



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA ZOOTÉCNICA**

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UN EXTRACTOR DE  
LIXIVIADOS A PARTIR DE HUMUS DE LOMBRIZ CALIFORNIANA  
(*Eiseniafoetida*)”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN  
TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Previo a la obtención del título de:  
INGENIERA ZOOTECNISTA**

**AUTORAS:  
JUDITH TATIANA JARAMILLO ANDY  
MARIA ROSARIOMUÑOZ NIVELÓ**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2018**



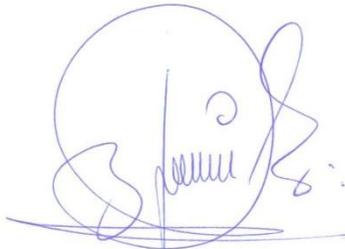
Este Trabajo de Titulación fue aprobado por el siguiente Tribunal



---

Ing. M.C. Luis Hidalgo A.

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



---

Ing. M.C. Edwin Darío Zurita Montenegro.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**



---

Dr. Luis Rafael Fiallos Ortega. Ph.D.

**ASESOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Riobamba, 24 de mayo del 2018.

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Judith Tatiana Jaramillo Andy con cédula de ciudadanía CI. 210040043-7 y Maria Rosario Muñoz Niveló con cédula de ciudadanía CI.010385254-7, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría, y que los resultados del mismo son auténticos y originales, los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autoras, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 24 de mayo del 2018



-----  
Judith Tatiana Jaramillo Andy  
CI. 210040043-7



-----  
Maria Rosario Muñoz Niveló  
CI.010385254-7

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios sin él nada de esto hubiera sido posible.

A mis padres, Doris y Sótico, quienes a lo largo de toda mi vida han apoyado y motivado mi formación académica, su tenacidad y lucha interminable han hecho de ellos un gran ejemplo a seguir por mí y por mis hermanos, sin ellos jamás hubiera podido conseguir lo que hasta ahora, gracias por su inmenso amor.

Hijo, eres mi orgullo y mi gran motivación, libras mi mente todas las adversidades que se presentante, agradezco por los momentos sacrificados en nuestra vida como familia, que requirió el cumplimiento de esta tesis, gracias por entender el significado del sacrificio, gracias por siempre estar presente a mi lado y nunca juzgarme.

A mis profesores, a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias por prepararnos para un futuro competitivo no solo como los mejores profesionales sino también como excelentes personas.

**Tatiana Jaramillo**

En primer lugar agradezco a Dios quien me permitió cumplir esta meta después a mis padres, a mi madre que ella luchó día tras día para que siga adelante y no me rindiera, estando conmigo en los buenos y malos momentos que gracias a sus consejos pude llegar a culminar esta meta tan importante para mí, a mi padre que con su apoyo económico de la misma manera no hubiese logrado este triunfo y a todos aquellos familiares y amigos que Me apoyaron para que no me rindiera en este camino tan difícil.

**Rosario Muñoz**

## **DEDICATORIA**

Este presente trabajo investigativo va dedicado a mi madre que al igual es el fruto de su esfuerzo, a mi hermano y para todas aquellas personas que confiaron en mí, que lograría culminar con esta meta.

**Rosario Muñoz**

**A Dios:** por permitirme tener la fuerza para terminar mi carrera.

**A mis padres:** por su esfuerzo en concederme la oportunidad de estudiar y por su constante apoyo a lo largo de mi vida.

**A mis hermanos, parientes y amigos:** por sus consejos, paciencia y toda la ayuda que me brindaron para concluir mis estudios.

**A mi hijo:** Por ser la razón de mí vivir, gracias Matías por existir.

**Tatiana Jaramillo**

## CONTENIDO

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Lista de cuadros	vii
Lista de gráficos	viii
Lista de anexos	ix
<b>I. <u>INTRODUCCIÓN</u></b>	<b>1</b>
<b>II. <u>REVISIÓN DE LITERATURA</u></b>	<b>3</b>
<b>A. LOMBRICULTURA</b>	<b>3</b>
1. <u>Conceptos Generales</u>	3
2. <u>La Lombricultura en el Ecuador</u>	4
3. <u>La lombricultura en la actualidad y su evolución</u>	4
<b>B. LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA</b>	<b>5</b>
1. <u>Características generales</u>	5
2. <u>Clasificación Zoológica</u>	6
3. <u>Características morfológicas</u>	7
a. Cutícula	7
b. Capas musculares	7
c. Peritoneo	7
d. Celoma	7
e. Aparato circulatorio	7
f. Aparato respiratorio	8
g. Sistema digestivo	8
h. Aparato excretor	8
i. Sistema nervioso	8
j. Aparato reproductivo	9
4. <u>Hábitat</u>	9
5. <u>Ciclo de vida y reproducción</u>	9

6.	<u>Condiciones ambientales para su desarrollo</u>	10
a.	Humedad	10
b.	Temperatura	10
c.	pH	10
d.	Riego	11
e.	Aireación	11
f.	Alimentación	11
<b>C.</b>	<b>HUMUS</b>	12
1.	<u>Característica Generales</u>	12
2.	<u>Componentes del humus de lombriz</u>	14
<b>D.</b>	<b>HUMUS LÍQUIDO</b>	14
1.	<u>Conceptos Generales</u>	14
2.	<u>Ventajas</u>	15
3.	<u>Utilidades</u>	16
<b>E.</b>	<b>LIXIVIADOS DE HUMUS DE LOMBRIZ</b>	18
1.	<u>Propiedades del lixiviado de humus de lombriz</u>	18
2.	<u>Obtención de Lixiviado de Humus de Lombriz</u>	19
<b>III.</b>	<b><u>MATERIALES Y MÉTODOS</u></b>	20
<b>A.</b>	<b>LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO</b>	20
<b>B.</b>	<b>UNIDADES EXPERIMENTALES</b>	20
<b>C.</b>	<b>MATERIALES, EQUIPOS, E INSTALACIONES</b>	20
1.	<u>Materiales</u>	21
2.	<u>Equipos</u>	21
3.	<u>Instalaciones</u>	21
<b>D.</b>	<b>TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL</b>	21
<b>E.</b>	<b>MEDICIONES EXPERIMENTALES</b>	22
<b>F.</b>	<b>ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA</b>	22

<b>G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL</b>	23
1. <u>Descripción del Experimento</u>	23
<b>H. METODOLOGÍA DE LA EVALUACIÓN</b>	23
1. <u>Capacidad de producción del lixiviado (ml/día)</u>	23
2. <u>Temperatura (°C)</u>	23
3. <u>pH</u>	24
4. <u>Húmedad (%)</u>	24
5. <u>Cantidad de macro y micro nutrientes</u>	24
6. <u>Fase de prueba de la máquina</u>	24
7. <u>Beneficio/costo (\$)</u>	24
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	25
<b>A. PRODUCCIÓN DE LIXIVIADOS DE HUMUS DE LOMBRIZ</b>	25
1. <u>Temperatura</u>	26
2. <u>Potencial de hidrógeno</u>	28
3. <u>Humedad</u>	29
4. <u>Análisis de laboratorio del humus líquido</u>	30
5. <u>Análisis de laboratorio del humus sólido</u>	32
<b>B. COMPARACIÓN ENTRE EL HUMUS SÓLIDO Y EL HUMUS LÍQUIDO</b>	34
<b>C. EFICIENCIA DEL EXTRACTOR DE LIXIVIADOS A PARTIR DE HUMUS DE LOMBRIZ CALIFORNIANA</b>	35
<b>D. ANÁLISIS ECONÓMICO</b>	36
1. <u>Análisis beneficio / costo</u>	38
<b>V. <u>CONCLUSIONES</u></b>	40
<b>VI. <u>RECOMEDACIONES</u></b>	41
<b>VII. <u>LITERATURA CITADA</u></b>	42
<b>ANEXOS</b>	

## RESUMEN

En la Estación Experimental Tunshi de la Facultad de Ciencias Pecuarias - ESPOCH, ubicada en el Km 10 de la Vía Riobamba – Licto, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo, se diseñó, construyó y automatizó un extractor de lixiviados de humus de lombriz. Los resultados experimentales que se obtuvieron fueron sometidos a los siguientes análisis estadísticos y económicos: media, desviación estándar, varianza, mínimo, máximo, y el análisis beneficio/costo. La producción de lixiviados de humus de lombriz fue de 5943,63 ml/día, con un mínimo de 5078 ml/día, un máximo de 6000 ml/día y una desviación estándar de 178,68. La temperatura media a la cual se mantuvo la materia orgánica durante la experimentación fue de 19,38 °C, dentro de un rango mínimo de 18 °C y un máximo de 20 °C, con una desviación estándar de 0,66 y una varianza de 0,44. El pH medio a la cual se mantuvo la materia orgánica durante la experimentación fue de 6,78; dentro de un rango mínimo de 6 y un máximo de 7, con una desviación estándar de 0,33 y una varianza de 0,11. La humedad media a la cual se mantuvo la materia orgánica durante la experimentación fue de 80,00 %. Los lixiviados procedentes del humus de lombriz contiene un nivel alto en los elementos: nitratos, fósforo, boro, potasio, calcio, magnesio, sodio y sulfatos; en tanto que los elementos amonio, cinc, cobre, hierro, manganeso obtuvieron un nivel bajo, finalmente el pH reportado fue neutro. La eficiencia obtenida en los primeros 10 días de producción de lixiviados es del 85 %. El costo total de la construcción del extractor de lixiviados a partir de humus de lombriz roja californiana es de 2487,15 dólares; que incluyen los gastos por construcción, tecnificación y mano de obra.

**Palabras clave:** HUMUS DE LOMBRIZ, LIXIVIADOS DE LOMBRIZ, LOMBRIZ ROJA, EXTRACTOR DE LIXIVIADOS, HUMUS LÍQUIDO, HUMUS SÓLIDO.



### ABSTRAC

In the Tunshi Experimental Station belonging to Animal Sciences, School of ESPOCH, located at Km 10 from the Via Riobamba – Licto, Riobamba County, Chimborazo Province, designed and automated an extractor for leachates from worm humus. The experimental results obtained were subjected to the following statistical and economic analyzes: mean standard deviation, variance, minimum, maximum, and the benefit/cost. The production of worm humus leachate was 5943, 63 ml/day with a minimum of 5078 ml/day, a maximum of 6000 ml/day, and a standard deviation of 178.68. The average temperature at which the organic matter was maintained during the investigation was 19,38 °C, within a minimum range of 18 °C and a maximum of 20°C with a standard deviation of 0,66 and a variance of 0,44. The average Ph at which the organic matter was maintained during the investigation was 6, 78 within a minimum range of 6 and a maximum of 7, with a standard deviation of 0, 33, and a variance of 0, 11. The average humidity at which organic matter was maintained during the investigation was 80, 00%. Leachates from worm humus contain a high level of elements such as: nitrates, phosphorus, boron, potassium, calcium, magnesium, sodium, and sulfates. On the other hand, the elements that obtained a low level were: ammonium, zinc, copper, iron, and manganese; however the pH reported was neutral. The efficiency obtained in the first 10 days of leachate production is 85%. The total cost the construction of the leachate extractor from California red worm humus is \$ 2847, 15; including the costs for construction, technification and labor.

**Keywords:** WORM HUMUS, WORM LEACHATE, RED WORM, LEACHATE EXTRACTOR, LIQUID HUMUS, SOLID HUMUS.



**LISTA DE CUADROS**

N°		Pág.
1	COMPONENTES DEL HUMUS DE LOMBRIZ.	14
2	CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE LA ZONA.	20
3	PRODUCCIÓN DE LIXIVIADOS DE HUMUS DE LOMBRIZ.	25
4	TEMPERATURA DEL LECHO DE LOMBRICES.	27
5	POTENCIAL DE HIDRÓGENO DEL LECHO DE LOMBRICES.	28
6	HUMEDAD DEL LECHO DE LOMBRICES.	29
7	ANÁLISIS DEL HUMUS LÍQUIDO.	30
8	ANÁLISIS DE MATERIAL ORGÁNICO LÍQUIDO.	31
9	ANÁLISIS DEL HUMUS SÓLIDO.	33
10	ANÁLISIS DE HUMUS.	34
11	COMPARACIÓN ENTRE EL HUMUS SÓLIDO Y EL HUMUS LÍQUIDO.	35
12	COSTOS DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DEL EXTRACTOR DE LIXIVIADOS.	37
13	ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA CONSTRUCCIÓN DEL EXTRACTOR DE LIXIVIADOS.	38

**LISTA DE GRÁFICOS**

N°		Pág.
1	Producción de lixiviados producidos a partir del humus de lombriz.	25
2	Temperatura del lecho de lombrices.	27
3	Potencial de hidrógeno del lecho de lombrices.	28

## LISTA DE ANEXOS

**N°**

1. Producción de lixiviados de humus de lombriz.
2. Temperatura del lecho.
3. Potencial de hidrógeno del lecho.
4. Humedad del lecho.
5. Diseño del extractor de lixiviados de humus de lombriz.
6. Informe de análisis humus sólido.
7. Informe de análisis de humus líquido.

## **I. INTRODUCCIÓN**

El humus de lombriz es un abono orgánico 100% natural, que se obtiene de la transformación de residuos orgánicos compostados, por medio de la Lombriz Roja de California. Mejora la porosidad y la retención de humedad, aumenta la colonia bacteriana y su sobredosis no genera problemas. Tiene las mejores cualidades constituyéndose en un abono de excelente calidad debido a sus propiedades y composición.

La acción de las lombrices da al sustrato un valor agregado, permitiendo valorarlo como un abono completo y eficaz mejorador de suelos. Tiene un aspecto terroso, suave e inodoro, facilitando una mejor manipulación al aplicarlo, por su estabilidad no da lugar a fermentación o putrefacción.

En lo que se refiere al manejo de la lombriz californiana, en la actualidad se ha venido llevando en lechos que son construidos a nivel del suelo, en donde se obtiene solo humus sólido haciendo que el humus líquido se pierda por los lixiviados, de allí nace la necesidad de implementar nuevas tecnologías que nos permitan mejorar la producción.

De ahí el empleo de invertir en nuevas tecnologías, puesto tendrá una inversión considerable como cualquier otra investigación, con la finalidad de optimizar el producto como en nuestro caso el humus líquido, que no va a ser afectado en su composición física ni química en el producto final.

En el Ecuador la crianza de la lombriz californiana (*Eisenia foetida*) ha ido teniendo auge en los últimos años ya que esta actividad de explotación recicla todo tipo de materia orgánica y se obtiene como fruto de este trabajo fundamentalmente dos productos: el humus (sólido y líquido), y la carne, siendo el primero un excelente abono orgánico para los vegetales en este caso en la producción de pastos para animales de interés zootécnico.

Al momento de utilizar lechos que se encuentran a nivel del suelo, obtenemos solo humus sólido pues la mayoría del humus líquido suele perderse, al momento

de construir este tipo de extractor de lixiviados, optimizamos el producto que nos brinda esta especie, obteniendo un producto de calidad y al mismo tiempo mejoramos la producción forrajera en la Estación Experimental Tunshi de la Facultad de Ciencias Pecuarias – ESPOCH.

Por lo mencionado anteriormente se propusieron los siguientes objetivos:

- Diseñar, construir y automatizar un extractor de lixiviados con materiales de alta resistencia a la corrosión y oxidación.
- Sistematización del proceso de producción de lixiviados (humus líquido).
- Determinar la composición química y física de los lixiviados.
- Comprobar la eficiencia del equipo.
- Determinar los costos de construcción, instalación y funcionamiento.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### A. LOMBRICULTURA

#### 1. Conceptos Generales

La palabra humus data de 2000 AC y se designa su uso en la civilización griega. Para ella el humus era aquel material orgánico de color marrón oscuro, de consistencia pastosa que resulta de la descomposición de los restos vegetales y animales que se encuentran en el suelo (Domínguez, 2010).

En la actualidad el humus se define como la materia orgánica del suelo, en un estado más o menos avanzado de estabilización, que no se encuentra de una forma definida, sino en una serie de productos intermedios de transformación, hasta que parte de sus componentes llegan a mineralizarse bajo la acción del agua, oxígeno y principalmente de los microorganismos del suelo (Fernández, 2003).

Fajardo (2002), manifiesta que la lombricultura consiste en el cultivo intensivo de la lombriz *Eiseniafoétida* (roja californiana); la cual transforma los residuos orgánicos aprovechándolos como abono para los cultivos agrícolas. A estos desechos orgánicos arrojados por la Lombriz se le conocen con el nombre de Humus, que es el mayor estado de descomposición de la materia orgánica y es un abono de excelente calidad. Además, la Lombriz roja californiana tiene un 70% en proteína lo que significa que es ideal para la alimentación de animales como cerdos o peces. Por otra parte, ofrece una buena alternativa para el manejo de desechos contaminantes como basura orgánica de ciudades, desechos orgánicos de industrias, estiércoles de establos, etc.

El estiércol de estas lombrices tiene cuatro veces más nitrógeno, veinticinco veces más fósforo, y dos veces y media más potasio que el mismo peso del estiércol bovino; ningún abono orgánico similar lo iguala, presentando un conteo bacterial benéfico de bacterias aeróbicas, hongos y actinomicetos; también adiciona vitaminas, fitohormonas y enzimas las cuales tienen una relación directa

con la disponibilidad de nutrientes para las plantas, además de una duración ilimitada que lo hace único entre los abonos orgánicos (Fernández, 2003).

## **2. La Lombricultura en el Ecuador**

En el centro de la ciudad de Puyo, Provincia de Pastaza, se realizó un estudio para el establecimiento de un plan de manejo sostenible de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en el Oriente Ecuatoriano. Se establecieron 5 lechos provistos del mismo sustrato (estiércol 60% y residuos vegetales 40%) en un espesor de aproximadamente 30cm, con una sola repetición, los mismos que fueron distribuidos equitativamente en cada lecho el cual contó con una dimensión de 1m x 3m x 0,40 m.

Durante el experimento la temperatura y el pH presentaron ligeras variaciones a los 60 días por adición de una fina capa de sustrato para nuevamente estabilizarse alcanzando al final de la investigación promedios de temperatura de 24,36 °C y pH de 7,15. La humedad no presentó inconvenientes. La población logró 23962 lombrices entre adultos y juveniles lo que demuestra un incremento de 585,61%; con un promedio general de 18345,6 lo que estima resultados muy alentadores y altamente productivos. Cabe destacar que los niveles de carbono: nitrógeno eran elevados al inicio, presentando rangos de C:N (21:1), sin embargo, no hubo inconvenientes. Finalmente, los resultados demostraron ser rentables a pesar del traslado del estiércol de la hacienda Tunshi – ESPOCH hacia Puyo definiendo un ingreso neto de \$217,43 USD y un Beneficio Costo de 1,62 al final de la investigación en tal virtud es recomendable la utilización de la información como guía para obtener un buen rendimiento productivo (Chango, 2007).

## **3. La lombricultura en la actualidad y su evolución**

En la actualidad la lombricultura ha tomado un gran auge como solución a los problemas de los residuos orgánicos.

Las diversas actividades del hombre generan toneladas de residuos orgánicos, que la naturaleza por sí sola no puede degradar. La acumulación diaria de

desechos orgánicos ocasiona la aparición de focos de infección, proliferación de moscas, contaminación de suelos y aguas. La lombricultura se presenta como una alternativa de reciclaje, rápida y barata (Fogar, 1999).

La lombriz ya no solamente es la productora de humus con desechos del campo y de animales, que nos permite tener alimentos vegetales totalmente orgánicos, sino que está apareciendo en varios escenarios.

Se ha constituido en un excelente instrumento para la defensa ecológica del medio ambiente. Es generadora de nuevas actividades laborales y económicas y es una alternativa de primer orden para la nutrición humana. Todo en medio de un marco de técnicas sencillas, capacitación adecuada, bajas inversiones, alta rentabilidad y buen manejo de mercadotecnia (Pérez, 2015).

## **B. LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA**

### **1. Características generales**

La acción benéfica de la lombriz de tierra en el suelo es reconocida desde la antigüedad, principalmente por los griegos y por los egipcios, quienes sentían gran admiración por este anélido. Aristóteles llamó intestino de la tierra por facilitar su aireación y la permeabilidad del agua en los terrenos (Gómez *et al.*, 2010). El primero que se interesó científicamente en la lombriz fue Charles Darwin, 1881, destacando la acción de la lombriz en la remoción y mezcla del suelo en su libro "La Formación del Suelo Vegetal" y a partir del 1961 los científicos en las diferentes ramas de las ciencias Naturales.

Domínguez (2010), manifiesta que se la conoce como Lombriz Roja Californiana porque es en ese estado de E.E.U.U. donde se descubrieron sus propiedades para el ecosistema y donde se instalaron los primeros criaderos. La lombriz es un anélido hermafrodita, reúne características morfo fisiológicas y comportamentales muy importantes para introducirla dentro de una explotación zootécnica.

Fajardo (2002), reporta que la Lombriz Roja Californiana vive normalmente en

zonas de clima templado; su temperatura corporal oscila entre 19 y 20°C y humedad del 82%. En estado adulto mide entre 7 y 10 cm de longitud con un diámetro de 3 a 5 mm; su peso aproximado es de un gramo. Una lombriz consume diariamente una cantidad de residuos orgánicos equivalente a su peso: el 60% se convierte en abono y el resto lo utiliza en su metabolismo y para generar tejidos corporales. Vive hasta 16 años, durante los cuales se acopla regularmente cada 17 días (45 días lombriz común), desde los tres meses de edad si la temperatura y humedad del medio son adecuadas.

Gheisari (2010), manifiesta que sus características morfológicas y fisiológicas específicas la hacen una excelente fábrica procesadora de todo tipo de materia orgánica en descomposición; su producto final, el lombrihumus, de excelentes características agronómicas permite recuperar suelos al aportar altos niveles de microorganismos y elementos químicos benéficos para cualquier tipo de cultivo. Entre las pocas especies de lombrices que pueden explotarse en cautividad está la lombriz Roja californiana, la cual se ha obtenido, por selección de varios tipos para dedicarla a la producción de humus por su alta adaptación y prolificidad, vive en grandes densidades, se reproduce en cautiverio, es muy voraz, acepta todo tipo de desechos orgánicos, cada día come el equivalente del peso de su cuerpo y el 60 % del alimento lo expele en forma de humus.

## **2. Clasificación Zoológica**

Fajardo (2002), indica la siguiente clasificación:

- Reino: Animal.
- Tipo: Anélido.
- Clase: Oligoqueto.
- Orden: Opisthoro.
- Familia: Lombricidae.
- Género: Eisenia.
- Especie: E. foétida.

### **3. Características morfológicas**

Fajardo (2002), indica que posee el cuerpo alargado, segmentado y con simetría bilateral, existe una porción más gruesa en el tercio anterior de 5 mm. de longitud llamada clitelium cuya función está relacionada con la reproducción. La pared del cuerpo de las lombrices está constituida de afuera hacia dentro, por:

#### **a. Cutícula**

Es una lámina muy delgada de color marrón brillante, quitinosa, fina y transparente.

Epidermis. Situada debajo de la cutícula, es un epitelio simple con células glandulares que producen una secreción mucosa. Es la responsable de la formación de la cutícula y del mantenimiento de la humedad y flexibilidad de la misma. También existen células glandulares que producen una secreción serosa (Mazuela, 2013).

#### **b. Capas musculares**

Son dos, una circular externa y otra longitudinal interna.

#### **c. Peritoneo**

Es una capa más interna y limita exteriormente con el celoma de la lombriz.

#### **d. Celoma**

Es una cavidad que contiene líquido celómico y se extiende a lo largo del animal, y dentro de este se suspenden los órganos internos del animal.

#### **e. Aparato circulatorio**

Formado por vasos sanguíneos, las lombrices tienen dos vasos sanguíneos, uno dorsal y otro ventral. Posee también otros vasos y capilares que llevan. La sangre

circula por un sistema cerrado constituido por cinco pares de corazones.

#### **f. Aparato respiratorio**

Es primitivo, el intercambio de oxígeno se produce a través de la pared del cuerpo. Los capilares junto con la cutícula húmeda reciben oxígeno y eliminan anhídrido carbónico

#### **g. Sistema digestivo**

La boca posee una faringe muscular que actúa como bomba de succión. Las células del paladar son las encargadas de seleccionar el alimento que pasa posteriormente al esófago donde se localizan las glándulas calcíferas. Estas glándulas segregan iones de calcio, contribuyendo a la regulación del equilibrio ácido básico, tendiendo a neutralizar los valores de pH.

Posteriormente tenemos el buche, en el cual el alimento queda retenido para dirigirse al intestino. La lombriz californiana se alimenta de animales, vegetales y minerales. Antes de comer tejidos vegetales los humedece con un líquido parecido a la secreción del páncreas humano, lo cual constituye una predigestión.

#### **h. Aparato excretor**

Formado por nefridios, dos para cada anillo. Las células internas son ciliadas y sus movimientos permiten retirar los desechos del celoma.

#### **i. Sistema nervioso**

Tienen un sistema nervioso que consta de un cerebro, un cordón nervioso central y células sensoriales especiales que incluyen células táctiles, receptores gustativos, células sensibles a la luz y células relacionadas con la detección de humedad.

## **j. Aparato reproductivo**

Está formado por el Clitelo que es un claro abultamiento glandular ubicado en la parte anterior del cuerpo y se caracteriza por secretar una sustancia que forma las cápsulas para alojar los huevos. Aparece sólo en las lombrices adultas y representa la madurez sexual. También poseen por ser hermafroditas los 2 órganos sexuales: testículos y ovario con el respectivo receptáculo seminal y oviducto.

## **4. Hábitat**

Domínguez (2010), reporta que la lombriz habita en los primeros 50 cm del suelo, portanto, es muy susceptible a cambios climáticos. Es fotofóbica, los rayos ultravioletas pueden perjudicarla gravemente, además de la excesiva humedad, la acidez del medio y la incorrecta alimentación. Cuando la lombriz cava túneles en el suelo blando y húmedo, succiona o chupa la tierra con la faringe evaginada o bulbo musculoso. Digiere de ella las partículas vegetales o animales en descomposición y vuelve a la superficie a expulsar por el ano la tierra.

## **5. Ciclo de vida y reproducción**

Chango (2007), nos revela que son hermafroditas, no se autofecundan, por tanto, es necesaria la cópula, la cual ocurre cada 7 o 10 días. Luego cada individuo coloca una cápsula (huevo en forma de pera de color amarillento) de unos 2 mm. De la cual emergen de 2 a 21 lombrices después de un periodo de incubación de 14 a 21 días, dependiendo de la alimentación y de los cuidados.

Durante el acoplamiento giran en sentidos opuestos, se contactan los aparatos masculinos y femeninos de cada lombriz y reciben mutuamente esperma. La actividad sexual está disminuida en los meses muy calurosos, como también en los meses demasiado fríos. Logra su madurez sexual a los tres meses, pero se considera adulta a los siete meses de su nacimiento. Una lombriz roja puede producir anualmente en condiciones normales de humedad y temperatura 1500 lombrices. Al nacer las lombrices son blancas, transcurridos 5 o 6 días se ponen

rosadas y a los 120 días ya se parecen a las adultas siendo de color rojizo y estando en condiciones de aparearse.

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

### **a. Humedad**

Rodríguez (2004), menciona que la humedad será del 80% para facilitar la ingestión de alimento y el deslizamiento a través del material. Si la humedad no es adecuada puede dar lugar a la muerte de la lombriz. Las lombrices toman el alimento chupándolo, por tanto, la falta de humedad les imposibilita dicha operación. El exceso de humedad origina empapamiento y una oxigenación deficiente.

### **b. Temperatura**

El rango óptimo de temperaturas para el crecimiento de las lombrices oscila entre 12 – 25°C; y para la formación de cocones entre 12 y 15°C. Durante el verano si la temperatura es muy elevada, se recurrirá a riegos más frecuentes, manteniendo los lechos libres de malas hierbas, procurando que las lombrices no emigren buscando ambientes más frescos (Rodríguez, 1994).

### **c. pH**

Chango (2007), menciona que el pH óptimo para su desarrollo está en un rango de 7 a 8. Es indispensable efectuar la prueba de acidez cada vez que se recibe una nueva partida de material orgánico con la finalidad de controlar su envejecimiento y su estado de descomposición. Se utiliza papel tornasol o el potenciómetro para determinar el valor de acidez o basicidad del sustrato.

Para esta prueba se toma con la mano una muestra muy húmeda estiércol; se introduce una tira de dicho papel en medio del estiércol; se introduce una tira de dicho papel en medio del estiércol y se mantiene la mano cerrada durante 20 a 30

segundos; luego se compara la coloración obtenida con la escala de colores que trae el empaque. Si el pH es ácido, se desarrollarán en el sustrato la plaga conocida comúnmente como planaria.

#### **d. Riego**

Rodríguez (2004), indica que los sistemas de riego empleados son el manual y por aspersión. El manual consta de una manguera de goma de características variables según la función de los lechos. Por su sencillez es muy difundido, pero requiere un trabajador implicado exclusivamente en esta labor.

El riego por aspersión requiere mayor inversión, habiendo diversas modalidades según su disposición en los lechos. Si el contenido de sales y de sodio en el agua de riego son muy elevados darán lugar a una disminución en el valor nutritivo del vermicompost. Los encharcamientos deben evitarse, ya que un exceso de agua desplaza el aire del material y provoca fermentación anaeróbica.

#### **e. Aireación**

Chango (2007), fundamenta que es fundamental para la correcta respiración y desarrollo de las lombrices. Si la aireación no es la adecuada el consumo de alimento se reduce; además del apareamiento y reproducción debido a la compactación. Dentro del lecho debe existir un adecuado intercambio gaseoso, el cual está relacionado con la textura del sustrato. La presencia de material altamente compacto o los excesos de agua que saturan los poros del lecho producen una disminución de  $O_2$  peligrosa para la supervivencia del animal, se debe evitar el uso de plásticos tanto en el fondo del lecho como de cubierta usar como protectores materiales como costal, paja, hojas de plátano entre otras.

#### **f. Alimentación**

Fajardo (2002), señala que las lombrices comen casi cualquier sustancia orgánica putrefacta y son muy golosas para las azúcares, las sales y la celulosa. Cuanto más fino sea el granulado de la comida, menor dificultad tendrá para ingerirla y

por tanto mayor será la producción de humus; es indispensable que el granjero triture el alimento antes de suministrarlo, para acelerar el proceso de degradación y mejorar la textura.

Como son muy voraces y les encanta la celulosa aceptan el papel y el cartón siempre y cuando estén bien humedecidos. Se les puede dar viruta y aserrín de madera que proceda de árboles pobres de resina y bajos e taninos (las virutas de madera roja poseen altas cantidades), pues el exceso de esta sustancia es tóxico para las lombrices. También aceptan muy bien el estiércol previo un tratamiento de maduración.

La calidad del alimento influye en la producción y fecundidad de las cápsulas, si la lombriz es trasladada periódicamente a alimentos frescos la producción de cápsulas y la fecundidad aumentan, la adición constate de alimentos frescos incrementan su peso y producción. Se asegura que la calidad de la alimentación influye mucho sobre la reproducción

## **C. HUMUS**

### **1. Característica Generales**

Legall&Jennyn (2000), mencionan que el humus es la materia orgánica degradada a su último estado de descomposición por efecto de microorganismos y que en consecuencia se encuentra químicamente estabilizado como coloide el cual regula la dinámica de la nutrición vegetal del suelo. Esto puede ocurrir en forma natural a través de los años o en un lapso de horas, tiempo que demora la lombriz en ingerir lo que come (estiércol de lombriz).

Elhumus se hace luego que las lombrices rojas cavan sus túneles en la tierra. Si bien se llama humus al resultado de la excreción del alimento consumido por la lombriz, a continuación, veremos que esto no es estrictamente así (Mejías, 2005).

Las lombrices van succionando y chupando la tierra con su faringe invaginada (también llamada bulbo musculoso), y al hacerlo van digiriendo los desechos

orgánicos en descomposición (vegetales y/o animales), que luego devolverán al suelo tras expulsarlas por su ano.

Pero el humus no se produce por el proceso digestivo de las lombrices en si, sino por la actividad microbiana que ocurre en la excreción luego que esta queda en reposo.

- Es totalmente natural, mejora la porosidad y la retención de humedad, aumenta la colonia bacteriana y su sobre dosis no genera problemas.
- En su composición están presentes todos los nutrientes: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, sodio, manganeso, hierro, cobre, cinc, carbono, etc., en cantidad suficiente para garantizar el perfecto desarrollo de las plantas, además de un alto contenido de materia orgánica, que enriquece el terreno.
- Favorece la circulación del agua y el aire.
- Las tierras ricas en humus son esponjosas y menos sensibles a la sequía.
- Facilita la absorción de los elementos fertilizantes de manera inmediata.
- Tiene capacidad de taponamiento, por lo que en su presencia en los terrenos ligeramente ácidos o básicos, tienden a neutralizarse.
- Su pH neutro permite aplicarlo en contacto con la raíz, de forma que evita en un 100% el shock del trasplante y facilita la germinación de las semillas.
- Contiene sustancias fito reguladoras que aumentan la capacidad inmunológica de las plantas por lo que ayuda a controlar la aparición de plagas.

## 2. Componentes del humus de lombriz

Pupiro(2013), manifiesta que la composición físicoquímica del humus de lombriz varía en dependencia del tipo de alimento para las lombrices, del tiempo de producido del humus, de su estado de conservación y manejo de la cría de lombrices entre otros factores. A continuación, declaramos un promedio de la composición básica, que se expresa en el siguiente cuadro:

Cuadro 1. COMPONENTES DEL HUMUS DE LOMBRIZ.

INDICADORES	VALORES	INDICADORES	VALORES
Ph	6,5 - 7,2	% CaO	1,0 - 6,0
% MO	35 - 60	% MgO	0,5 - 2,0
% Ácidos húmicos	3,0 - 7,0	% SO <sub>4</sub> =	0,5 - 1,0
% Ácidos fúlvicos	1,5 - 3,5	Cloro (Cl)	0,07 - 0,15
% N <sub>2</sub>	1,0 - 2,0	Total	0,1 - 0,2
% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,5 - 1,5	Sodio (Na)	500 - 1500
% K <sub>2</sub> O	0,3 - 1,1	Total	200 - 320
Relación C/N	8,0 - 10,0	p.p.m.	50 - 150
% Humedad	30 - 40	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	250 - 400
Bacterias benéficas	107 - 108 u.f.c	p.p.m	20 - 60

Fuente: Pupiro(2013).

## D. HUMUS LÍQUIDO

### 1. Conceptos Generales

Lara (2011), el humus de lombriz líquido es una forma de llamarlo, realmente son los lixiviados de las lombrices, que producen al alimentarse de nuestros desechos orgánicos que le vamos echando a la vermicompostera, sugiere que el Humus de Lombriz líquido contiene los elementos solubles más importantes presentes en el humus de lombriz (sólido), entre los que se incluyen los humatos más importante como son: los ácidos húmicos, fúlvicos, úlmicos, entre otros. Además del alto contenido en Ácidos Húmicos y Fúlvicos, incrementa la reabsorción de los

minerales existentes en el suelo.

Lara (2011), indica que el lixiviado humus de lombriz líquido es un fertilizante abono orgánico natural contiene todos los elementos o nutrientes mayores de Nitrógeno, Fosforo, y Potasio, así como, de los elementos o nutrientes menores de Zinc, Hierro, Cobre, Manganeseo, Molibdeno, Boro, Calcio, Magnesio, Azufre y Sodio, siendo abono ideal para su aplicación en todos los cultivos, ya sea por medio del riego o por aplicación en forma foliar que resulta de la dilución de los elementos más aprovechables y solubles en el agua de paso que se usa para regar la cama de las lombrices o los contenedores donde viven las lombrices rojas californianas que provocan la transformación biológica química y física de los residuos orgánicos sólidos, a partir del proceso de digestión e ingestión de las lombrices rojas californianas (*E. Foetida*) y otros tipos de lombrices de tierra criadas para procesamiento de desechos residuos con alto contenido orgánico y con capacidades de tierra agrícola.

<https://ecocosas.com/agroecologia> (2017), manifiesta que el lixiviado humus de lombriz se obtiene mediante un proceso biotecnológico avanzado de micro filtración transformándolo en un líquido lixiviado humus de lombriz de excelente calidad para mejorar, corregir y aumentar los nutrientes en suelos agrícolas debido a su alto contenido de humatos los cuales son ácidos húmicos, úlmicos y fúlvicos extremadamente asimilables y aprovechables por las raíces de los cultivos y la microflora y microfauna de los suelos y sustratos de siembra agrícola.

## **2. Ventajas**

Brito (2016), indica que al ser aplicado al suelo o al follaje de la planta actúa como fertilizante abono orgánico ya que hace aprovechables todo el amplio rango de los macro y micro nutrientes, además de evitar la concentración y acumulación de sales. Además de formular un medio o ambiente ideal para la proliferación de organismos benéficos tales como: bacterias, hongos, protozoarios, que limitan el desarrollo de patógenos y enfermedades, reduciendo sensiblemente el riesgo en el desarrollo de afectaciones a forraje, hojas, ramas y raíces del mismo modo, estimula la humificación propia del suelo y su enriquecimiento de la microflora y

microfauna ya que incorpora y descompone los residuos orgánicos (vegetales principalmente) presentes en el suelo.

Por lo tanto, se llega a la conclusión y existen evidencias contundentes de que el lixiviado Humus Líquido de Lombriz:

- Aumenta la biomasa de microflora y microfauna (micro organismos) presentes en los suelos agrícolas y de la ciudad.
- Estimula el desarrollo, crecimiento, madurez y salud radicular.
- Mantiene y retiene la humedad en del suelo por más tiempo.
- Reduce la conductividad de los suelos salinos a través del agrupamiento de arcillas.
- Balancea y corrige el pH en suelos ácidos (lo nivela a 7,5 o 7,8).
- Equilibra el desarrollo de hongos benéficos presentes en el suelo.
- Aumenta la producción en los cultivos agrícolas, huertos familiares y huertos productivos.
- Disminuye la actividad de ácidos y otros parásitos peligrosos para el mundo vegetal.
- Excelente interacción de la actividad de muchos pesticidas y fertilizantes del mercado.
- Su aplicación limita la contaminación de químicos en los suelos por uso inapropiado de agroquímicos.
- Es rápidamente asimilado por la raíz y por las estomas del tejido vegetal.

### **3. Utilidades**

El lixiviado es un fertilizante abono orgánico líquido actualmente los lixiviados están siendo utilizados para el control de plagas y enfermedades, así mismo se ha evidenciado su actividad potencial en la protección de cultivos agrícolas para rango amplio de enfermedades de importancia, como: el tizón de la papa o tomate, el mildiu polvoso y el fusarium en manzano y otras plagas en cítricos. De su composición microbiana presente en el lixiviado humus de lombriz, se encuentran bacterias, hongos y protozoarios los cuales son parte del compost

que, junto con sustancias químicas, como fenoles y aminoácidos, inhiben las enfermedades a través de mecanismos tales como: aumento en la resistencia de la planta a la infección, antagonismo y competencia con el patógeno a las raíces, entre otros de importancia (Brito, 2016).

Los lixiviados de Humus de Lombriz líquido tienen gran abundancia y rica diversidad de microorganismos benéficos, aunque no son considerados pesticidas por sí mismos, su objetivo, es el de competir con otros microorganismos e impedir que ocupen el espacio, alimentación y su sitio de infección en caso de patógenos y parásitos. Algunos otros contienen químicos naturales antimicrobianos que producen la inhibición del crecimiento de hongos (moco producido por la lombriz).

Una vez aplicado el lixiviado a la superficie de la hoja, los microorganismos benéficos ocupan los nichos esenciales y consumen los exudados que los microorganismos patogénicos deberían consumir, interfiriendo directamente en su desarrollo, crecimiento y reproducciones. Conocen varios efectos de los lixiviados para suprimir las enfermedades de los cuales comentaremos los siguientes:

- Inhibición de la germinación de las esporas (de patógenos) en plantas enfermas.
- Detener hasta cierto punto la expansión de la lesión en la superficie de la planta.
- Competencia con los microorganismos por alimento, nutrientes y sitios importantes de la planta y la raíz.
- Depredación de los microorganismos que causan la enfermedad.
- Eliminación de los organismos con producción de antibióticos naturales provenientes de los procesos de las lombrices, protozoarios y hongos.
- Incremento de la salud de la planta y, con esto, su habilidad de defensa a las enfermedades en general.

## **E. LIXIVIADOS DE HUMUS DE LOMBRIZ**

Canelas (2002), indica que el humus líquido (parte soluble en medio alcalino del humus de lombriz) contiene los elementos solubles más importantes presentes en el humus sólido, entre ellos las huminas, los ácidos húmicos, fúlvicos, y úlmicos. El humus líquido aplicado al suelo o a la planta ayuda a asimilar macro y micro nutrientes, evitando la concentración de sales.

El lixiviado de lombrihumus puede utilizarse como abono, debido a que contiene nutrimentos solubles y microorganismos benéficos. Esta solución puede ser aplicada a través de sistemas de riego presurizado, por lo que su uso puede adaptarse en sistemas de producción orgánica de cultivos bajo condiciones de invernadero (Rodríguez *et al.*, 2007).

También se ha utilizado para prevenir enfermedades, tanto en aspersion foliar como aplicado al sustrato (Serrato, 2001). En Europa se tiene un alto aprecio a esta flor, particularmente en Holanda, país con tradición en el cultivo y comercio de bulbosas, al obtener de ella una amplia variedad de híbridos. Para su cultivo es importante que el sustrato esté bien desmenuzado. La temperatura ambiente óptima se encuentra entre los 12 – 17°C, la humedad relativa ambiente recomendable entre 70 – 80%, y un plan programado de riego para Iris cuyo potencial hídrico se encuentre entre -0,1 y -1,1 M Pa (Rodríguez *et al.*, 2007).

Los extractos o lixiviados del humus de lombriz han sido considerados, tradicionalmente, como un fertilizante líquido orgánico recientemente, estos materiales están siendo utilizados para el control de plagas y enfermedades (Santiago, 2004).

### **1. Propiedades del lixiviado de humus de lombriz**

Cadena (2004), enumera las diferentes propiedades que presenta el humus de lombriz:

- Incrementa la biomasa de micro organismos presentes en el suelo.
- Estimula un mayor desarrollo radicular.
- Detiene la humedad en el suelo por mayor tiempo.
- Incrementa la producción de clorofila en las plantas.
- Reduce la conductividad eléctrica característica de los suelos salinos.
- Mejora el pH en suelos ácidos.
- Equilibra el desarrollo de hongos presentes en el suelo.
- Aumenta la producción de cultivos.
- Disminuye la actividad de chupadores como los áfidos.
- Actúa como potenciador de la actividad de muchos pesticidas y fertilizantes del mercado.
- Es asimilado por la raíz y por las estomas.

## **2. Obtención de Lixiviado de Humus de Lombriz**

Como materia prima para la preparación de los sustratos y base de la alimentación de las lombrices, empleamos estiércoles de varias especies de animales: vacunos, ovinos, equinos, cuyes, conejos, entre otros. Las materias primas son colocadas en un área de cemento donde se riega copiosamente y se airea permanentemente. Este proceso dura alrededor de dos a tres meses lapso en el cual está listo el sustrato para ser depositado en los lechos (Cadena, 2004).

Cuando el sustrato ha sido procesado por las lombrices y humificado (humus sólido), el excedente líquido (lixiviado) es recolectado a través de drenes internos y enviado a los tanques de recolección y luego transportado a los tanques de almacenamiento para su posterior llenado de envases, embalado y comercializado. La manera de obtener el Humus de Lombriz líquido es colocando una bolsa de 2 kg de humus de lombriz en un costal tipo arpilla y luego se coloca en un tanque con 10 litros de agua, agitando regularmente, el procedimiento se da por concluido, cuando el líquido toma un color ambarino ligero (Cadena, 2004).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO**

La presente investigación se desarrolló en la Estación Experimental Tunshi de la Facultad de Ciencias Pecuarias - ESPOCH, ubicada en el Km 10 de la Vía Riobamba – Licto, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo, las condiciones meteorológicas del sitio se detallan en el cuadro 2.

La presente investigación tuvo una duración de 60 días.

Cuadro 2. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE LA ZONA.

Parámetros	Valores
Temperatura, °C	14,92
Altitud, msnm	2712
Humedad relativa, %	76,46

Fuente: Estación Agro meteorológica de la F.R.N. de la ESPOCH(2017).

#### **B. UNIDADES EXPERIMENTALES**

Por ser un trabajo de tipo experimental no se consideran unidades experimentales, ni un diseño; únicamente, se evaluó las pruebas piloto del extractor de lixiviados a partir del humus de lombriz.

#### **C. MATERIALES, EQUIPOS, E INSTALACIONES**

Los materiales, equipos e instalaciones que se emplearon para el desarrollo de la presente investigación se distribuyeron de la siguiente manera:

## 1. **Materiales**

- Calculadora.
- Materiales de escritorio.
- Material bibliográfico.
- Planchas de acero inoxidable.
- Humus de lombriz.
- Suelta.
- Termómetro.
- Ángulo de hierro.
- Peachímetro.
- Portaobjetos.
- Cubreobjetos.
- Pipetas.
- Microscopio.

## 2. **Equipos**

- Soldadora.
- Computadora.
- Amoladora.

## 3. **Instalaciones**

Unidad de apoyo en bioabonos de la Estación Experimental Tunshi- Área Pecuaria.

## **D. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL**

En el presente trabajo no se dispone de tratamientos experimentales, por tanto, responde al estudio de procesos para el diseño, construcción y automatización del extractor de lixiviados a partir del humus de lombriz para la Estación Experimental Tunshi-Área Pecuaria de la Facultad de Ciencias Pecuarias, el mismo que permite

establecer un mejor resultado en el proceso de producción y obtención de humus líquido. Sin embargo una vez instalado el equipo se realizó una prueba piloto para verificar el funcionamiento correcto del equipo, se utilizó humus sólido, el mismo que se consideró como fuente de variación, los resultados registrados respondieron a una recopilación de muestras sistematizadas, en tal virtud se utilizó estadística descriptiva.

#### **E. MEDICIONES EXPERIMENTALES**

- Capacidad de producción del lixiviado (ml/día).
- Temperatura (°C).
- pH.
- Humedad (%).
- Cantidad de macro y micro nutrientes (N,P,K,Mg, Ca, Cu,Mn,Co,Fe,Zn,Na) y materia orgánica (%).

#### **F. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA**

Los resultados experimentales que se obtuvieron fueron sometidos a los siguientes análisis estadísticos y económicos.

- Media.
- Desviación estándar.
- Moda.
- Mediana.
- Mínimo.
- Máximo.
- Análisis beneficio/costo.

## **G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL**

### **1. Descripción del Experimento**

Las actividades que se realizaron en el desarrollo de la presente investigación realizada se indican a continuación:

- Primero se diseñó el extractor de lixiviados.
- Se adquirieron los diferentes materiales necesarios para la construcción del extractor de lixiviados.
- Una vez construida la máquina se procedió a automatizarla.
- Posteriormente se instaló la misma, en la estación experimental Tunshi.
- Finalmente se realizó las pruebas, añadiendo en la máquina humus sólido y lombrices.
- La temperatura se tomó manualmente utilizando un termómetro para suelos
- El pH se midió mediante tiras medidoras de pH.
- La lectura de humedad se obtuvo a través de los datos del panel de control.
- Los lixiviados fueron recolectados y medidos, en hojas individuales para su posterior tabulación.

## **H. METODOLOGÍA DE LA EVALUACIÓN**

### **1. Capacidad de producción del lixiviado (ml/día)**

La producción de lixiviados se evaluó diariamente, para lo cual se midió en un recipiente la cantidad de lixiviados en mililitros producidos regularmente, la recolección de los lixiviados se la realizó a la misma hora para evitar errores.

### **2. Temperatura (°C)**

La temperatura del lecho de lombrices, se evaluó diariamente con ayuda de un termómetro, esta medición se la realizó en las primeras horas de la mañana diariamente para evitar errores (Jaramillo&Muñoz,2018).

### **3. pH**

para la evaluación del pH, se utilizaron tiras medidoras de pH (Jaramillo&Muñoz,2018).

### **4. Húmedad (%)**

El control de la humedad fue automatizado, utilizando sensores de humedad (Jaramillo&Muñoz,2018)..

### **5. Cantidad de macro y micro nutrientes**

Mediante muestras que fueron enviadas al laboratorio se evaluaron los niveles de varios elementos como el N,P,K, Mg, Ca, Cu,Mn,Co,Fe,Zn,Na y materia orgánica (%) (Jaramillo&Muñoz,2018).

### **6. Fase de prueba de la máquina**

Para la realización de las pruebas de funcionamiento de la maquina extractora de lixiviados, se utilizó 200 kg de materia orgánica y 3 kg de lombriz.

Los lixiviados fueron recolectados diariamente para su posterior medición, estos datos fueron anotados en hojas individuales para su consecuente tabulación.

Durante la experimentación se controló diariamente la temperatura, pH y humedad del lecho por la automatización.

### **7. Beneficio/costo (\$)**

Se determinó mediante el indicador económico Beneficio/Costo por la siguiente expresión:  $\text{Beneficio/costo} = \text{Ingreso Totales (\$)} / \text{Egresos totales (\$)}$ .

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### A. PRODUCCIÓN DE LIXIVIADOS DE HUMUS DE LOMBRIZ

La producción de lixiviados de humus de lombriz por día, se observa en el cuadro 3, la producción media de lixiviados es de 5943,63 ml/día, con un mínimo de 5078 ml/día, un máximo de 6000 ml/día, moda de 6000 ml/día, mediana de 6000 ml/día y una desviación típica de 178,68.

Cuadro 3. PRODUCCIÓN DE LIXIVIADOS DE HUMUS DE LOMBRIZ.

	N Días	Mínimo (ml)	Máximo (ml)	Media (ml)	Moda ml)	Mediana ml)	Desv. típ.
Medición	32	5078,00	6000,00	5943,63	6000,00	6000,00	178,68

En el gráfico 1, se puede observar de mejor manera la producción diaria durante 32 días de los lixiviados producidos del humus de lombriz, la cual se mantienen constante durante toda la fase de experimentación.

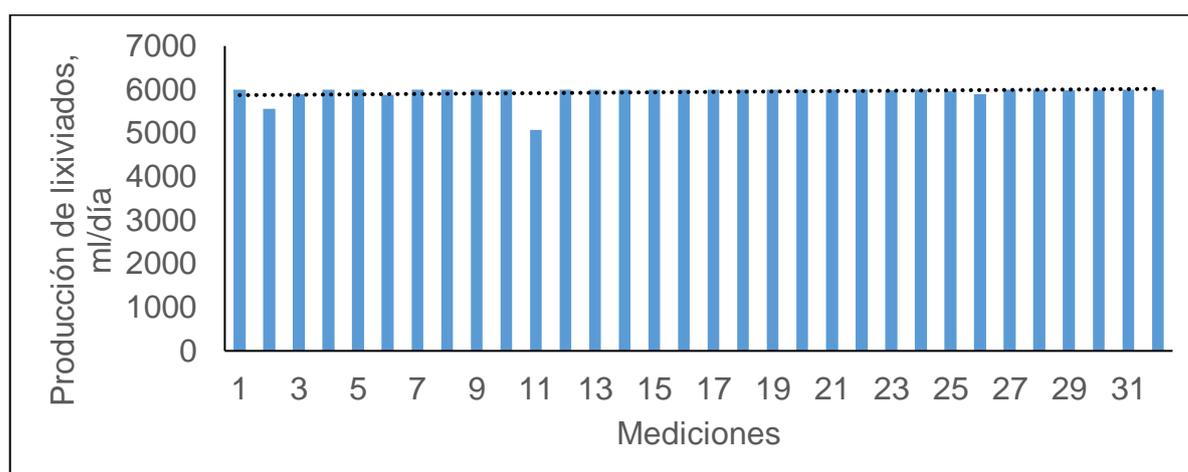


Gráfico 1. Producción de lixiviados producidos a partir del humus de lombriz.

La producción de lixiviados de humus es de alrededor de 6 litros al día, los cuales se pueden utilizar para la fertilización de cualquier tipo de cultivo y mejorar su rendimiento, además de promover el incremento de la materia orgánica del suelo,

la actividad microbiana y una liberación gradual de nutrientes a la planta, para una nutrición mineral más balanceada (Cantero *et al.*, 2015),

La adición de materiales orgánicos al suelo reduce procesos como lixiviación, fijación y volatilización, que dependen de la tasa de descomposición del material orgánico (Mueller *et al.*, 2013). En cambio, la utilización de fertilizantes de origen sintético afecta al medio ambiente, al balance de elementos nutricionales en las plantas, produce desequilibrios nutricionales, reduce la resistencia a insectos plaga y tienen un efecto negativo en la salud del consumidor por la trazabilidad de los mismos (Nieto *et al.*, 2002).

Cantero *et al.*, (2015) evaluó diferentes fuentes de fertilización (lombriabono, compost, lixiviado de humus de lombriz y fertilización convencional con nitrógeno, potasio y fósforo), y no obtuvo diferentes estadísticas al comparar los parámetros productivos (altura de la planta, área foliar, días a la pre floración, días a cosecha), por lo tanto, el uso de lixiviados de humus de lombriz es igual de eficaz frente a los fertilizantes convencionales.

En otras investigaciones Fernández (2003), comprobó que los lixiviados de humus funciona como un excelente complemento a la fertilización permitiendo reducir las dosis de fertilizantes ya que aumenta la eficacia de nitrógeno, fósforo y potasio.

## **1. Temperatura**

La temperatura media a la cual se mantuvo la materia orgánica durante la investigación fue de 19,38 °C, dentro de un rango mínimo de 18 °C y un máximo de 20 °C, con una desviación estándar de 0,66; moda de 20 y mediana de 19; como se puede observar en el cuadro 4.

Cuadro 4. TEMPERATURA DEL LECHO DE LOMBRICES.

	N Días	Mínimo ( °C)	Máximo ( °C)	Media ( °C)	Moda ( °C)	Mediana ( °C)	Desv. típ.
Medición	32	18,00	20,00	19,38	20,00	19,00	0,66

En el gráfico 2, se puede observar de mejor manera la temperatura a la cual se encontraba el lecho de lombrices durante la investigación, la temperatura fue constante debido a que la máquina fue automatizada y controlaba la humedad del lecho constantemente.

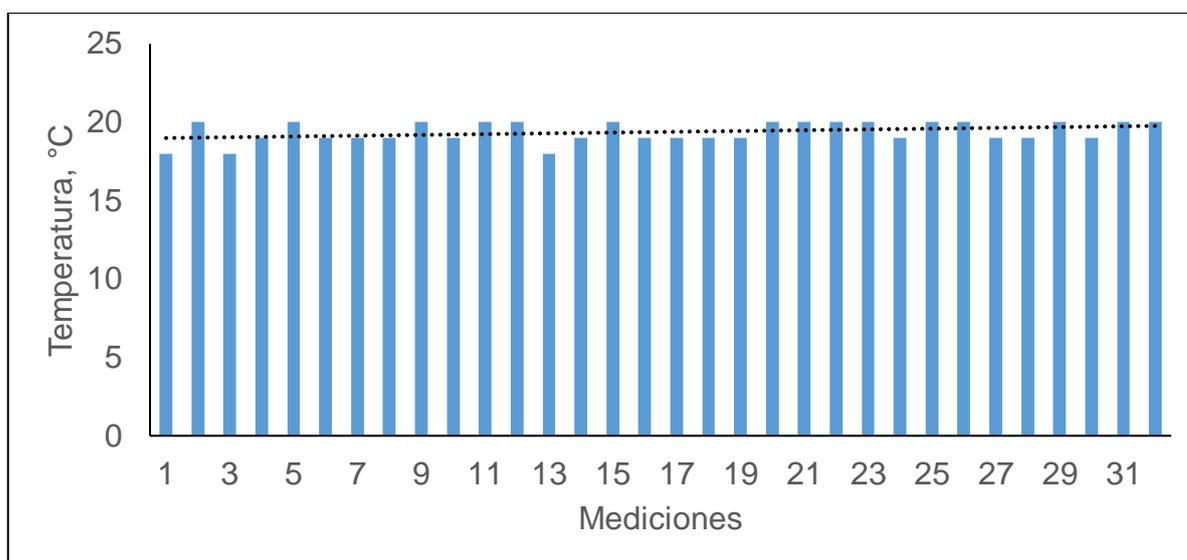


Gráfico 2. Temperatura del lecho de lombrices.

Toccalino *et al.*, (2004), al evaluar el comportamiento reproductivo de la lombriz roja californiana en diferentes épocas del año y con diferentes tipos de alimentación, reportó una temperatura de los lechos de 19 °C, la cual es similar a la reportada en la presente investigación. La temperatura al momento del desarrollo de las lombrices es muy importante debido a los cambios climáticos extremos. Esta variable es más sensible por ser un factor que no se puede controlar en sistemas abiertos. La medición de la temperatura se efectúa con el mismo procedimiento que la medición de humedad (González, 2015).

## 2. Potencial de hidrógeno

El pH medio a la cual se mantuvo la materia orgánica durante la investigación fue de 6,78; dentro de un rango mínimo de 6 y un máximo de 7, con una desviación estándar de 0,33; moda de 7,0 y mediana de 7,0; como se puede observar en el cuadro 5.

Cuadro 5. POTENCIAL DE HIDRÓGENO DEL LECHO DE LOMBRICES.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Moda	Mediana	Desv. típ.
Medición	32	6,00	7,00	6,78	7,00	7,00	0,33

El pH fue medido diariamente como se puede observar en el gráfico 3, esta medición tampoco sufrió cambios muy significativos durante la fase de investigación, ya que al mantener controlada la humedad del lecho este no permite que los valores de pH se modifiquen.

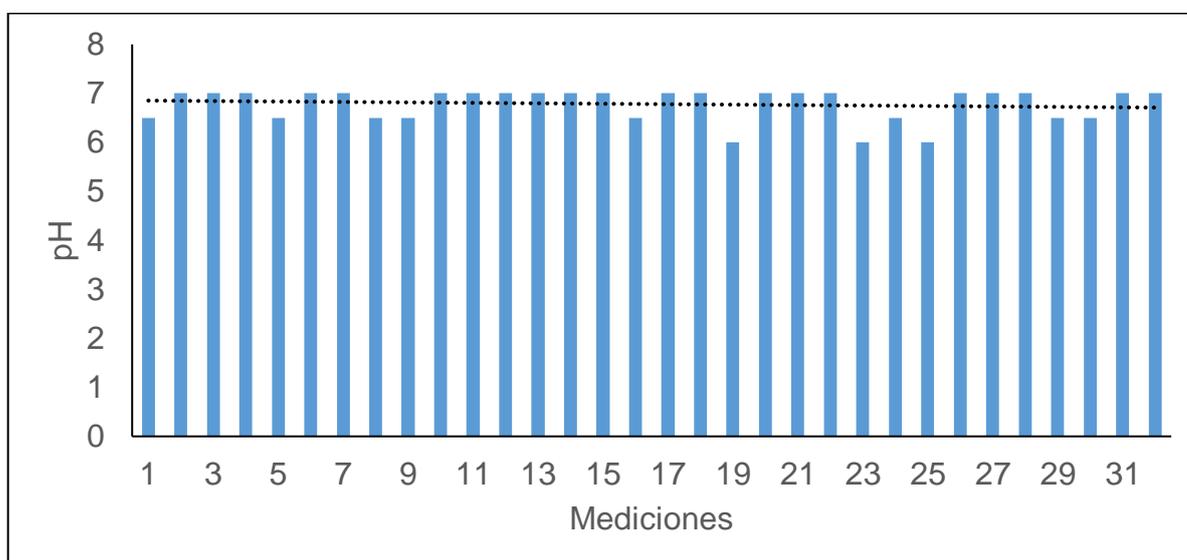


Gráfico3. Potencial de hidrógeno del lecho de lombrices.

Toccalino *et al.*, (2004), al evaluar el comportamiento reproductivo de la lombriz roja californiana en diferentes épocas del año y con diferentes tipos de alimentación, reportó un pH de 6,5; el cual es similar al valor reportado en la presente investigación (6,78). Otro factor importante a considerar en la

lombriculturaes el pH, el cual se sugiere mantener en un valor alrededor de 7(González, 2015).

### 3. Humedad

La humedad media a la cual se mantuvo la materia orgánica durante la investigación fue de 80,00 %; dentro de un rango mínimo de 80,00 % y un máximo de 80,00 %; moda de 80,0 y una mediana de 80,0; como se puede observar en el cuadro 6.

Cuadro 6. HUMEDAD DEL LECHO DE LOMBRICES.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Moda	Mediana	Desv. típ.
	DÍAS	%	%	%	%	%	
Medición	32	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	0,00

La humedad del lecho durante la fase de investigación siempre estuvo constante debido a que este parámetro fue controlado automáticamente por la máquina misma, utilizando sensores de humedad.

Toccalinoet *al.*, (2004), al evaluar el comportamiento reproductivo de la lombriz roja californiana en diferentes épocas del año y con diferentes tipos de alimentación, reportó una humedad de los lechos de 80 %, la cual es similar a la reportada en la presente investigación. La medición de la humedad indispensable necesaria debe mantener un rango, para no afectar considerablemente la reproducción de las lombrices, es necesario contar con equipos especiales (González, 2015).

Si bien, muchos autores señalan al manejo de la lombriz roja californiana como muy sencillo, esta requiere de condiciones ambientales de humedad, temperatura, pH, riego, aireación y alimentación óptima para su correcto desarrollo (Cajas, 2009).

#### 4. Análisis de laboratorio del humus líquido

Una vez realizado el análisis del humus líquido se obtuvo un nivel alto en los elementos: nitratos, fósforo, boro, potasio, calcio, magnesio, sodio y sulfatos; en tanto que los elementos amonio, zinc, cobre, hierro, manganeso obtuvieron un nivel bajo, finalmente el pH reportado fue neutro, como se puede observar en el cuadro 7.

Cuadro 7. ANÁLISIS DEL HUMUS LÍQUIDO.

Elementos		Interpretación		Unidades
pH	Potencial de hidrógeno	neutro	7,5	
NH <sub>4</sub>	Amonio	bajo	9,83	ppm
NO <sub>3</sub>	Nitratos	alto	978,1	ppm
P	Fósforo	Alto	44	ppm
Zn	Zinc	Bajo	0,07	ppm
Cu	Cobre	Bajo	0,1	ppm
Fe	Hierro	Bajo	0,3	ppm
Mn	Manganeso	Bajo	0,15	ppm
B	Boro	Alto	5,3	ppm
K	Potasio	alto	88,55	meq/l
Ca	Calcio	alto	8,52	meq/l
Mg	Magnesio	alto	23,19	meq/l
Na	Sodio	alto	5	meq/l
CE	Conductividad eléctrica	alto	11,05	mmho
So <sub>4</sub>	Sulfato	alto	643,41	ppm
RAS	Relación de absorción del sodio	bajo	1,25	

Los elementos reportados en los análisis presentados están acordes a los reportados por Reines *et al.*, (2006), quienes reportó fosfatos, sulfatos, nitratos, carbonatos, iones nitratos solubles, hormonas vegetales, antibióticos y fungicidas en el lixiviado de humus.

Álvarez *et al.*, (2015), reporta elementos en el lixiviado de lombriz analizado como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y elementos menores como el hierro, cobre, zinc y cloro, considerados con funciones esenciales para la nutrición de las plantas (Ortiz, 1990), confirman lo señalado por Reines *et al.* (2006), al considerar al lixiviado de lombriz como un subproducto de calidad que puede emplearse como bio fertilizante para aplicación foliar o al suelo.

Reines *et al.* (2006), comprobó que los lixiviados de humus de lombriz, al ser aplicados al follaje de plantas cultivadas, por su control de patógenos, pueden sustituir a los fungicidas y bactericidas químicos, generando así ahorros económicos importantes.

Argel (2017), desarrolló un fertilizante orgánico mineral líquido a base de la humificación hecha por la Lombriz Roja Californiana, los análisis del humus líquido resultante se pueden observar en el cuadro 8.

Cuadro 8. ANÁLISIS DE MATERIAL ORGÁNICO LÍQUIDO.

Elementos	Resultado	Unidades
Carbono orgánico	20,10	g/l
Ph	4,94	
Densidad	1,07	g/cc
Conductividad eléctrica	98,70	g/l
Sólidos insolubles	19,10	g/l
Nitrógeno orgánico	15,50	g/l
Fósforo soluble	8,33	g/l
Potasio soluble	18,70	g/l
Calcio soluble	5,44	g/l
Magnesio soluble	1,57	g/l
Azufre soluble	6,29	g/l
Hierro soluble	0,35	g/l
Manganeso soluble	116,00	ppm
Cobre soluble	18,00	ppm
Zinc soluble	107,00	ppm
Boro soluble	725,00	ppm
Sodio soluble	1,22	g/l

Fuente: Argel (2017).

El pH reportado por Argel (2017), es más ácido 4,94; en comparación al reportado en la presente investigación 7,5; además este autor reporta la presencia de varios elementos como el fósforo, zinc, manganeso, hierro, cobre, boro, etc. Estos elementos también fueron reportados en la presente investigación en diferentes niveles, este nivel de pH no es recomendable, ya que se requiere que sea lo más cercano a 7.

Los procesos de biodegradación de materiales orgánicos contemplan bioquímicamente la formación de sustancias húmicas tales como los ácidos húmicos, y ácidos fúlvicos, denominados componentes principales del humus (Stevenson, 1994).

Los lixiviados de humus de lombriz aplicados en el suelo impacta positivamente, y mejora sustancialmente las características y propiedades físicas (estructura, densidad, etc.), químicas (capacidad de intercambio de cationes, fertilidad, etc.), biológicas (% materia orgánica) y bacteriológicas (carga microbiana) lo cual da como efecto una mejor nutrición y consecuente desarrollo de las plantas cultivadas y mejora orgánica en el suelo (Ortiz, 1990).

Fornaris (2009), evaluó varias dosis de lixiviado de humus de lombriz en el cultivo de tomate, obteniendo buenos resultados al igual que Bravo (2014), quien utilizó lixiviado de humus de lombriz en el cultivo de cebolla.

## **5. Análisis de laboratorio del humus sólido**

Al terminar la fase de experimentación se obtuvieron 195,76 kg de humus sólido, el mismo que reportó un nivel alto en los elementos nitratos, fósforo, cloro, bicarbonato, azufre, zinc, cobre, manganeso, boro, y calcio: y un nivel bajo en los elementos nitrógeno, hierro, potasio, magnesio, trióxido de carbono y carbono, como se puede observar en el cuadro 9.

Cuadro 9. ANÁLISIS DEL HUMUS SÓLIDO.

	Elementos	Interpretación	Unidades
pH	Potencial de hidrógeno	alcalino 8,6	
NO <sub>3</sub>	Nitratos	alto 806	ppm
M.O	Materia Orgánica	medio 15,2	%
N	Nitrógeno	bajo 0,59	%
P	Fósforo	alto 1019,5	ppm
Zn	Zinc	alto 11,7	ppm
Cu	Cobre	alto 4,7	ppm
Fe	Hierro	bajo 26,8	ppm
Mn	Manganeso	alto 28,7	ppm
B	Boro	alto 7,6	ppm
Cl	Cloro	alto 46,3	meq/l
K	Potasio	bajo 14,5	meq/l
Ca	Calcio	alto 26,15	meq/l
Mg	Magnesio	bajo 11,15	meq/l
Na	Sodio	medio 0,7	meq/l
CO <sub>3</sub>	Trióxido de carbono	bajo 0,01	%
HCO <sub>3</sub>	Bicarbonato	alto 4,82	meq/l
CE	Conductividad eléctrica	alto 8,82	mmhos/cm
C	Carbono	bajo 8,82	%
Humedad		alto 52,27	%
C/N	Relación carbono nitrógeno	medio 14,94	
S	Azufre	alto 253,6	ppm

Salinas *et al.*, (2014), evaluó la calidad química del humus de lombriz roja californiana, obteniendo los siguientes resultados (cuadro 10).

Cuadro 10. ANÁLISIS DE HUMUS.

Elementos	Resultado	Unidades
Conductividad eléctrica	2,13	dS/m
Acidez	8,50	pH
Materia Orgánica	37,90	%
relación C/N	17,46	
Nitrógeno	1,25	%
Fósforo	0,13	%
Potasio	470,40	%

Fuente: Salinas *et al.*, (2014).

Salinas *et al.*, (2014), reporta elementos parecidos a los alcanzados en la presente investigación, como lo son el nitrógeno, fosforo potasio, etc. Incluso el pH reportado de 8,5 similar al reportado en esta investigación 8,6; esto se puede deber a que después de varios procesos el material vegetal que se utiliza en los lechos se estabiliza.

## B. COMPARACIÓN ENTRE EL HUMUS SÓLIDO Y EL HUMUS LÍQUIDO

En el cuadro 11, se puede observar el análisis contrastado entre el humus sólido y el humus líquido donde podemos apreciar que el pH del humus líquido es neutro y del humus sólido cambió a alcalino; en los elementos zinc, cobre y manganeso se observa un nivel alto en el humus sólido, en cambio para el humus líquido estos mismos elementos presentan un nivel bajo; lo contrario sucede con los elementos potasio, magnesio y sodio ya que estos elementos presentan un nivel alto en el humus líquido y un nivel bajo y medio en el humus sólido.

El pH debe ser neutro para ser usado en las plantas (Santis, 2014). Respecto a los efectos del humus líquido, estos son considerablemente más visibles y rápidos que los efectos del humus sólido. Esto se debe a que los microorganismos penetran con mayor facilidad en la tierra y el suelo y se reproducen con mayor rapidez. En cultivos intensivos la aplicación de humus líquido permitirá mejorar la

productividad del cultivo y alargar la duración de la plantación. Se puede decir que el humus sólido y el líquido son productos con beneficios sobresalientes, pero si se requiere facilidad de aplicación y efecto más rápido, la mejor opción será el humus líquido.

Cuadro 11. COMPARACIÓN ENTRE EL HUMUS SÓLIDO Y EL HUMUS LÍQUIDO.

Elementos		Humus líquido		Humus sólido	
pH	Potencial de hidrógeno	neutro	7,50	alcalino	8,60
NO3	Nitratos	alto	978,10	alto	806,00
P	Fósforo	Alto	44,00	alto	1019,50
Zn	Zinc	Bajo	0,07	alto	11,70
Cu	Cobre	Bajo	0,10	alto	4,70
Fe	Hierro	Bajo	0,30	bajo	26,80
Mn	Manganeso	Bajo	0,15	alto	28,70
B	Boro	Alto	5,30	alto	7,60
K	Potasio	alto	88,55	bajo	14,50
Ca	Calcio	alto	8,52	alto	26,15
Mg	Magnesio	alto	23,19	bajo	11,15
Na	Sodio	alto	5,00	medio	0,70
CE	Conductividad eléctrica	alto	11,05	alto	8,82

### C. EFICIENCIA DEL EXTRACTOR DE LIXIVIADOS A PARTIR DE HUMUS DE LOMBRIZ CALIFORNIANA

Para el cálculo de la eficiencia del extractor de lixiviados a partir de humus de lombriz se utilizó la siguiente fórmula, propuesta por (Echarte *et al.*, 2010).

$$\text{eficiencia} = \frac{\text{rendimiento real}}{\text{rendimiento esperado}} \times 100$$

La eficiencia obtenida en los primeros 10 días de producción de lixiviados es del 85 %, resultado de un rendimiento esperado de 6000 ml y un rendimiento real de

5078 ml. Un rendimiento porcentual del 85 % significa que el extractor tuvo un 85 % de eficacia, mientras que un 15 % se considera como residuo.

Una eficiencia mayor al 85 % demuestra que el extractor de lixiviados tiene una valoración de aceptable y que se necesita de varias mejoras para alcanzar una mejor valoración.

#### **D. ANÁLISIS ECONÓMICO**

El costo total de la construcción del extractor de lixiviados a partir de humus de lombriz roja californiana es de 2487,15 dólares; que incluyen los gastos por construcción, tecnificación y mano de obra, los costos de cada uno se detallan en el cuadro 12.

**Cuadro 12. COSTOS DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DEL EXTRACTOR DE LIXIVIADOS.**

Elementos	Cantidad	Valor Unitario (\$)	Valor Total (\$)
<b>Automatización</b>			
Arduino Uno R3	1	30,00	30,00
Sensores de Humedad de Suelo	6	7,25	43,50
Convertidor DC a DC	1	4,50	4,50
Lcd 16X2	1	11,00	11,00
Potenciómetros 5K	2	1,50	3,00
Switch	1	1,75	1,75
Luces Piloto	2	1,80	3,60
Selector 2 Posiciones	1	3,50	3,50
Pulsador	1	1,25	1,25
Cable AWG #16 (m)	6	0,25	1,50
Cable tipo bus de datos (cm)	0,5	3,00	1,50
Bornera Plástica 15ª	1	3,40	3,40
Modulo Relé	1	3,50	3,50
Cargador 15V/2.5ª	1	10,00	10,00
Cable tipo timbre (m)	23	0,50	11,50
Tornilleria	20	0,25	5,00
Cable Alimentación 110V	1	2,00	2,00
Panel de Control 20x20x20	1	21,35	21,35
Protección Plastica Cableado (m)	7	4,50	31,50
Etiquetas	10	0,40	4,00
Terminal Macho Alimentación Arduino	1	1,00	1,00
Tubo PVC agua 1/2 Pulgada	8	1,65	13,20
Conexión tipo T de PVC de agua 1/2	1	0,65	0,65
Codo PVC 1/2 Pulgada	4	0,65	2,60
Electroválvula 1/2 Pulgada para agua	1	74,30	74,30
Teflón (m)	7	0,20	1,40
Type (m)	3	0,30	0,90
Seguros metalicos para tuberia 3/4	5	0,35	1,75
Automatización	1	240,00	240,00
<b>Construcción</b>			
Plancha de acero inoxidable	2	185,00	370,00
pernos de 3/8 x 1 pulgada	8	0,50	4,00
Varios	1	100,00	100,00
<b>Mano de obra</b>			
Automatización	1	350,00	350,00
Construcción	1	650,00	650,00
<b>TOTAL (\$)</b>			<b>2487,15</b>

## 1. Análisis beneficio / costo

Al realizar el análisis beneficio costo de la producción de humus líquido se determinaron los siguientes resultados que se detallan en el cuadro 13.

Cuadro 13. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA CONSTRUCCIÓN DEL EXTRACTOR DE LIXIVIADOS.

Variables	Humus Líquido
<b>Egresos</b>	
Humus sólido (\$)	1200
Lombrices (\$)	2,00
Riego(\$)	60,0
Extractor(\$)	2487,15
Mano de obra(\$)	840,0
Energía eléctrica(\$)	180,0
Otros	540,0
Total	5309,15
<b>Ingresos</b>	
Venta de humus líquido (\$)	7020
Total	7020
Beneficio/costo	1,32

La rentabilidad de producir humus líquido es del 32 %, lo que representa que por cada dólar invertido se obtiene una ganancia de 0,32 dólares, en varios lugares comerciales se puede encontrar el humus líquido a precios parecidos a los reportados en la presente investigación, es así que Biohumus vende este producto en 10 dólares y la empresa Bioagrotecsa en 8 dólares.

## V. CONCLUSIONES

Al analizar los resultados obtenidos en la presente investigación, se llegó a las siguientes conclusiones:

- Se elaboró una máquinaextractora de lixiviados de humus de lombriz, de acero inoxidable, en la cual se automatizó el parámetro de humedad, teniendo una producción media diaria de 5943,62 ml.
- Los lixiviados procedentes del humus de lombriz contieneun nivel alto en los elementos: nitratos (978,1ppm), fósforo (44 ppm), boro (5,3 ppm), potasio (88,55 meq/l), calcio (8,52 meq/l), magnesio (23,19 meq/l), sodio (5 meq/l) y sulfatos (643,41 ppm); en tanto que los elementos amonio (9,83 ppm), cinc (0,07 ppm), cobre (0,1 ppm), hierro (0,3 ppm), manganeso (0,15 ppm), obtuvieron un nivel bajo, finalmente el pH reportado fue neutro
- La eficiencia obtenida en los primeros 10 días de producción de lixiviados es del 85 %, resultado de un rendimiento esperado de 6000 ml y un rendimiento real de 5078 ml.
- El costo total de la construcción del extractor de lixiviados a partir de humus de lombriz roja californiana es de 2487,15 dólares; que incluyen los gastos por construcción, tecnificación y mano de obra.
- El indicador beneficio costo registra que por cada dólar invertido se obtiene unaganancia de 0,32 dólares.

## **VI. RECOMEDACIONES**

- Comercializarlos lixiviados producidos a partir del humus de lombriz, ya que presentan muchos beneficios para los cultivos en comparación con los demás abonos inorgánicos y además es amigable con el medio ambiente.
- Difundir a nivel de pequeños y medianos productores los diferentes beneficios que tienen la producción de lixiviados.
- Implementar la automatización para el control del pH y temperatura.
- En el mantenimiento del extractor de lixiviados de humus líquido se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros: suministro de agua, sensores, volteo de humus, para obtener mejores resultados.

## **VII. LITERATURA CITADA**

1. Álvarez, M., Eguiarte, D., Llamas, J., Velasco, J., & Plascencia, J. (2015). Caracterización fisicoquímica y bacteriológica de lixiviados provenientes de granja lombrícola en tlajomulco, Jalisco.
2. Andrade, D. (2010). Evaluación de dos sistemas y tres distancias de siembra del pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp.) en la localidad de Chalguayacu, cantón Cumanda, provincia de Chimborazo. (Tesis de Grado. Ingeniero Zootecnista). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba - Ecuador.
3. Bravo, L. (2014). Efecto del lixiviado de humus de lombriz sobre indicadores morfológicos en el cultivo de la cebolla (*Allium cepa* L.). Centro Agrícola. pp. 33-37.
4. Brito, B. (2016). Humus líquido más abono bovino en la producción primaria forrajera de la *Brachiaria decumbens* (Pasto dallis). (Tesis de Grado. Ingeniero Zootecnista). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba - Ecuador.
5. Cadena, M. (2014). Efecto de la aplicación de diferentes concentraciones de lixiviado de humus de lombriz y dos formas de aplicación en el cultivo de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) bajo ambiente protegido (No. CIDAB-T-SB321-C32e). Universidad Mayor de San Andrés. La Paz - Bolivia. Facultad de Agronomía.
6. Cajas, S. (2009). Efecto de la utilización de aserrín en combinación con bovino, como sustrato en la producción de humus de lombriz *eisenia foetida*. En E. s. Chimborazo, (Tesis de Grado. Ingeniero Zootecnista). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba - Ecuador.
7. Cantero, J., Espitia, L., Ayala, C. E. C., Córdoba, C. A. V., & Tatis, H. A.

- (2015). Efectos del compost y lombrabono sobre el crecimiento y rendimiento de berenjena *Solanum melongena* L. *Revista de Ciencias Agrícolas*. pp. 56-67.
8. Chango, D. (2011). Establecimiento de un plan de manejo sostenible para la producción de lombriz en el oriente ecuatoriano (Tesis de Grado. Ingeniero Zootecnista). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Puyo.
  9. Domínguez, J. (2010). Las lombrices de tierra y los microorganismos: desentrañando la caja negra del vermicompostaje. *Acta Zoológica Mexicana*, (n.s.) Número Especial 2. pp. 385-395.
  10. Echarte, L., DellaMaggiora, A. I., Irigoyen, A. I., & Dosio, G. (2010). Disminución del rendimiento en el cultivo de maíz debida a los déficits hídricos ocurridos en la localidad de Balcarce. In *Actas X Congreso Brasileiro de Meteorología y VIII Congreso de la Federación Latinoamericana e Ibérica de Sociedades de Meteorología*.
  11. Fajardo, V. (2002). *Manual Agropecuario*. (1ª.ed). Bogotá – Colombia: Limerín. pp. 481-502.
  12. Fernández, Z. M. (2003). Evaluación agronómica de sustancias húmicas derivadas de humus de lombriz. (Tesis de Grado. Ingeniero Agrónomo). Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía y Forestal. Chile. p. 52.
  13. Fornaris, A. (2009). Influencia de dosis creciente de lixiviado de abonos mixtos microbianos y lixiviado humus de lombriz sobre algunas variables morfoagronómicas en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* MILL) *Ciencia en su PC*. Centro de Información y Gestión Tecnológica Cuba. Pp.100-114.
  14. Gheisari, S., Danesh, S., & Mousavi, S.M. (2010). Growth and Reproduction of

Eiseniafoetida in vermicomposting of Organic Fraction of Municipal Solid Wastes. AsianJournal of Chemistry.pp. 1266-1274.

15. Gómez-Brandón, M., Lazcano, C., Lores, M., & Domínguez, J. (2010). Papel de las lombrices de tierra en la degradación del bagazo de uva: efectos sobre las características químicas y la microflora en las primeras etapas del proceso. Acta Zoológica Mexicana.pp.397-408.
16. González, I. (2015). Incremento en la eficiencia de la cosecha de lombriz Eiseniafoetida en lombricompostaje de RSO en esquema productivo. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo.18(17);23-27
17. Lara, C. (2011). Evaluación de diferentes abonos orgánicos (humus, humus líquido, vermicompost y casting) en la producción de forraje y semilla de Stipa Plumeris (paja de páramo).(Tesis de Grado. Ingeniero Zootecnista). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba - Ecuador.
18. Mazuela, A. (2013). Agricultura en zonas áridas y semiáridas. Lugar: Méxicoldesia. pp. 3-4.
19. Mejias, P. (2005). Manual lombricultura. Chile: Agroflor.p. 54.
20. Mueller, S., Wamser, A.F., Suzuki, A. y Becker W.F. 2013. Produtividade de tomate sob adubação orgânica e complementação com adubos minerais. Horticultura Brasileira. 31:860 - 92.
21. Nieto, G., Murillo, A., Troyo, D., Larrinaga, J. y García, H. J. L. 2002. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (Capsicum annuum L.) en zonas áridas. Interciencia. 27 (8): 417 - 421.
22. Pupiro, L.(2013). Efecto del humus de lombriz en el rendimiento y las principales plagas insectiles en el cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris L.). Cultivos Tropicales.pp.89-95.Habana- Cuba.

23. Reines, M, Loza, J y S. Honorio (2004). Lombricultura. Una Biotecnología para la sustentabilidad. Guadalajara: Universidad de Guadalajara ISBN: 970-27. 0636-X, 2004.
24. Rodríguez, D. N., Cano, R. P., Favela, C. E., Figueroa, V. U., Álvarez, P. V., Palomo, G. A., Márquez, H., & Moreno, R. (2004). Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. Revista Chapingo Serie Horticultura. pp. 185 - 192.
25. Santiago, L. (2004). Desarrollo y evaluación de lixiviado de composta y Lumbricompost para el manejo de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis moreletii*), en plátano Turrialba - Costa Rica. pp. 1 - 89.
26. Serrato, C. (2001). Instructivo para análisis de suelos. Propiedades Químicas. Laboratorio de suelos. México: CIEAF. UAE. 32 p.
27. Toccalino, P. A., Agüero, M. C., Serebrinsky, C. A., & Roux, J. (2004). Comportamiento reproductivo de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) según estación del año y tipo de alimentación. Revista Veterinaria. pp. 65-6

**ANEXOS**

Anexo 1. Producción de lixiviados de humus de lomb

Estadísticos descriptivos

Medición	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv.	
					típ.	Varianza
Medición	32	5078,00	6000,00	5943,63	178,68	31927,60
Día	Medición					
1	6000					
2	5550					
3	5888					
4	6000					
5	6000					
6	5880					
7	5997					
8	5999					
9	6000					
10	6000					
11	5078					
12	6000					
13	6000					
14	6000					
15	6000					
16	6000					
17	6000					
18	6000					
19	5997					
20	5990					
21	6000					
22	6000					
23	5980					
24	6000					
25	5970					
26	5900					
27	6000					
28	6000					
29	5980					
30	5990					
31	5997					
32	6000					

Anexo 2. Temperatura del lecho.

Estadísticos descriptivos

					Desv.	
	N	Mínimo	Máximo	Media	típ.	Varianza
Medición	32	18,00	20,00	19,38	0,66	0,44

Día	Medición
1	18
2	20
3	18
5	20
6	19
7	19
8	19
9	20
10	19
11	20
12	20
13	18
14	19
15	20
16	19
17	19
18	19
19	19
20	20
21	20
22	20
23	20
24	19
25	20
26	20
27	19
28	19
29	20
30	19
31	20
32	20

Anexo 3. Potencial de hidrógeno del lech  
 Estadísticos descriptivos

	Desv.					
	N	Mínimo	Máximo	Media	típ.	Varianza
Medición	32	6,00	7,00	6,78	0,33	0,11
Día	Medición					
1	6,5					
2	7					
3	7					
4	7					
5	6,5					
6	7					
7	7					
8	6,5					
9	6,5					
10	7					
11	7					
12	7					
13	7					
14	7					
15	7					
16	6,5					
17	7					
18	7					
19	6					
20	7					
21	7					
22	7					
23	6					
24	6,5					
25	6					
26	7					
27	7					
28	7					
29	6,5					
30	6,5					
31	7					
32	7					

Anexo 4. Humedad del lecho.

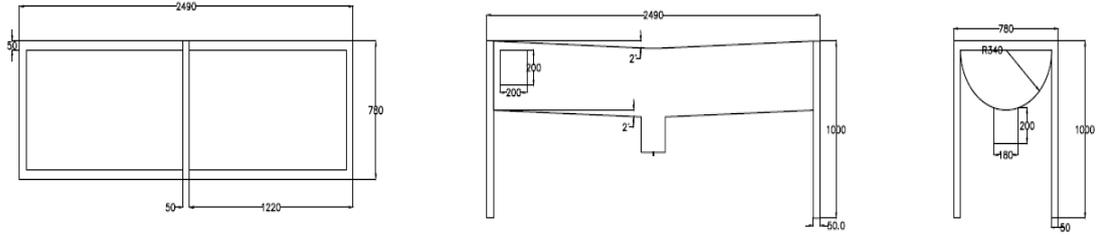
Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv.	
					típ.	Varianza
Medición	32	80,00	80,00	80,00	0,00	0,00

Día	Medición
1	80
2	80
3	80
4	80
5	80
6	80
7	80
8	80
9	80
10	80
11	80
12	80
13	80
14	80
15	80
16	80
17	80
18	80
19	80
20	80
21	80
22	80
23	80
24	80
25	80
26	80
27	80
28	80
29	80
30	80
31	80
32	80

## Anexo 5. Diseño del extractor de lixiviados de humus de lombriz.

UNIDAD DE MEDIDA: MILIMETROS (mm)



Anexo 6. Informe de análisis humus sólido.



**AGROBIOLAB - GRUPO CLINICA AGRICOLA**  
**Informe de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y E.C.P.**  
 Gonzalo Zaldumbide N49-204 y César Frank Urb. Dammar 2 (El Inca)  
 Telfs: (593-2) 241-2383 / 241-2395 Fax: (593-2) 241-3312 Quito - Ecuador  
 Página Web: www.grupoclinicagrícola.com E-mail: info@grupoclinicagrícola.com

HUMUS

Datos del Cliente				Referencia		Interpretación			
Cliente : GAVILANES ANDRES				No. Documento: <b>51191</b>			<b>Elementos</b>	<b>pH</b>	
Propiedad: GAVILANES ANDRES				Emisión: 07/03/2018			B = Bajo	Ac = Acido	
Cultivo : HUMUS				Impresión: 07/03/2018			M = Medio	LAc = Lig. Acido	
Ingreso : 02/03/2018	Ensayo: 05/03/2018			Página: 1 de 1			S = Suficiente	Pr = Proc. Neutro	
No. Lab. : Desde: 956	Hasta: 956							A = Alto	LAl = Lig. Alcalino
								E = Exceso	Al = Alcalino

Nombre : **MUESTRA 1**  
 No. Lab. : **956**

pH	NO3 ppm	N. O. %	N %	P ppm	Zn ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	B ppm	Cl meq/l	K meq/l
6.80 A1	806.00 B	15.20M	0.35 B	1019.50 B	11.70A	4.70A	26.80B	28.70A	7.60A	46.30B	14.50B
Ca meq/l	Mg meq/l	Na meq/l	CO3 %	HCO3 meq/l	C. E. mehol/cm	C %	Humedad %	C/N	S ppm		
26.15A	11.15 B	0.70M	0.01 B	4.82 B	6.82A	8.82 B	22.27 A	14.94M	253.60B		



\* Símbolo decimal = ( )  
 Métodos : Mineralización húmeda, Nitro-Perclórica. Determinaciones en A. A. y Colorimétricas.  
 Resultados corresponden a muestras analizadas. Si se va a fotocopiar hacer del documento total.  
**¡SU ÉXITO ES NUESTRO!**

  
**Dr. Washington A. Padilla G. Ph.D.**  
 Director del Laboratorio

Anexo 7. Informe de análisis de humus líquido.



## AGROBIOLAB - GRUPO CLINICA AGRICOLA

### Informe de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y E.C.P.

Gonzalo Zalumbide N49-204 y César Frank Urb. Dammar 2 (El Inca)  
 Telfs: (593-2) 241-2383 / 241-2385 Fax: (593-2) 241-3312 Quito - Ecuador  
 Página Web: www.grupoclinicagricola.com E-mail: info@grupoclinicagricola.com

AGUAS

Datos del Cliente				Referencia		Interpretación											
Cliente :	GAVILANES ANDRES	No. Doc:	51190	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <th style="text-align: left;">Elementos</th> <th style="text-align: left;">pH</th> </tr> <tr> <td>B = Bajo</td> <td>Ac = Acido</td> </tr> <tr> <td>M = Medio</td> <td>LAo = Lig. Acido</td> </tr> <tr> <td>S = Suficiente</td> <td>Ph = Prac. Neutro</td> </tr> <tr> <td>A = Alto</td> <td>LA = Lig. Alcalino</td> </tr> <tr> <td>E = Exceso</td> <td>Al = Alcalino</td> </tr> </table>		Elementos	pH	B = Bajo	Ac = Acido	M = Medio	LAo = Lig. Acido	S = Suficiente	Ph = Prac. Neutro	A = Alto	LA = Lig. Alcalino	E = Exceso	Al = Alcalino
Elementos	pH																
B = Bajo	Ac = Acido																
M = Medio	LAo = Lig. Acido																
S = Suficiente	Ph = Prac. Neutro																
A = Alto	LA = Lig. Alcalino																
E = Exceso	Al = Alcalino																
Propiedad:	GAVILANES ANDRES	Emisión:	07/03/2018														
Cultivo :	HUMUS LIQUIDO	Impreso:	07/03/2018														
Ingreso :	03/03/2018	Ensayo:	05/03/2018														
No. Lab :	Desde: 8153	Hasta :	8153	Página:	1 de 1												

Nombre: MUESTRA 1  
No. Lab.: 8153

pH	NH4 ppm	NO3 ppm	P ppm	Zn ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	B ppm		K meq/l	Ca meq/l
7.50 Pn	9.83E	978.18E	44.00E	0.07B	0.10B	0.30B	0.15B	5.30E		88.550E	8.52E
	Mg meq/l	Na meq/l		C. E. mmho	SO4 ppm				RA8		
	23.19E	5.00E		11.05E	643.41E				1.25B		



Simbolo decimal = (.)

Métodos: Absorción Atómica, Colorimétrica y Kjeldhal.

P (PEE/ABL/35), K (PEE/ABL/36)

Resultados corresponden a muestras analizadas, si se ve a fotocopiar hacer del documento total.



**Dr. Washington A. Padilla G. Ph.D**  
Director del Laboratorio

