTIVIDAD N° 4. TOMA DE DATOS DE LAS VARIABLES COMPLEMENTARIAS (HUMEDAD Y TEMPERATURA) DURANTE EL PROCESO DE HUMIFICACIÓN

Se llevó el registro de las variables complementarias para mantener en óptimas condiciones el material, ya que el exceso o disminución del efecto de estas variables pueden repercutir en el desarrollo y reproducción de las lombrices, mismas que se basaron según en lo indicado por Palmero (2010):

- **Humedad:** Se hizo la prueba de mano como un biodetector, mínimo una vez por semana, o dependiendo de las condiciones climáticas, que consistió en tomar un puñado de cada sección de las camas de forma al azar y que al apretarlo no goteara de manera excesiva ni se desmenuzara y según Valdez (2013) manifiesta que de esta forma se obtiene un intervalo entre 60-70% (**ANEXO 6**).
- **Temperatura:** Se tomaron los datos de forma diaria a través de un termómetro de aguja para obtener el promedio mensual al final de la elaboración del humus, obteniendo un intervalo entre 20 y 25°C como lo mencionan Acosta, Solís, Villegas y Cardoso (2013).

FASE II. ANALIZAR LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL HUMUS DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*Eisenia foetida*), A PARTIR DE LOS SUSTRATOS ESCOGIDOS.

ACTIVIDAD N°5. RECOLECCIÓN Y ENVIADO DE MUESTRAS AL LABORATORIO

Para la recolección de las muestras, se colocó alimento en las camas, en el extremo de cada sección para que las lombrices se trasladen a este lugar, este proceso requirió de una semana. De acuerdo a la guía de recolección de muestras de la Universidad de las Américas (UDLA), se pesaron cinco gramos de humus de cada tratamiento, luego fueron guardadas en papel aluminio y colocadas en fundas ziploc con sus respectivas rotulaciones, posteriormente se enviaron al laboratorio de la (UDLA) para el análisis correspondiente.

ACTIVIDAD N° 6. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES COMPLEMENTARIAS DEL PRECOMPOSTAJE Y HUMUS.

Para representar la tendencia de la temperatura del precompostaje (**ANEXO 2**) y del humus (**ANEXO 3**), se utilizó el gráfico de líneas con los datos finales de cada uno de ellos, donde se observan los picos de temperatura más altos y bajos en cada proceso, así mismo se interpretó la medición de la humedad con su discusión correspondiente.

ACTIVIDAD N° 7. ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS DEL HUMUS

Para demostrar los datos de pH durante la lombricultura se realizó un gráfico de barras con los datos generados durante un mes (**ANEXO 4**), para los otros parámetros químicos de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio se les realizó el análisis estadístico mediante el paquete estadístico InfoStat versión 2019 para obtener el ANOVA y la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error. Además para su discusión frente a otros autores se utilizó un factor de conversión (mg/kg a %) para los parámetros de fósforo y potasio (**ANEXO 5**). Finalmente para la comparación del mejor tratamiento frente al testigo (T5 – 100% estiércol bovino) se utilizaron los valores del laboratorio.

$$\frac{\text{mg}}{\text{kg}} \times \frac{1\%}{10000 \frac{\text{mg}}{\text{kg}}} = \% \quad [3.2.]$$

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ELABORACIÓN DE HUMUS DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA A PARTIR DE LA MEZCLA PRECOMPOSTADA DE CÁSCARA DE CACAO Y EL ESTIÉRCOL BOVINO.

Durante los meses mayo y junio se realizó el monitoreo diario de la temperatura en las pilas de precompostaje, obteniendo los resultados que se muestran a continuación en el gráfico 4.1.

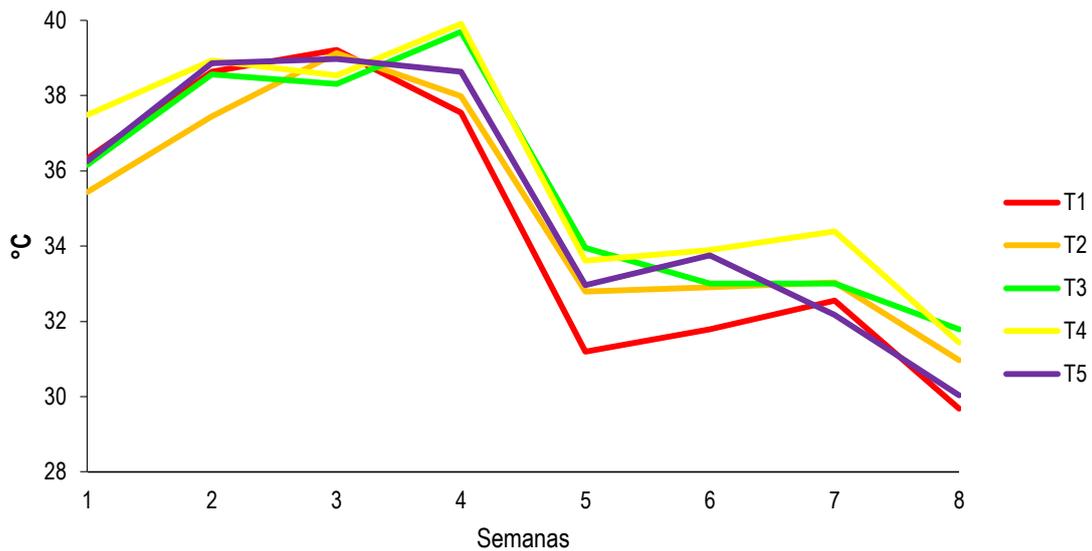


Gráfico 4.1. Comportamiento de temperatura de los diferentes tratamientos.

En el gráfico 4.1, se observa el comportamiento de la temperatura durante las ocho semanas de la elaboración del precompostaje, en la que se alcanzó la mayor temperatura entre la tercera y cuarta semana, siendo de 35 a 37°C, a partir de allí comienza a disminuir, finalizando en la octava semana con una temperatura entre 29-31°C, los tratamientos que alcanzaron los picos más altos fueron el T3 y T4 con resultados relativamente iguales, no obstante T1 es el que primero disminuye su temperatura (31°C) y la mantiene, debido a que la cáscara de cacao no tiene la misma capacidad de mantener el calor como el estiércol.

Las fases en el proceso de compostaje en este trabajo de investigación (**ANEXO 2**) comenzaron con la fase mesofílica con una duración de alrededor de 21 días, la fase termofílica duró aproximadamente cinco días alcanzando una temperatura máxima de 42,1°C, no logró temperaturas más altas, debido a la

cantidad de los sustratos (estiércol bovino y cáscara de cacao) utilizados y a la oxigenación que se le realizaba, puesto que la cantidad del material no alcanzó el metro cúbico (m^3) de altura, Palmero (2010) indica que al tener una pila de compostaje mayor o igual a $1m^3$ se alcanza una temperatura mayor a $60^{\circ}C$ para higienizar la mezcla.

La fase de enfriamiento duró 35 días llegando a una temperatura entre $26,5^{\circ}C$ – $28^{\circ}C$, esto concuerda con la clasificación del proceso de compostaje mencionado por Ortiz (2015), dónde la temperatura está condicionada por la humedad y la aireación, y varía dependiendo de la actividad metabólica de los microorganismos, clasificándose de acuerdo a las siguientes fases: mesofílica (<de $40^{\circ}C$), termofílica (40 a $60^{\circ}C$), fase de enfriamiento (< de $40^{\circ}C$) y fase de maduración (temperatura ambiente).

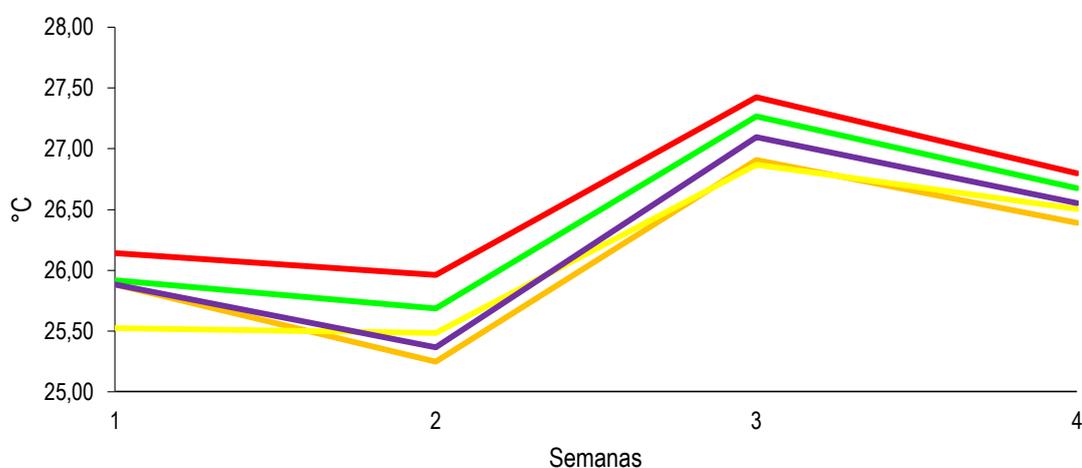


Gráfico 4.2. Comportamiento de temperatura durante el proceso de humificación

El gráfico 4.2, presenta la temperatura final durante el mes de julio (**ANEXO 3**) del humus obtenido a partir de lombriz roja californiana, demostrando que todos los tratamientos comenzaron a aumentar la temperatura a partir de la tercera semana con un intervalo de $26-27^{\circ}C$ y finalizando el proceso con valores similares entre todos los tratamientos observando que la diferencia entre ellos no supera $1^{\circ}C$.

Esto concuerda con lo expuesto por Acosta, Solís, Villegas, y Cardoso, (2013), quienes indican que la temperatura óptima para el desarrollo de la *Eisenia foetida* en cualquier sustrato se debe mantener entre los 20 y $25^{\circ}C$ máximo $26^{\circ}C$ por lo

que el trabajo de investigación se relaciona con lo dispuesto por los autores citados donde el promedio final del humus de los cinco tratamientos tiene una temperatura alrededor de 26°C es decir se encuentra dentro de lo recomendable por los autores, así mismo Valdez (2013) menciona que este tipo de lombriz puede reproducirse en cualquier parte del mundo mientras sea en un lugar con climas templados con temperaturas promedio superior a los 20°C.

La humedad se mantuvo en un 65% durante la elaboración del humus, este dato concuerda con Valdez (2013) que menciona el intervalo óptimo del alimento para la lombriz que oscila entre 70-60% teniendo en cuenta que las lombrices carecen de dientes y si el alimento es seco, dificulta el proceso de digestión, y una humedad superior al 85% resulta perjudicial para estos anélidos. Tenecela (2012), indica que la humedad debe ser alrededor del 70% para facilitar la digestión y el deslizamiento de la lombriz por el material, así mismo Cajas (2009) menciona que si la humedad no es la adecuada puede hasta causar la muerte de la lombriz.

4.2. ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL HUMUS DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*Eisenia foetida*), A PARTIR DE LOS SUSTRATOS ESCOGIDOS.

A continuación se presenta el análisis estadístico de la composición química del humus de lombriz roja californiana declaradas en la metodología, respecto a cada uno de los tratamientos.

4.2.1. pH

García (2010) menciona que es fundamental medir el pH cada tres días para que la lombriz crezca en un ambiente óptimo y facilite su alimentación, conocer este parámetro es importante debido a que influye en la disponibilidad de los diferentes elementos que el humus necesita.

Cuadro 4.1. ANOVA del pH.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	0.07	4	0.02	1.51	0.2708
Tratamientos	0.07	4	0.02	1.51	0.2708
Error	0.12	10	0.01		
Total	0.19	14			

Fuente: InfoStat (2019).

El ANOVA realizado en el cuadro 4.1., presenta que el p-valor es de 0,2708 siendo $>0,05$ de probabilidad de error, por lo tanto se concluye que no existe diferencia significativa entre los tratamientos.

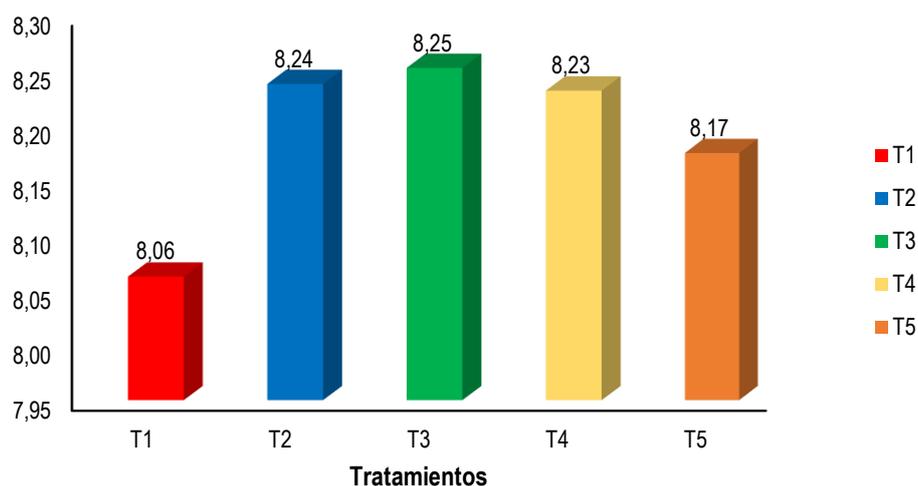


Gráfico 4.3. Promedio final del pH durante el proceso de humificación.

En el gráfico 4.3, se aprecia el pH promedio de cada tratamiento (**ANEXO 4**), que de acuerdo al ANOVA no hay diferencia significativa, sin embargo de acuerdo a los resultados se evidencia que el pH se mantiene entre 8,24 – 8,25 en aquellos tratamientos que están conformados tanto de residuos de cáscara de cacao como de estiércol bovino (T2, T3, T4), habiendo mayor variabilidad en el T1 y T5 donde no se realizó la combinación entre ambos residuos.

El trabajo de investigación concuerda con lo mencionado por Ortiz (2015), que manifiesta que el humus de lombriz tiene un pH ligeramente alcalino que facilita la proliferación de bacterias y disminución de hongos patógenos, este mismo autor señala que las relaciones existentes en el proceso de humificación el pH, aireación y microorganismos indican que la degradación orgánica se inhibe a pH bajos, por lo que si el pH se mantiene por encima de 7,5 durante el proceso es indicador de una buena degradación.

4.2.2. MATERIA ORGÁNICA

La materia orgánica posee en su composición cantidades importantes de nitrógeno, fósforo y potasio, cumpliendo un rol fundamental para mantener el equilibrio de los nutrientes que posee, por medio de la acción microbiana se convierten en una serie de compuestos intermedios que llegan a la formación de humus (Valdez, 2013).

Cuadro 4.2. ANOVA de la materia orgánica.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	415.18	4	103.80	20.81	0.0001
Tratamientos	415.18	4	103.80	20.81	0.0001
Error	49.89	10	4.99		
Total	465.07	14			

Fuente: InfoStat (2019).

De acuerdo con el ANOVA existe diferencia significativa entre los tratamientos para los datos de la variable materia orgánica (%), ya que 0,0001 de p-valor es <0,05, por lo tanto se aplica la prueba de medias Tukey, demostrando que las diferentes proporciones de los sustratos aportan materia orgánica en porcentajes desiguales.

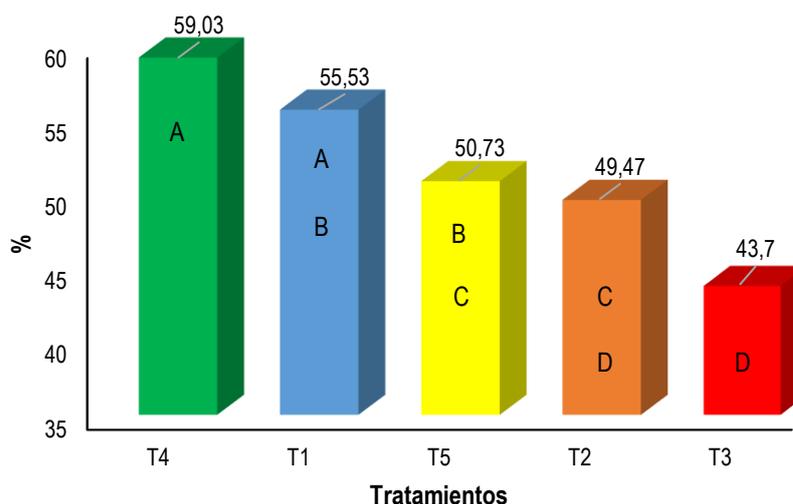


Gráfico 4.4. Prueba de Tukey materia orgánica.

La prueba de media Tukey, permitió identificar 4 grupos distintos, a un 5% de probabilidad de error, destacándose con la mejor categoría el T4 por tener el mejor rendimiento, siendo este de 59.03%, sin embargo la interacción entre ambos residuos, donde la cantidad de cáscara de cacao es mayor o igual al del otro sustrato (estiércol bovino) fue donde se obtuvieron menores rendimientos,

como el T2 con el 49.47% y T3 con el 43.7%, estando en las dos categorías menos valoradas

Los resultados muestran que los tratamientos presentan un intervalo de materia orgánica entre 43% a 59%, estos datos concuerdan con lo indicado por el portal Infoagro (2005), en el que la composición de materia orgánica para humus de lombriz debe oscilar entre un 30-70%, por lo que los datos se encuentran dentro de lo establecido. Hernández y López (2010), indican que los residuos agropecuarios se consumen, debido a que toman como fuente de energía el carbono para la formación de biomasa.

Así mismo Sánchez (2013), indica que de la cáscara de cacao se pueden obtener abono orgánico mediante el proceso de descomposición obteniendo un beneficio de las sustancias pegajosas que posee la piel de las lombrices que ayudan a aglutinar las partículas debido a la mezcla de la materia orgánica, el material mineral del suelo y las secreciones de las lombrices.

Según Nigoul (2006), menciona que el humus juega un rol importante por su efecto en la absorción de micronutrientes, por lo que la MO contribuye al crecimiento vegetal por medio de las propiedades físicas, químicas y biológicas; este mismo autor menciona que sirve como fuente de nitrógeno, fósforo a través de la mineralización de microorganismos encontrados en el suelo, por ejemplo, la MO es requerida por las bacterias fijadoras de nitrógeno como fuente de energía.

4.2.3. NITRÓGENO

Una vez que la materia orgánica ha cambiado para transformarse en humus, el nitrógeno y los minerales que componen la tierra no son absorbidos aún por la planta, por lo que la lombriz para que pueda absorber estos nutrientes el humus debe pasar la fase de mineralización mediante el proceso biológico natural dado por los microorganismos del suelo, tomando en cuenta que la forma que el nitrógeno se presente en el humus es de forma amídico (Adrada, 2017).

Cuadro 4.3. ANOVA de nitrógeno.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	0.79	4	0.20	2.72	0.0912
Tratamientos	0.79	4	0.20	2.72	0.0912
Error	0.73	10	0.07		
Total	1.52	14			

Fuente: InfoStat (2019).

En lo que respecta a la variable nitrógeno, el ANOVA refleja que no existen diferencias significativas debido a que 0,0912 representado por p-valor es mayor a 0,05 del porcentaje de error, lo que significa que la aplicación individual o colectiva de los residuos estudiados, aportan la misma cantidad de nitrógeno al humus.

Todos los tratamientos cumplen el intervalo mostrado por Cajas (2009) dónde indica que los valores de nitrógeno oscilan entre 1-2%, también menciona que el estiércol como materia prima es de fácil manejo debido a que posee una menor compactación y acidificación siendo una ventaja que contengan enzimas que facilitan la acción bacteriana al pasar por el tracto digestivo de la lombriz, adicional contiene antibióticos y vitaminas que ayudan al crecimiento de la lombriz.

Kraub (2003) señala que el nitrógeno está condicionado por la energía lumínica transformada en química en el aprovechamiento del desarrollo de las plantas (división, elongación, floración y fructificación). Así mismo Costa, Almeida, y Valle, (2001) mencionan que las plantas requieren nutrientes en mayores cantidades debido a la fotosíntesis, por lo que si la planta recibe mucha sombra la tasa fotosintética disminuye debido a la dosis alta de nitrógeno, lo que concuerda con Lallana y Lallana, (2003) que señalan que una baja iluminación hace que la respiración sea mayor a la fotosíntesis y se libere más CO₂, por lo que la luminosidad se iguala a la cantidad de CO₂ liberada por medio de la respiración causando que su absorción por medio de la fotosíntesis.

4.2.4. FÓSFORO

Según Frías (2017) menciona que el fósforo lo utilizan las plantas o seres humanos como energía y se suele añadir los cultivos para estimular el

crecimiento de la raíz, resistencia al frío y en muchas ocasiones para acelerar la madurez de la planta, por lo que el humus con una cantidad adecuada aportara mucho para el valor nutricional de la planta o suelo.

Cuadro 4.4. ANOVA de fósforo

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	65705162.73	4	16426290.68	61.64	<0.0001
Tratamientos	65705162.73	4	16426290.68	61.64	<0.0001
Error	2665084.61	10	266508.46		
Total	68370247.33	14			

Fuente: InfoStat (2019).

El cuadro 4.4., referente al ANOVA de la variable fósforo, muestra que la cantidad del p-valor (0,0001) es < a 0.05, por lo tanto se concluye que existen diferencias significativas entre los tratamientos, teniendo la necesidad de aplicar la prueba de media Tukey.

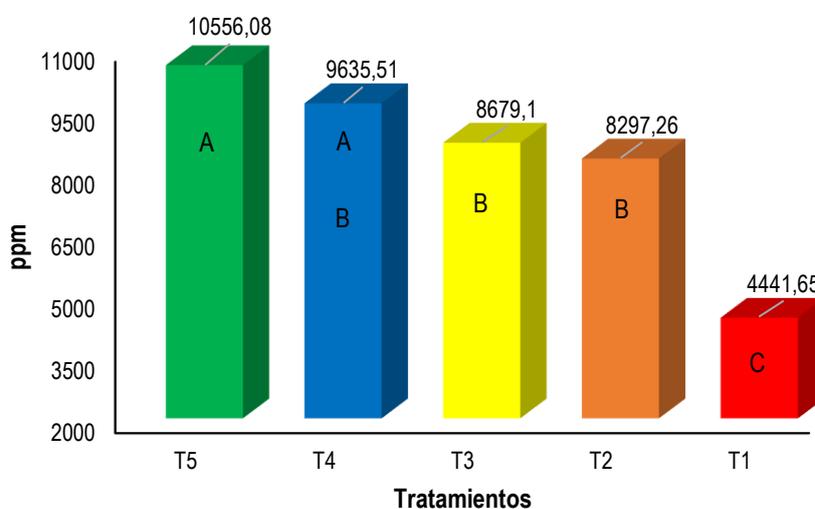


Gráfico 4.5. Prueba de Tukey fósforo.

Seguidamente se aplicó la prueba múltiple de medias Tukey con un 5% de probabilidades de error, dónde se identificaron 3 grupos diferentes. En sentido general se obtuvieron los mejor rendimientos en los tratamientos que se le suministró mayor cantidad de estiércol bovino, por lo que se destaca el T5 con la mejor categoría, siendo su efecto de 10.556,08 ppm, seguido por el T4 con 9.635.51 ppm y con el rendimiento más bajo y con la categoría menor valorada el T1 cuyo resultado fue de 4441.65 ppm, tratamiento conformado solamente con cáscara de cacao.

Con el propósito de presentar los resultados como otros autores lo hacen y proseguir con la discusión, se efectuó la conversión de ppm o mg/kg a % como se presenta en el cuadro 4.5.

Cuadro 4.5. Conversión de ppm o mg/kg a % del fósforo.

Tratamientos	A = mg/kg	F.C.	$A * F. C. = \%$
T1	4441,65		0,444
T2	8297,26	1%	0,829
T3	8679,10	$\frac{10000 \text{ mg/kg}}{}$	0,867
T4	9635,51		0,963
T5	10556,08		1,055

Fuente: Los autores (2019).

Fajardo (2007) citado por Méndez (2015) en su estudio de uso de subproductos de cosecha de cacao, palma aceitera y raquis de banano en la producción de lixiviado del humus con lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) señala que los valores medios de composición química del humus en cuanto al fósforo fluctúa entre 0,23-1,8%, por lo que todos los tratamientos se encuentran dentro de este intervalo; como nos indica Tenecela (2012), al tener este porcentaje señala que el humus de lombriz es un mejorador de las características química del suelo, de su estructura (haciéndolo más permeable al agua y al aire), aumentando la retención hídrica, regulando la actividad de los nitritos del suelo junto con la capacidad de almacenar y liberar los nutrientes requeridos por las plantas de manera equilibrada (nitrógeno, fósforo, potasio).

Así mismo Castañeda (2014), menciona que las lombrices se alimentan casi de cualquier materia orgánica putrefacta que incluyen grandes cantidades de fósforo, misma que es digerida por la lombriz pasando por el intestino y acentuándose por la enorme actividad microbiana, este mismo autor señala que la lombriz roja californiana tiende a degustar materia orgánica especialmente con azúcares, celulosa y sales, lo que significa que el humus proporciona una dieta completa a la plantas y al mismo tiempo para la lombriz la cáscara de cacao es un alimento que le llama la atención para digerir por su contenido.

4.2.5. POTASIO

Este elemento en los biofertilizantes o abonos orgánicos realiza una acción favorable al suelo aportando minerales que son nutrientes para el mismo, entre ellos el potasio, lo que aumenta la actividad biológica y además sirven de alimento para una gran cantidad de microorganismos y lombrices (Méndez, 2015).

Cuadro 4.6. ANOVA de potasio.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	399312611.85	4	99828152.96	143.01	<0.0001
TRATAMIENTOS	399312611.85	4	99828152.96	143.01	<0.0001
Error	6980461.78	10	698046.18		
Total	406293073.62	14			

Fuente: InfoStat (2019).

El ANOVA correspondiente a la variable potasio muestra que existen diferencias significativas entre tratamientos, siendo su p-valor de 0.0001, es decir menor que 0.05, por lo que se prosigue con la prueba de media Tukey.

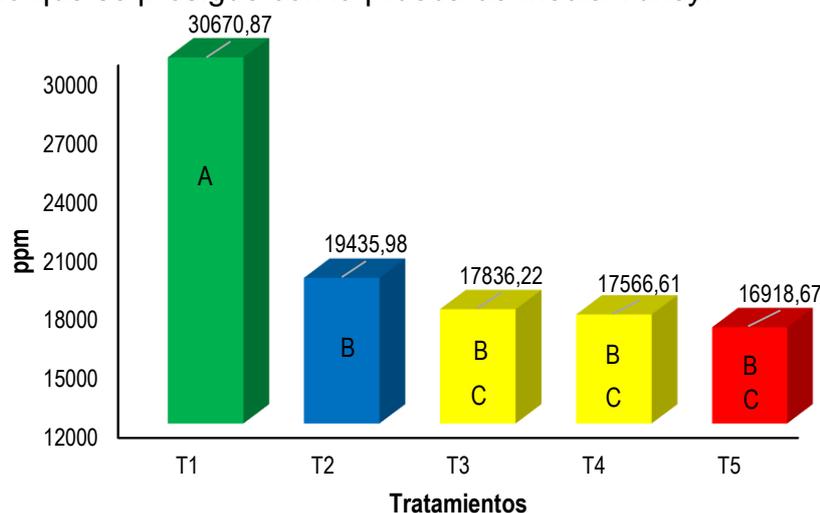


Gráfico 4.6. Prueba de Tukey potasio.

Se realizó la prueba múltiple de media Tukey al 5% de probabilidad de error, resultando de este análisis tres grupos diferentes, cumpliéndose lo inverso a la variable anterior, ya que se aprecian mejores rendimientos cuando la cantidad de cáscara de cacao aumenta, teniendo al T1 ampliamente con la mejor categoría por tener 30.670,87 ppm, mientras que el tratamiento T5 que no se aplica residuos de cáscara de cacao, obtuvo el menor rendimiento con 16.619,67ppm, estando en la categoría BC.

Cuadro 4.7. Conversión de ppm o mg/kg a % del potasio.

Tratamientos	A = mg/kg	F.C.	A * F. C. = %
T1	30670,873		3,067
T2	19435,979	1%	1,943
T3	17836,222	<u>10000 mg/kg</u>	1,783
T4	16918,668		1,691
T5	17566,610		1,7566

Fuente: Los autores (2019) (Factor de corrección = F.C.).

Los tratamientos presenta un intervalo entre 1,6 – 3% de potasio lo que concuerda con Cajas (2009) que indica que el humus de lombriz roja cosechado tiene un intervalo entre 1 a 1,5% para este parámetro; también menciona que el incremento en los tratamiento combinados con estiércol bovino se debe a los macroelementos que posee el estiércol, siendo el valor potasio en bovinos de 3,5%, sin embargo Valdez (2013) muestra en su estudio un resultado mayor de 2,01% de potasio para el tratamiento 100% cáscara de cacao frente a las otras combinaciones con estiércol que oscilaron entre 0,8 a 1%.

Valdez (2013) menciona que la lombriz acepta muy bien el estiércol siempre y cuando tenga un tratamiento previo de maduración, también señala que es necesario un proceso de precompostaje para la facilidad de alimentación de la lombriz y así evitar que materiales que contengan azúcares se fermenten y originen un problema, contando con la presencia de bacterias benéficas aeróbicas, hongos y actinomicetos para lograr un abono orgánico bueno.

4.2.6. GENERALIDADES DE LOS RESULTADOS

Con el propósito de presentar los resultados de forma general, se elaboró el cuadro 4.8., el mismo que contiene los resultados de las variables estudiadas por cada uno de sus tratamientos y con sus respectivas categorías una vez realizada la prueba de Tukey al 5% de error.

Cuadro 4.8. Resultados de las muestras del laboratorio.

Tratamientos	pH	Materia orgánica (%)	N (%)	P ppm (mg/kg)	K ppm (mg/kg)
T1	8,06	55,53 ab	1,6	4441,64 c	30670,87 a
T2	8,24	49,47 cd	1,07	8297,25 b	19435,98 b
T3	8,25	43,7 d	1,37	8679,09 b	17836,22 bc
T4	8,23	59,03 a	1,73	9635,51 ab	16918,67 bc
T5	8,17	50,73 bc	1,53	10556,08 a	17566,61 bc

Fuente: Laboratorio de la Universidad de las Américas.

El cuadro 4.8., muestra los resultados otorgados por el laboratorio de la Universidad de las Américas, apreciándose que en las variables pH y nitrógeno el efecto de los residuos investigados es indiferente, ya que no presentan diferencias significativas. Mientras que en las otras variables la cantidad de residuo ya sea la cáscara de cacao o estiércol bovino, genera un efecto contrario como en la variable fósforo y potásico, para la primera el mejor tratamiento fue el T5 y para la segunda el mejor tratamiento fue el T1, además indicar que los residuos estudiados generan un efecto positivo en dependencia de la variable que se esté analizando.

4.2.7. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

A partir de los resultados obtenidos en cada uno de los tratamientos, se realizó la comparación de los tratamientos T1 y T4 contra el testigo (T5), ya que este sirvió de referencia para contrastar la hipótesis planteada con los resultados de los análisis químicos para los dos mejores tratamientos.

Cuadro 4.9. Cumplimiento del 15% de diferencia entre el T4, T1 y el testigo (T5).

Parámetros químicos	Unidad	T4	T1	T5	Diferencia (%)	Cumplimientos
pH	S/U	8,23		8,17	0,73	No cumple
Materia Orgánica	%	59.03		50,73	14.06	No cumple
Nitrógeno (N)	%	1,73		1,53	11,56	No cumple
Fósforo (P)	Ppm	9635,51		10556,083	- 8.72	No cumple
Potasio (K)	Ppm		30670,87	17566,61	42,73	Cumple

Fuente: Los investigadores.

El cuadro 4.9., muestra la diferencia en rendimiento del tratamiento testigo (T5) con el T1 y T4 en función a los parámetros evaluados. De acuerdo a lo manifestado en la hipótesis planteada donde se indica que se mejoraría en un 15% la composición química del humus de lombriz, esto no se cumplió a excepción de la variable potasio, donde el T1 tuvo una diferencia del 42,73%, sin embargo se puede concluir que se mejoró sus características en un 10%, por lo que el T4 tuvo un aumento del 14,06% en la materia orgánica y en un 11,56% para el nitrógeno, mientras que el T1 maximiza su rendimiento en un 42,73% como se manifestó previamente.

Ante el planteamiento de la hipótesis de la investigación, se ha podido corroborar con los resultados obtenidos del ANOVA, que de cinco variables en estudio, en dos no hubo diferencia estadística significativa, siendo estas el pH y el nitrógeno de acuerdo al software InfoStat, por lo que el usar una proporción adecuada entre la cáscara de cacao y estiércol bovino mejoran sustancialmente las características del humus de lombriz, nominando al T4 como el mejor tratamiento, ya que presentó de forma global mejores rendimientos en las variables en estudio (cuadros 4.8 y 4.9), por lo que se aprueba la hipótesis planteada, sin embargo los demás parámetros aunque sufrieron variaciones con respecto al porcentaje esperado, tuvieron mejoría que estadísticamente no pueden ser generalizadas frente al tratamiento testigo.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La elaboración de vermicompost o como es más conocido humus de lombriz, es un factor fundamental en el cambio de forma de producir abonos y al mismo tiempo en la reducción de residuos sólidos, en específico el estiércol bovino que es un generador de metano y la cáscara de cacao que es un residuo sólido derivado de la agricultura propia de nuestra zona.
- La combinación entre la cáscara de cacao y estiércol bovino ejercen una importante respuesta en las características químicas del humus de lombriz, por lo que en forma global el tratamiento T4 fue el de mejor rendimiento en las variables estudiadas.
- Se mejoró el humus de lombriz en un 10% siendo el T4 quién favoreció las características químicas establecidas, rechazando la hipótesis de que al menos un tratamiento mejoraría las variables analizadas en un 15%, dónde sólo el pH y el nitrógeno obtuvieron rendimientos estadísticamente iguales.

5.2. RECOMENDACIONES

- Dar continuidad al trabajo de investigación para su aplicación en el campo, utilizando el mejor tratamiento (75% estiércol bovino + 25% cáscara de cacao) y ver su influencia en el crecimiento de las plantas.
- Se sugiere realizar otro trabajo de investigación utilizando como principal sustrato la cáscara de cacao, en la elaboración del precompostaje y del humus, para observar la incidencia que tiene la lombriz roja californiana sobre los parámetros químicos de ambos procesos.
- Monitorear la temperatura y la humedad durante la elaboración del humus debido a que afecta directamente a la movilización, alimentación y reproducción de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*).

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, C., Solís, O., Villegas, O. y Cardoso, L. (2013). Precomposteo de residuos orgánicos y su efecto en la dinámica poblacional de *Eisenia foetida*. *Agronomía Costarricense*, XXXVII (1), 127-139. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/436/43628796010.pdf>
- Adrada, K. (2016). Descubre la importancia del humus en la viticultura ecológica. Recuperado el 26 de octubre de 2019, de Adrada ecológica: <http://www.kiriosdeadrada.com/blog/descubre-la-importancia-del-humus-en-la-viticultura-ecologica/>
- Alva, N., Bayona, G., Bocanegra, E., Castillo, E., Zavaleta, D., y Zúñiga, A. (2018). Empresa productora y comercializadora de humus de lombriz GENEDA S.A.C. Universidad Nacional del Santa, Facultad de Ingeniería, Perú. Recuperado el 18 de noviembre de 2019, de <https://es.scribd.com/document/396475455/analisis-de-entorno>
- Arango, M. (2017). Abonos orgánicos como alternativa para la conservación y mejoramiento de los suelos. Recuperado el 28 de noviembre de 2018, de http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/2036/1/Abonos_organicos_alternativa_conservacion_mejoramiento_suelo.pdf
- Beltrán, A., Castellanos, M., Guevara, A., y Lombana, L. (2003). Evaluación física, química y biológica del desarrollo de las lagunas Duckweed en el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la Troncal. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Obtenido de <https://docplayer.es/amp/153648365-Universidad-nacional-del-centro-del-peru-facultad-de-ciencias-forestales-y-del-ambiente-tesis.html>
- Borges, J., Barrios, M., Argenis, Ch., y Avendaño, R. (2014). Efecto de la fertilización foliar con humus líquido de lombriz durante el aviveramiento de la morera, XXXVII (3), 159-164. Recuperado el 2019, de <https://www.redalyc.org/pdf/857/85732357004.pdf>

- Briceño, A. y Pérez, A. (2017). Utilización de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) como alternativa amigable al medio ambiente para el cultivo del café, finca Santa Dolores, Municipio el Crucero. Recuperado el 18 de enero de 2019, de <http://repositorio.unan.edu.ni/3795/1/51771.pdf>
- Burés Profesional, S.A. (2015). Abonos orgánicos NPK 2-3-4: apto para agricultura ecológica. Recuperado el 17 de enero de 2019, de <https://www.interempresas.net/Agricola/FeriaVirtual/Producto-Abonos-organicos-NPK-2-3-4-Biorcamp-77250.html>
- Cajas, M. (2012). Aprovechamiento de residuos orgánicos domésticos para la producción de Vermicompost, a partir de Lombricompostaje, en la ciudad de Guayaquil. Recuperado el 2019, de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/968/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-7.pdf>
- Cajas, S. (2009). 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 de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Riobamba. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2397/1/17T1013.pdf>
- Campos, B. (2011). Metodología para determinar los parámetros de diseño y construcción de biodigestores para el sector cooperativo y campesino. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 20(2): 37-41
- Cantero, J., Espitia, L., Cardona, C., Vergara, C. y Aramñendiz, H. (2015). Efectos del compost y lombriabono sobre el crecimiento y rendimiento de berenjena *Solanum melongena* L, XXXII (2), 56-67. Recuperado el 21 de septiembre de 2019, de <http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v32n2/v32n2a06.pdf>

- Castañeda, W. (2014). Implementación agroecológica de lombricultura como corrector de suelo y renovación de praderas en los municipios de Tibirita, Guateque y Sutatenza. Tesis, Universidad Nacional Abierta y a Distancias - UNAD, Departamento de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente, Colombia. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/3399/1/80054730.pdf>
- Cervantes, T., Fortis, M., Trejo, H., Vásquez, C., Gallegos, M., y García, J. (2018). Fertilización química y orgánica en la producción de sandía en el norte de México, XXVI (20), 145-189. Recuperado el 2019, de <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v9nspe20/2007-0934-remexca-9-spe20-4263.pdf>
- Céspedes, C. y Paz, M. (2017). Importancia de la materia orgánica y la actividad biológica en el suelo. Recuperado el 19 de septiembre de 2019, de <http://sistemaagricola.com.mx/blog/materia-organica-la-actividad-biologica/>
- Chávez, A. y Loaiza, X. (2014). Estudio de la movilidad de NPK en los biosólidos de la planta de tratamiento de aguas residuales Ptar Salitre, tratados con Vermicompostaje. Obtenido de https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/12031/Artículo%20Proyecto%20de%20Grado_Ximena_Loaliza.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Chávez, A., Velásquez, Y. y Casallas, N. (2016). Características físico-químicas de humus obtenido de biosólidos provenientes de procesos de tratamiento de aguas residuales. Recuperado el 13 de enero de 2019, de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6238043.pdf>
- Chiriboga, H., Gómez, G. y Andersen, J. (2015). Abono orgánico sólido (compost) y líquido (biol). Recuperado el 14 de diciembre de 2018, de <https://docplayer.es/28576151-Manual-abono-organico-solido-compost-y-liquido-biol-bioinsumo-para-mejorar-las-propiedades-fisico-quimicas-de-los-suelos.html>

- Corona, I. (2013). Biodigestores. Tesis Ing. Industrial. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Hidalgo, México. MX. p 45.
- Costa, L., Almeida, A., y Valle, R., (2001). Intercambio de gases, asimilación de nitrato y acumulación de materia seca de plántulas de cacao *Theobroma* a diferentes irradiaciones y niveles de nitrógeno de asimilación. *Revista de Ciencia Hortícola y Biotecnología* (762), 224-230.
- Cruz, D., Álvarez, I., Soria, D., y Candelaria, D. (2016). Producción de sustratos orgánicos para ornamentales a menor costo que los importados, XXV (1), 44-49. Recuperado el 12 de noviembre de 2018, de <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v25n1/rcta08116.pdf>
- Delgado, V. (2016). Implementación de una planta productora y comercializadora de filtrantes de cascarilla de cacao. Universidad Católica San Pablo, Facultad de Ingeniería y Computación, Arequipa. Recuperado el 03 de febrero de 2019
- Díaz, E. (2002). Lombricultura: una alternativa de producción. Guía de Lombricultura, Agencia de Desarrollo Económico y Comercio Exterior Municipio Capital de La Rioja, España. Obtenido de <https://www.biblioteca.org.ar/libros/88761.pdf>
- Elorza, M. (2016). Compostaje y Lombricultura. Recuperado el 20 de septiembre de 2019, de La visión ecológica de la basura: http://www.munistgo.info/medioambiente/wp-content/uploads/2016/10/Compostaje_y_Lombricultura.pdf
- Frías, P. (2017). *Importancia del fósforo*. Recuperado el 26 de octubre de 2019, de Importancias.biz: <https://importancia.biz/importancia-del-fosforo/>
- Gallo, N. y Jiménez, E. (2017). Producción de Humus y Biol a partir de Vermicompostaje. Recuperado el 2019, de https://www.researchgate.net/publication/330993676_Produccion_de_Humus_y_Biol_a_partir_de_Vermicompostaje

García, E. (2016). pH del suelo. Recuperado el 26 de octubre de 2019, de El blog verde: <https://elblogverde.com/ph-del-suelo/>

García, M., Navarro, M., Velázquez, C., y Velázquez, J. (2013). Elaboración de abono orgánico a base de lombriz roja californiana. Recuperado el 12 de noviembre de 2018, de http://www.pa.gob.mx/publica/rev_53-54/analisis/elaboraci%C3%B3n_abono.pdf

Gobierno de la ciudad de Santa Fé. (2017). Manual de Compostaje domiciliario. Recuperado el 16 de enero de 2019, de <http://www.santafeciudad.gov.ar/blogs/ciudad-verde/wp-content/uploads/2017/03/Manual-de-Compostaje-Versi%C3%B3n-final.pdf>

Guanga, S. (2018). Estudio y aprovechamiento de los residuos del cacao de la compañía Nestlé como estrategia comercial. Tesis presentada como requisito para optar por el título de Ingeniería en Gestión Empresarial, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Administrativas, Guayaquil. Recuperado el 08 de noviembre de 2018, de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/29775/1/TESIS%20FINAL%20SAMANTHA%20GUANGA%20%2825%20FEB%202018%29%20%281%29.pdf>

Guijarro, L. (2016). Los países que más basura generan y los que más reciclan del mundo. Recuperado el 2019, de https://www.huffingtonpost.es/2016/06/22/paises-contaminan-recicla_n_10509726.html?fbclid=IwAR2_26_O35L0FvpK9WZ3ZKy8EtpkH1wV87X15ELAxAD7kpDoMsSwR_4N2fi

Hanníbal, B. (2016). Obtención De Compost A Partir De Residuos Sólidos Orgánicos Generados En El Mercado Mayorista Del Cantón Riobamba. Recuperado el 13 de enero de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/309751008_Obtencion_De_Compost_A_Partir_De_Residuos_Solidos_Organicos_Generados_En_El_Mercado_Mayorista_Del_Canton_Riobamba

- Hernández, O., Sánchez, R., Ordaz, V., Noverola, U., Estrada, M. y Pérez, M. (2017). Uso de compostas para mejorar la fertilidad de un suelo Luvisol de ladera, VIII (6), 231-242. Recuperado el 16 de enero de 2019, de <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263153306004.pdf>
- Hernández, R., y López, C., (2010). Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. Obtenido de <https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis257.pdf>
- Infoagro. (2005). La Lombricultura, segunda parte. Obtenido de <https://www.infoagro.com/abonos/lombricultura2.htm>
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria [INIA], (2015). Semana de la Ciencia y Tecnología. Ciudad de Tacuarembó Recuperado el 15 de enero de 2019, de <http://www.inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20Tacuaremb%C3%B3/2015/EI%20Suelo%2020%20de%20mayo.pdf>
- Izar, J. e Izar, J. (2014). Lombricultura, una opción sustentable de producción de alimentos para el campo mexicano. Recuperado el 15 de enero de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/263426152_LOMBRICULTURA_UNA_OPCION_SUSTENTABLE_DE_PRODUCCION_DE_ALIMENTOS_PARA_EL_CAMPO_MEXICANO
- Jaramillo, J. y Muñoz, M. (2018). Diseño, construcción y automatización de un extractor de lixiviados a partir de humus de lombriz californiana. Recuperado el 2019, de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8790/1/17T1553.pdf>

- Jiménez, O. y Mantilla, C. (2016). Técnica de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos de cosechas de cacao. Recuperado el 2019, de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/15712/1/TECNICA%20DE%20APROVECHAMIENTO%20DE%20RESIDUOS%20SOLIDOS.pdf>
- Kraub, N. (2003). Mecanismos para fotosistemas I y II. Opinión actual en Biología Química (7), 540-550.
- Laines, J., y Sosa, J. (2013). Degradación anaerobia del contenido gástrico ruminal bovino para la obtención de biogás, en un biodigestor tipo cúpula. Revista Ingeniería 17(1), 57-65. Disponible en: <http://www.revista.ingenieria.uady.mx/Vol%2017/degradacion.pdf>
- Lallana, V., y Lallana, M., (2003) Manual de prácticas de fisiología vegetal. Universidad Nacional de Entre Ríos, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Argentina. Obtenido de http://www.fca.uner.edu.ar/files/academica/deptos/catedras/fisiologiaveg/m_didactico/manual_practicas/FactoresFotosED.pdf
- Loor, M. (2012). ¿Qué es el compost?. Recuperado el 13 de noviembre de 2019, de El huerto de urbano: <http://www.huertodeurbano.com/proyectos/como-hacer-compost/>
- Marzola, F., y Ruiz, H. (2012). Efectos ambientales y socioeconómicos del sistema de producción ganadero con enfoque ambientalmente sostenible y el sistema tradicional, implementados en las fincas Escocia y Alejandría, respectivamente en el municipio de Montería, Departamento de Córdoba. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Bogotá. Recuperado el 03 de febrero de 2019, de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/2505/RuizSoleraFlorAngela2012.pdf>

- Matamoros, E. (2016). Técnica de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos de cosechas de cacao. Recuperado el 2019, de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/15712/1/TECNICA%20DE%20APROVECHAMIENTO%20DE%20RESIDUOS%20SOLIDOS.pdf>
- Méndez, C. (2016). Diseño de experimento de un factor. Recuperado el 25 de enero de 2019, de Prezi.com: <https://prezi.com/4qlebkifm3k2/disenode-experimentode-un-factor/>
- Méndez, H. (2015). Uso de subproductos de cosecha de cacao, palma aceitera y raquis de banano en la producción de lixiviado del humus con lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). Tesis, Quevedo. Obtenido de <http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2365/1/T-UTEQ-0277.pdf>
- Nigoul, M. (2006). Función de la materia orgánica en el suelo. Recuperado el 26 de octubre de 2019, de https://www.manualdelombricultura.com/foro/mensajes/11880.html?fbclid=IwAR319q55I7HHWRso1Mm5U5_f6HCBb5m2mxxTzHZkPH9QeJSp iEogprEylfw
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], (2013). Manual de compostaje del agricultor- FAO. Recuperado el 16 de enero de 2019.
- Ortiz, I. (2015). Determinación de la influencia de la aplicación de diferentes dosis de estiércol de ganado vacuno en la producción de compost a partir de cáscara de cacao. Tesis, Universidad Nacional de San Martín, Departamento Académico de Ciencias Ambientales, Moyobamba. Recuperado el 12 de Enero de 2019, de http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/UNSM/382/TECO_10.pdf?sequence=1

- Palmero, R. (2010). Elaboración de compost con restos vegetales por el sistema tradicional en pilas o montones. Servicio técnico de agricultura y desarrollo rural, Área de Agua y Agricultura, Cabildo de Tenerife. Recuperado el 13 de Enero de 2019, de <http://www.ecohabitar.org/wp-content/uploads/2013/10/elaboracion-de-compost-con-restos-vegetales-1.pdf>
- Paredes, J. (2015). Investigación en materia de bioenergía para la industria energética, XXXI (4), 709-716. Recuperado el 17 de enero de 2019, de <https://www.redalyc.org/pdf/310/31045569042.pdf>
- Pérez, J., Luna, C. y Burbano, O. (2018). Acumulación de biomasa en yuca (*Manihot esculenta* C.) ante la respuesta a la aplicación de fertilizantes NPK y biofertilizantes en condiciones de invernadero en dos tipos de suelo. Recuperado el 13 de enero de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/327228602_Acumulacion_de_biomasa_en_yuca_Manihot_esculenta_C_ante_la_respuesta_a_la_aplicacion_de_fertilizantes_NPK_y_biofertilizantes_en_condiciones_de_invernadero_en_dos_tipos_de_suelo
- Rodríguez, Y., Alemán, R., Domínguez, J., Soria, S., Hernández, H., Salazar, C. y Jara, M. (2016). Efecto de dos abonos orgánicos (compost y biol) sobre el desarrollo morfológico de *Beta vulgaris* L. var. Cicla bajo condiciones de invernadero. Recuperado el 13 de enero de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/311426921_Efecto_de_dos_abonos_organicos_compost_y_biol_sobre_el_desarrollo_morfologico_de_Beta_vulgaris_L_var_cicla_bajo_condiciones_de_invernadero
- Salinas, F., Sepúlveda, L., y Sepúlveda, G. (2014). Evaluación de la calidad química del humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) elaborado a partir de cuatro sustratos orgánicos en Arica, XXXII (2), 95-99. Recuperado el 12 de noviembre del 2018, de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v32n2/art13.pdf>

Saltos, A; Amores F. 2006. Efectos de tres volúmenes de masa de almendras frescas sobre el comportamiento de la calidad física y organoléptica del cacao. Quevedo - Los Ríos. EC. Boletín Técnico. p 2.

Sánchez, J. (2013). Evaluación energética de cáscaras de cacao nacional y CCN-51. Tesis, Universidad de Cuenca, Facultad de ciencias químicas, Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4508/1/tesis.pdf>

Sangronis, E., Soto, M., Valero, Y., y Buscema, I. (2014). Cascarilla de cacao venezolano como materia prima de infusiones, LXIV (2), 6-15. Recuperado el octubre de 2019, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222014000200007

Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. (2015). Plan de manejo de residuos generados en actividades agrícolas. Recuperado el 2019, de primera etapa: diagnóstico nacional: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/346978/Manejo_de_residuos_Detallado.pdf

SENPLADES. Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021. SENPLADES: Quito, 2017

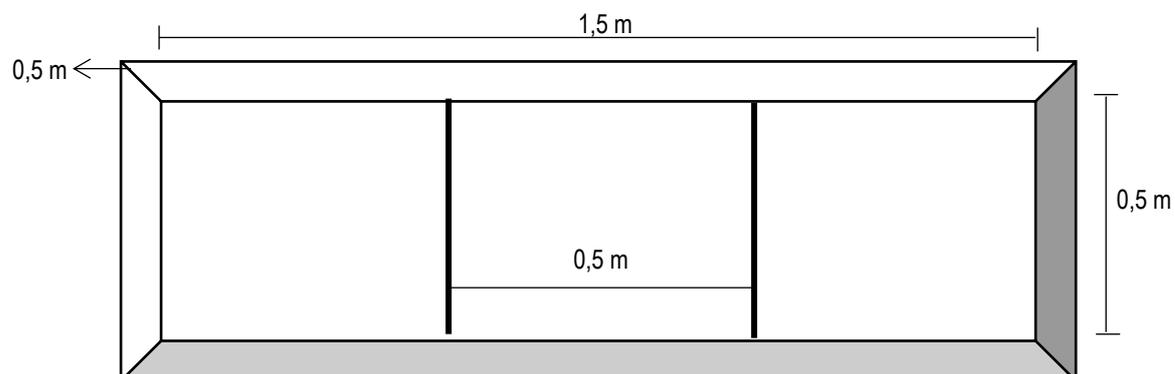
Tenecela, X. (2012). Producción de humus de lombriz mediante el aprovechamiento y manejo de los residuos orgánicos. Pag. 7. Tesis, Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3252/1/TESIS.pdf>

Teneda, Ll., Hen, K. y Mondaca, L. (2018). Caracterización de una infusión de cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L., var. Arriba) con hierbas aromáticas. Recuperado el 2019, de https://www.researchgate.net/publication/330886276_Utilizacion_de_residuos_agroindustriales_cascarilla_de_cacao_theobroma_cacao_l_en_la_elaboracion_de_una_infusion

- Tortosa, G. (2014). Compostandociencia.com. Uso del estiércol como fertilizante. Recuperado el octubre de 2019, de <http://www.compostandociencia.com/2014/08/uso-estiercol-como-fertilizante/>
- Valdez, R. (2013). Niveles de estiércol de bovinaza más cáscara de cacao en la producción de humus de lombriz (*Eisenia foetida*). Tesis, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ingeniería Agropecuaria, Quevedo. Obtenido de <http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/537/1/T-UTEQ-0117.pdf>
- Valbuena, S. y. (2018). Aprovechamiento de la cascarilla de cacao para la generación de un producto derivado en la asociación de productores orgánicos del municipio de Dibulla (APOMD). Recuperado el octubre de 2019, de http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/29461/47141123_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Villegas, V. y Laines, J. (2017). Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos, VIII (2), 393-406. Recuperado el 16 de enero de 2019, de <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263150548012.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1. Medidas de la cama para cada tratamiento con sus secciones respectivas.



FUENTE: Los autores (2019).

ANEXO 2. Registro de temperatura del precompostaje.

Fecha	T1	T2	T3	T4	T5
	100% CC	75% CC + 25% EB	50% CC + 50% EB	75% EB + 25% CC	100 % EB
22/04/2019	35,1	34,4	35,1	36,6	35,6
23/04/2019	35,2	34,6	35,2	36,8	35,7
24/04/2019	35,5	34,7	35,4	36,9	35,8
25/04/2019	36,2	35,3	36,1	37,4	36
26/04/2019	36,9	35,8	36,6	37,9	36,5
27/04/2019	37,2	36,3	36,9	38	36,8
28/04/2019	38,2	37	37,8	38,8	37,4
Semana 1	36,33	35,44	36,16	37,49	36,26
29/04/2019	39,1	38	39	39,5	38,1
30/04/2019	38,7	36,8	39,1	39,3	38,8
01/05/2019	38,5	36,4	39,6	39	38,9
02/05/2019	39,1	37,9	38,8	38,7	39,1
03/05/2019	38,5	37,6	38,2	38,4	39,4
04/05/2019	37,6	37,5	37,7	38,5	39
05/05/2019	38,9	37,9	37,5	39,1	38,7
Semana 2	38,63	37,44	38,56	38,93	38,86
06/05/2019	38,8	38,4	37,1	38,9	38,6
07/05/2019	39,2	38,9	38,1	38,5	38,9
08/05/2019	39,5	38,7	38,4	37,9	39,2
09/05/2019	39,1	39,5	38,9	37,6	39,3
10/05/2019	38,9	39,1	37,8	38,2	38,6
11/05/2019	39,4	39	38,5	38,9	38,8
12/05/2019	39,6	40,3	39,4	39,7	39,4
Semana 3	39,21	39,13	38,31	38,53	38,97
13/05/2019	40	41,4	40,5	40,2	39,6
14/05/2019	41,9	39,9	41,8	41,6	41,3
15/05/2019	39,1	39,5	42,1	41,4	41

16/05/2019	37,7	38,6	40,2	40,9	39,1
17/05/2019	35,4	36,7	38,9	39,7	37,9
18/05/2019	34,8	35,8	37,5	38,6	36,5
19/05/2019	33,9	34	36,9	37	35
Semana 4	37,54	37,99	39,70	39,91	38,63
20/05/2019	33	32,9	35,8	35,8	33,9
21/05/2019	30,1	31,5	33,4	32,4	32,8
22/05/2019	30,4	33,3	33,5	32,9	32,7
23/05/2019	30,9	32,8	33,8	33,7	32,3
24/05/2019	31,3	33,1	33,3	33,5	32,6
25/05/2019	31,6	33,2	33,8	33,1	33,1
26/05/2019	31,1	32,8	34,1	33,9	33,3
Semana 5	31,20	32,80	33,96	33,61	32,96
27/05/2019	30,8	32,5	33,9	34	32,9
28/05/2019	30,3	33,1	33,7	34,1	33,4
29/05/2019	31,4	33,5	33,2	33,8	33,8
30/05/2019	31,9	33	32,8	33,4	34,1
31/05/2019	32,6	33,2	32,5	33,7	34
01/06/2019	32,8	32,7	32,2	33,9	34,2
02/06/2019	32,7	32,4	32,7	34,3	33,9
Semana 6	31,79	32,91	33,00	33,89	33,76
03/06/2019	33,1	32,6	33,1	34,4	33,5
04/06/2019	33,4	33,1	33,9	34,1	33
05/06/2019	33	33,3	33,6	33,9	32,7
06/06/2019	32,5	32,9	33,4	34,5	32,2
07/06/2019	33,6	32,5	32,9	34,9	32
08/06/2019	32,3	32,7	32,5	35,5	31,3
09/06/2019	30	34,2	31,6	33,4	30,5
Semana 7	32,56	33,04	33,00	34,39	32,17
10/06/2019	30,3	32,1	33,3	32,6	31
11/06/2019	29,7	32,7	35,3	34,8	30,8
12/06/2019	31,3	30,1	34,2	31,6	31,6
13/06/2019	29,7	31,8	34,2	32,2	29,4
14/06/2019	31	32,7	30	30,1	30,2
15/06/2019	30	32,2	30	33,3	29,8
16/06/2019	31,6	35,3	34	31,9	30,3
17/06/2019	29,5	28,3	30,6	30,3	31
18/06/2019	29	29,7	32,7	33,5	32,1
19/06/2019	26,7	28,2	27,7	26,6	27,1
20/06/2019	27,7	27,6	27,7	28,8	27
Semana 8	29,68	30,97	31,79	31,43	30,03

ANEXO 3. Registro de temperatura durante el proceso de lombricultura.

Fecha	T1: 100% CC			T2: 75% CC+ 25% EB			T3: 50% CC + 50% EB			T4: 75 % EB + 25 % CC			T5: 100 % EB		
	T1R1	T1R2	T1R3	T2R1	T2R2	T2R3	T3R1	T3R2	T3R3	T4R1	T4R2	T4R3	T5R1	T5R2	T5R3
20/06/2019	26,20	26,30	26,20	25,20	25,10	25,40	26,50	25,40	25,20	25,40	24,90	24,70	25,10	25,10	25,30
21/06/2019	25,10	26,20	26,50	25,00	25,20	25,30	26,20	25,40	26,60	25,40	25,10	25,50	25,00	26,40	25,30
22/06/2019	26,30	26,50	26,40	28,20	26,10	25,30	25,30	25,50	26,40	25,80	25,30	25,70	25,20	26,80	25,50
23/06/2019	26,20	25,20	26,60	26,30	26,20	25,40	25,30	25,30	26,10	25,30	25,20	25,40	25,20	26,40	26,50
24/06/2019	26,40	26,10	26,20	26,40	26,30	25,80	25,60	25,70	26,40	26,20	25,80	25,30	26,30	26,60	26,80
25/06/2019	26,10	25,40	26,10	26,30	26,60	26,40	26,10	26,80	26,50	25,30	26,60	26,20	25,90	26,40	26,80
26/06/2019	26,50	26,30	26,20	25,70	26,30	25,00	25,10	26,50	26,40	25,20	25,40	26,30	25,10	26,50	25,30
Semana 1	26,11	26,00	26,31	26,16	25,97	25,51	25,73	25,80	26,23	25,51	25,47	25,59	25,40	26,31	25,93
27/06/2019	26,50	25,40	26,90	25,50	26,20	26,30	26,00	26,20	26,40	25,20	26,10	26,60	25,30	25,50	25,70
28/06/2019	26,60	26,70	26,40	24,40	26,40	26,10	26,20	26,50	26,80	25,80	25,40	26,10	26,30	25,50	26,90
29/06/2019	26,80	26,80	26,50	24,30	26,30	26,20	25,40	26,20	26,70	25,80	25,80	26,60	25,80	25,90	26,80
30/06/2019	26,70	26,50	26,00	24,00	25,70	25,40	25,50	25,70	26,50	25,80	25,90	26,50	25,90	25,40	25,60
01/07/2019	26,40	26,60	26,70	24,60	26,30	26,10	25,50	26,80	26,40	24,40	25,80	26,40	25,80	25,40	25,70
02/07/2019	24,50	24,70	24,50	23,70	24,20	24,60	24,20	24,70	23,70	24,30	24,40	24,40	23,70	23,40	24,50
03/07/2019	24,80	24,80	24,40	24,40	24,70	24,80	24,50	24,80	24,70	24,30	24,90	24,70	24,50	24,50	24,60
Semana 2	26,04	25,93	25,91	24,41	25,69	25,64	25,33	25,84	25,89	25,09	25,47	25,90	25,33	25,09	25,69
04/07/2019	26,00	25,80	25,60	24,80	25,50	26,00	25,40	26,10	25,80	25,70	25,90	26,10	25,50	25,80	26,10
05/07/2019	29,10	27,80	28,10	27,10	27,80	28,10	28,40	28,20	28,10	27,50	27,40	27,60	28,10	27,80	27,60
06/07/2019	29,20	28,30	28,70	28,10	27,60	28,30	28,20	28,50	28,60	27,40	27,10	27,20	28,90	28,40	27,80
07/07/2019	28,60	28,50	28,90	28,40	27,80	28,10	28,30	28,20	28,70	27,30	27,10	27,00	28,20	28,50	27,90
08/07/2019	27,20	27,90	27,80	26,60	26,80	27,10	27,50	27,60	27,60	27,50	27,60	27,10	27,10	27,20	27,30

09/07/2019	26,60	26,60	26,70	26,10	26,70	26,60	26,40	26,80	26,70	26,50	26,80	26,50	26,30	26,50	26,40
10/07/2019	26,10	26,20	26,20	25,50	26,10	26,00	25,40	26,10	26,00	25,90	26,70	26,30	25,70	26,00	25,90
Semana 3	27,54	27,30	27,43	26,66	26,90	27,17	27,09	27,36	27,36	26,83	26,94	26,83	27,11	27,17	27,00
11/07/2019	26,30	26,00	26,80	25,70	25,30	26,90	25,80	26,20	26,50	25,80	26,50	26,20	25,40	26,80	25,30
12/07/2019	26,40	26,10	26,60	25,40	25,60	26,20	25,30	26,70	26,30	25,40	25,60	26,10	25,80	26,30	25,70
13/07/2019	26,10	26,50	26,40	25,80	26,30	25,90	25,80	26,40	26,60	25,50	25,80	26,90	25,70	26,30	25,80
14/07/2019	26,60	26,30	26,10	25,70	25,60	25,80	25,70	26,30	26,40	26,10	26,30	26,40	26,40	26,50	26,70
15/07/2019	26,50	26,80	26,30	25,30	25,80	25,40	25,40	26,40	26,60	26,50	25,80	26,90	26,20	26,80	26,90
16/07/2019	27,60	27,50	27,50	26,60	27,00	27,60	27,20	27,40	27,60	27,10	27,20	27,30	27,10	27,10	27,00
17/07/2019	28,10	28,00	28,40	27,50	27,80	28,10	27,40	28,10	28,10	27,30	27,80	27,60	27,40	27,30	27,50
18/07/2019	28,30	28,10	28,20	27,40	27,90	28,00	27,30	28,30	28,50	27,10	27,40	27,20	27,30	27,50	27,40
19/07/2019	26,20	26,50	26,10	26,80	25,60	27,10	25,90	27,30	27,10	26,80	26,90	26,10	26,30	26,70	27,20
20/07/2019	25,90	25,80	25,90	25,70	25,90	26,00	25,50	26,20	26,00	25,60	26,20	25,80	25,90	26,20	26,10
Semana 4	26,80	26,76	26,83	26,19	26,28	26,70	26,13	26,93	26,97	26,32	26,55	26,65	26,35	26,75	26,56
Promedio mensual	26,64	26,52	26,64	25,89	26,22	26,30	26,07	26,53	26,65	25,97	26,15	26,28	26,08	26,37	26,32

ANEXO 4. Tabla de pH durante el proceso de lombricultura.

Fecha	T1: 100% CC			T2: 75% CC+ 25% EB			T3: 50% CC + 50% EB			T4: 75 % EB + 25 % CC			T5: 100 % EB		
	T1R1	T1R2	T1R3	T2R1	T2R2	T2R3	T3R1	T3R2	T3R3	T4R1	T4R2	T4R3	T5R1	T5R2	T5R3
20/06/2019	8,12	8,03	8,16	7,92	8,32	8,11	8,24	8,12	8,05	8,23	8,15	8,22	8,29	8,18	8,21
23/06/2019	7,94	7,68	8,02	8,32	8,42	8,23	8,55	8,23	8,17	8,32	8,08	8,44	8,32	8,07	8,18
26/06/2019	8,36	7,92	8,15	8,15	8,35	8,34	8,32	8,56	8,32	8,45	8,35	8,36	8,26	8,12	8,37
29/06/2019	8,14	8,28	8,34	7,89	8,44	8,42	7,99	8,43	8,21	7,96	8,42	8,41	8,09	8,23	7,89
02/07/2019	7,78	8,16	7,98	7,61	8,52	8,25	8,12	8,32	7,89	8,42	7,66	7,58	8,28	8,18	8,47
05/07/2019	8,23	8,11	8,22	8,24	8,61	7,54	8,19	8,51	8,35	8,36	8,24	8,52	7,66	8,25	8,52
08/07/2019	8,08	7,74	8,26	8,35	8,27	8,39	8,28	8,21	8,22	8,52	8,39	8,21	8,02	7,92	8,34
11/07/2019	8,01	7,95	7,93	8,18	7,49	8,46	8,16	8,12	8,03	8,25	8,51	8,39	8,19	8,11	8,28
14/07/2019	7,83	8,01	7,93	7,82	8,51	8,12	8,22	8,37	7,62	8,22	7,55	7,33	8,28	7,91	8,39
17/07/2019	8,22	8,32	8,37	8,36	8,62	8,57	8,33	8,62	8,12	8,57	8,55	8,35	8,33	8,22	8,53
20/07/2019	8,02	7,87	7,91	7,94	8,45	8,63	8,64	8,56	8,25	8,35	8,03	8,25	7,98	7,76	7,94
Promedio	8,07	8,01	8,12	8,07	8,36	8,28	8,28	8,37	8,11	8,33	8,18	8,19	8,15	8,09	8,28

ANEXO 5. Resultados de los parámetros químicos fósforo y potasio con el factor de conversión para los diferentes tratamientos.

TRATAMIENTOS	P (%)	K (%)
T1	0,444	3,067
T2	0,829	1,943
T3	0,867	1,783
T4	0,963	1,691
T5	1,055	1,756

ANEXO 6. Prueba de mano para medir la humedad.



FUENTE: Blog de Malerrekako.

ANEXO 7. Análisis de laboratorio.

		ANÁLISIS DE MATERIA ORGÁNICA				
Método realizado:	Método de calcinación					
Solicitante:	Nicole Plaza					
Fecha de Solicitud:	7/22/2019					
Fecha de Análisis:	7/24/2019					
Fecha de Entrega de Resultados:	7/24/2019					
Código de Muestra	Peso Crisol Vacío	Peso Muestra Seca	Peso Crisol + Muestra Seca	Peso Crisol 550°C	Peso Muestra Final	% M. Orgánica
T0	36.7863	5.1666	41.9529	40.3604	3.5741	44.6
T1R1	30.569	5.0020	35.571	33.8728	3.3038	51.4
T1R2	33.9988	5.2869	39.2857	37.3681	3.3693	56.9
T1R3	33.9800	5.1911	39.1711	37.2601	3.2801	58.3
T2R1	36.4827	5.019	41.5017	39.8172	3.3345	50.5
T2R2	33.0851	5.376	38.4611	36.7148	3.6297	48.1
T2R3	32.7702	5.0314	37.8016	36.1289	3.3587	49.8
T3R1	36.7816	5.1182	41.8998	40.3684	3.5868	42.7
T3R2	29.9715	5.9807	35.9522	34.0907	4.1192	45.2
T3R3	34.1156	5.0063	39.1219	37.6126	3.497	43.2
T4R1	36.4849	5.1611	41.646	39.7533	3.2684	57.9
T4R2	35.923	5.0214	40.9444	39.1125	3.1895	57.4
T4R3	36.8007	5.5415	42.3422	40.2261	3.4254	61.8
T5R1	31.8196	5.274	37.0936	35.357	3.5374	49.1
T5R2	38.9682	5.1136	44.0818	42.3255	3.3573	52.3
T5R3	32.2456	5.214	37.4596	35.7035	3.4579	50.8

		ANÁLISIS DE NITRÓGENO			
Método realizado:	Método por Kjeldahl				
Solicitante:	Nicole Plaza				
Fecha de Solicitud:	7/22/2019				
Fecha de Análisis:	8/1/2019				
Fecha de Entrega de Resultados:	8/2/2018				
Código de Muestra	Peso Muestra	Volumen consumido Blanco (L)	Volumen consumido Muestra (L)	Normalidad HCl	% Nitrógeno
T0	2.1	0.00006	0.01004	0.26	1.8
T1R1	2.1	0.00006	0.01125	0.26	1.9
T1R2	2.2	0.00006	0.01068	0.26	1.8
T1R3	2.2	0.00006	0.00675	0.26	1.1
T2R1	2.4	0.00006	0.00635	0.26	0.9
T2R2	2.0	0.00006	0.00431	0.26	0.8
T2R3	2.2	0.00006	0.00896	0.26	1.5
T3R1	2.3	0.00006	0.00885	0.26	1.4
T3R2	2.3	0.00008	0.00785	0.26	1.3
T3R3	2.3	0.00008	0.00867	0.26	1.4
T4R1	2.1	0.00008	0.01029	0.26	1.8
T4R2	2.1	0.00008	0.00903	0.26	1.6
T4R3	2.5	0.00008	0.01234	0.26	1.8
T5R1	2.1	0.00008	0.00848	0.26	1.4
T5R2	2.1	0.00008	0.00952	0.26	1.6
T5R3	2.5	0.00008	0.01118	0.26	1.6

		RESULTADOS METALES ppm (mg/Kg)																	
MUESTRA	PESO	DILUCIÓN	B	Ba	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	K	Mn	Ni	Pb	Sr	Ti	Zn	Ca	Fe	Al
T0	0.5085	50 ml	27.417	83.865	ND	1.021	4.111	10.873	30.971	23621.356	356.939	8.406	1.267	159.464	ND	96.364	23964.980	8108.749	6070.736
T1R1	0.5373	50 ml	50.395	51.941	ND	1.315	2.208	6.365	19.044	31023.559	177.266	5.899	1.714	99.267	ND	287.252	17314.405	4783.724	3623.088
T1R2	0.5255	50 ml	47.168	56.199	ND	1.380	2.659	8.053	19.342	30327.761	198.870	7.178	1.374	114.410	ND	182.698	18213.274	5721.563	4532.041
T1R3	0.5019	50 ml	48.792	62.033	ND	1.341	2.803	8.754	19.965	30661.300	208.068	7.353	1.671	119.619	ND	134.856	20169.127	6280.628	4179.063
T2R1	0.5356	50 ml	35.980	102.588	ND	1.096	4.796	14.876	29.795	19646.299	351.599	11.177	1.742	141.086	ND	121.638	19357.908	9887.129	8700.319
T2R2	0.5886	50 ml	38.793	96.219	ND	1.117	4.995	13.612	31.284	19898.205	359.601	11.335	1.638	143.823	ND	181.784	20211.148	9968.762	8042.667
T2R3	0.5297	50 ml	36.078	89.259	ND	1.030	4.516	12.849	27.503	18763.432	320.242	9.964	1.536	130.536	ND	97.492	18273.815	9015.082	7621.449
T3R1	0.5941	50 ml	33.958	106.023	ND	1.009	4.883	14.103	30.472	16724.115	352.255	10.355	1.617	145.952	ND	116.182	20806.554	10555.113	8498.898
T3R2	0.5555	50 ml	39.096	102.617	ND	1.149	5.307	14.750	32.944	18084.118	386.710	10.953	1.480	162.429	ND	118.583	23555.890	10651.423	8698.063
T3R3	0.5396	50 ml	35.243	109.312	ND	1.118	5.460	13.931	33.109	18700.434	377.368	10.771	1.978	150.917	ND	125.304	21908.446	10923.677	8070.260
T4R1	0.5142	50 ml	34.166	98.167	ND	1.038	4.161	12.391	31.451	17684.856	398.698	8.720	1.652	172.069	ND	128.929	24995.158	8968.414	7321.338
T4R2	0.5252	50 ml	36.079	93.126	ND	1.039	4.358	12.704	31.914	17582.911	390.903	9.458	1.593	160.397	ND	131.446	23988.734	9207.858	7668.599
T4R3	0.542	50 ml	33.119	95.596	ND	1.041	3.953	11.279	30.730	15488.238	404.218	8.775	1.506	168.087	ND	112.762	24921.303	7909.359	6906.308
T5R1	0.5028	50 ml	40.519	107.736	ND	1.024	4.484	12.756	32.227	16939.951	418.533	9.350	1.527	175.713	ND	118.181	25875.333	9015.276	7743.308
T5R2	0.5082	50 ml	40.742	102.208	ND	1.030	4.511	12.507	33.158	18279.632	430.993	9.488	1.266	430.993	ND	148.113	27598.125	9226.469	7331.303
T5R3	0.8007	50 ml	40.508	103.098	ND	1.061	1.843	12.302	33.987	17480.247	424.195	9.095	1.238	117.865	ND	178.553	27601.971	9728.639	7685.214

Observaciones:
*ND= No detectado

		RESULTADOS METALES ppm (mg/Kg)																
MUESTRA	PESO	DILUCIÓN	Na	Li	Ag	Ga	In	Mg	V	Te	Se	S	P	Si	As	Rb	Cs	Be
T0	0.5085	50 ml	2180.168	8.286	0.023	9.242	13.661	8648.273	18.632	0.005	ND	6520.916	9386.104	75.866	1.514	ND	ND	0.061
T1R1	0.5373	50 ml	2012.484	3.956	0.389	4.107	7.248	63243.927	11.311	ND	ND	3984.749	4289.471	99.548	1.063	ND	ND	ND
T1R2	0.5255	50 ml	2241.355	5.111	0.461	4.992	6.504	6452.990	13.196	ND	ND	3972.260	4539.769	85.150	0.994	ND	ND	0.013
T1R3	0.5019	50 ml	1947.982	5.354	ND	4.980	7.625	6867.975	12.385	ND	ND	4036.725	4495.700	102.231	0.751	ND	ND	0.010
T2R1	0.5356	50 ml	1599.991	10.322	ND	0.479	12.714	7851.610	21.947	0.055	ND	4239.894	8336.984	68.570	1.171	ND	ND	0.074
T2R2	0.5886	50 ml	1644.951	9.468	ND	2.082	13.099	7818.091	21.522	0.269	ND	4338.428	8781.599	68.711	1.331	ND	ND	0.085
T2R3	0.5297	50 ml	1485.122	9.300	ND	ND	11.909	7379.621	18.689	ND	ND	4017.918	7773.189	62.523	1.643	ND	ND	0.079
T3R1	0.5941	50 ml	1250.127	10.485	ND	0.699	12.743	7773.913	21.595	0.512	ND	4028.999	8359.258	72.910	1.385	ND	ND	0.088
T3R2	0.5555	50 ml	1430.701	10.127	ND	ND	15.315	8568.786	22.200	0.087	ND	4526.407	9618.065	89.367	1.157	ND	ND	0.086
T3R3	0.5396	50 ml	1394.738	10.608	ND	ND	13.641	8556.143	20.441	0.591	ND	4444.959	8059.969	68.011	1.603	ND	ND	0.106
T4R1	0.5142	50 ml	1827.439	8.788	ND	ND	16.011	8867.557	19.114	0.058	ND	5109.579	9747.072	71.956	1.323	ND	ND	0.063
T4R2	0.5252	50 ml	1260.763	9.483	ND	ND	14.701	8931.028	20.022	0.399	ND	4904.594	9225.165	66.686	1.022	ND	ND	0.065
T4R3	0.542	50 ml	1515.839	7.995	ND	0.396	15.954	8619.903	18.625	ND	ND	4895.269	9934.306	79.432	1.165	ND	ND	0.052
T5R1	0.5028	50 ml	1742.980	9.124	ND	2.319	15.956	9487.723	21.289	ND	ND	5108.698	9998.588	59.591	1.734	ND	ND	0.065
T5R2	0.5082	50 ml	1888.577	9.103	ND	2.469	16.355	9883.481	20.727	ND	ND	5432.490	10748.293	68.335	1.595	ND	ND	0.071
T5R3	0.8007	50 ml	1882.582	9.771	ND	2.471	15.410	9652.369	20.122	ND	ND	5373.868	10921.369	68.502	1.853	ND	ND	0.045

Observaciones:
*ND= No detectado

ANEXO 8. Recolección, mezcla y precompostaje de los sustratos (estiércol cáscara de cacao) para la elaboración de Humus de lombriz.



Imagen 1. Recolección de los sustratos



Imagen 2. Pesado para la mezcla de los distintos tratamientos.



Imagen 3. Mezcla para los distintos tratamientos.



Imagen 4. Proceso de precompostaje de los sustratos.

ANEXO 9. Temperatura durante el proceso de descomposición.

Imagen 5. Toma de temperatura durante el proceso de descomposición.

ANEXO 10. Construcción de los lechos o camas y sembrado de las lombrices.

Imagen 6. Construcción de las camas o lechos



Imagen 7. Preparación de las camas para el sembrado de las lombrices



Imagen 8. Sembrado de las lombrices

ANEXO 11. Preparación de las muestras para toma de pH y temperatura durante el proceso de humificación.



Imagen 9. Preparación de las muestras para la toma de pH.



Imagen 10. Toma de pH.



Imagen 11. Toma de temperatura durante el proceso de humificación.

ANEXO 12. Cernido, pesado y empaquetado del Humus.**Imagen 12.** Cernido del humus**Imagen 13.** Cernido del humus**Imagen 14.** Pesado de las muestras.**Imagen 15.** Empaquetado de las muestras de los tratamientos.