

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



Universidad de El Salvador
Hacia la libertad por la cultura

EVALUACION DE CUATRO DIFERENTES SUSTRATOS EN LA
PRODUCCION DE VERMIABONO UTILIZANDO *Eisenia foetida* (LOMBRIZ
ROJA CALIFORNIANA). EN CANTON CRUZ GRANDE, IZALCO,
SONSONATE.

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR
HECTOR MANUEL SHUNICO SHUNICO

PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIATURA EN QUIMICA Y FARMACIA

SEPTIEMBRE 2011

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MSc. RUFINO ANTONIO QUEZADA SANCHEZ

SECRETARIO GENERAL

LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHAVEZ

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

DECANO

LIC. SALVADOR CASTILLO AREVALO

SECRETARIA

MSc. MORENA LIZETTE MARTINEZ DE DIAZ

COMITE DE TRABAJO DE GRADUACION

COORDINADORA GENERAL

Lic. María Concepción Odette Rauda Acevedo

ASESORA DE AREA DE ANALISIS DE ALIMENTOS: FISICOQUIMICO

Ing. Rina Lavinia Hidalgo de Medrano

ASESORA DE AREA DE GESTION AMBIENTAL: CALIDAD AMBIENTAL

MSc. Cecilia Haydeé Gallardo de Velásquez

DOCENTES DIRECTORES

MSc. María Elisa Vivar de Figueroa

Ing. Mario Antonio Bermúdez

AGRADECIMIENTOS

A DIOS todopoderoso por estar siempre a mi lado, iluminando mi camino a través de excelentes personas que me ayudaron en todo momento.

A mis docentes directores: Licda. María Elisa Vivar de Figueroa y Ing. Mario Antonio Bermúdez, por proporcionarme su tiempo, conocimientos, por su paciencia que sirvió de guía para la realización de este trabajo.

A todos mis familiares y amigos/as por estar siempre a mi lado en todo momento, por confiar y apoyarme en los momentos de auxilio.

A Laboratorios Paill, a través de Licda. Mabel Olmedo por su apoyo y comprensión en todo momento durante el desarrollo del proceso de tesis.

A las siguientes instituciones: Escuela Nacional de Agricultura (ENA), Facultades de Ciencias Agronómicas y Química y Farmacias de la Universidad de El Salvador (UES) que de alguna u otra manera me brindaron su apoyo.

DEDICATORIA

A DIOS todopoderoso por nunca abandonarme y siempre estar en todo momento. Vuestra madre, Hermanos/as, amigos/as, mujeres y hombres del Cantón Cruz Grande, por siempre estar conmigo en todo momento. Especialmente a mis sobrinos Anderson y Francisco, este logro también es de ustedes.

INDICE

	Nº Pág.
Resumen	
Capítulo I	
1.0 Introducción	xvi
Capítulo II	
2.0 Objetivos	
Capítulo III	
3.0 Marco Teórico	21
3.1 Historia y Definición de Lombricultura.	21
3.2 Características Morfológicas y Fisiológicas de la Lombriz.	22
3.3 Característica Anatómicas.	25
3.4 Aspectos Generales de la producción y manejo de la Lombriz Roja Californiana.	35
3.4.1 Manejo del Lombricultivo.	36
3.4.2 Tipos de sustratos para la alimentación de lombrices.	42
3.4.3 Trastornos Fisiológicos de la Lombriz.	45
3.4.4 Enemigos Naturales	45
3.4.5 Escalas de producción de lombricultivo.	46
3.5 Productos de la Lombricultura.	46
3.6 Características químicas del Humus ó Vermiabono	48
Capítulo IV	

4.0 Diseño Metodológico	52
4.1 Investigación de campo	52
4.1.1 Localización.	52
4.1.1 Especie utilizada.	53
4.2 Parte Experimental.	53
4.2.1 Preparación de los sustratos	53
4.2.2 Instalación y Equipo	54
4.3 Plan de manejo del lombricultivo.	55
4.4 Análisis del Vermiabono	57
Capítulo V	
5.0 Resultados	59
Capítulo VI	
6.0 Conclusiones	76
Capítulo VII	
7.0 Recomendaciones	78
Bibliografía	
Glosario	
Anexo	

INDICE DE ANEXOS

Anexo N°

1. DISTRIBUCION DE TRATAMIENTOS EN EL CAMPO
2. METODOLOGIAS DE ANALISIS FISICOQUIMICO
3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL HUMUS DE LOMBRIZ
4. CONDICIONES BÁSICAS PARA EL DESARROLLO DE LOMBRICULTIVO.
5. PROCEDIMIENTO DE USO DEL PROGRAMA ESTADISTICO MSTAT.
6. TOMA DE DATOS
7. TABLAS DE ANALISIS DE VARIANZA
8. RESUMEN DE ANALISIS DE VARIABLES

INDICE DE FIGURAS

Fig. N°	N° Pág.
1. Morfología externa de <i>Eisenia foetida</i>	23
2. Lombriz adulta.	55
3. Comportamiento de la variable temperatura a partir de la semana 1 a la 8.	61
4. Comportamiento de la variable pH a partir de la semana 1 a la 8.	63
5. Comportamiento de la variable porcentaje de humedad a partir de la semana 1 a la 8.	66
6. Comportamiento de la variable días de estabilización según el sustrato utilizado.	68
7. Comportamiento de la variable cantidad de lombrices según el sustrato utilizado.	69
8. Comportamiento de la variable número de huevos según el sustrato utilizado.	69
9. comportamiento del rendimiento de vermiabono, según el sustrato utilizado.	70
10. comportamiento de beneficio bruto de campo según los sustratos utilizados.	74

INDICE DE TABLAS

Tabla N°	N° Pág.
1. Características que diferencian la lombriz común de la comercial.	22
2. Clasificación taxonómica de <i>Eisenia foetida</i> .	23
3. Parámetros que alteran el desarrollo de <i>Eisenia foetida</i> .	36
4. Elementos solubles en humus a partir de un tamaño de partícula de 2 mm.	48
5. Elementos promedio del humus de lombriz producido de diferentes sustratos.	49
6. Medias de tratamiento para la variable temperatura a partir de la semana 1 a la 8.	60
7. Resumen de la prueba violación del supuesto de homogeneidad de varianzas para la variable temperatura a partir de la semana 1 a la 8.	60
8. Resumen de probabilidades para el análisis de varianza para la variable temperatura a partir de la semana 1 a la 8.	60
9. Resumen de la prueba de Tukey para la variable temperatura a partir de la semana 1 a la 8.	60
10. Medias de tratamientos para la variable pH, a partir de la semana 1 a la 8.	62

11. Verificación de violación del supuesto de homogeneidad del análisis de varianza para la variable pH, a partir de la semana 1 a la 8.	62
12. Resumen de probabilidades para el análisis de varianza para la variable pH, a partir de la semana 1 a la 8.	62
13. Resumen de la prueba de Tukey para la variable pH, a partir de la semana 1 a la 8.	63
14. Medias de tratamiento para la variable porcentaje de humedad, a partir la semana 1 a la 8.	64
15. Verificación de violación del supuesto de homogeneidad del análisis de varianza para la variable porcentaje de humedad a partir la semana 1 a la 8.	65
16. Resumen de probabilidades para el análisis de varianza para la variable porcentaje de humedad a partir de la semana 1 a la 8.	65
17. Resumen de la prueba de Tukey para la variable porcentaje de humedad a partir la semana 1 a la 8.	65
18. Medias de tratamiento para las diferentes variables de las variables descritas en la tabla N° 19.	67
19. Significado de símbolos para las diferentes variables.	67
20. Verificación de violación del supuesto de homogeneidad de análisis de varianza de las variables descritas en la tabla N° 19.	67

21. Resumen de probabilidades del análisis de varianza para la medición de variables descritas en la tabla N° 19.	68
22. Resumen de la prueba de Tukey para la medición de variables descritas en la tabla N° 19.	68
23. Interpretación del análisis fisicoquímico.	70
24. Continuación.	71
25. Continuación.	72
26. Tabla de beneficio.	73

RESUMEN

En la presente investigación se evaluaron cuatro diferentes sustratos: Estiércol de Cabra (T₁), Estiércol de Conejo (T₂), Estiércol de Bovino (T₃) y Papel periódico (T₄), en la producción vermiabono utilizando *Eisenia foetida* (Lombriz Roja Californiana). En Cantón Cruz Grande, Izalco, Sonsonate. Se utilizó un Diseño de Bloques completamente al azar, con 4 tratamientos y cinco repeticiones, se aplicó la prueba de Tukey a través del programa MSTAT versión 4.0, con un nivel de significancia del 5% las variables respuestas medidas: Número de huevos, número de lombrices, días de estabilización de sustratos, temperatura, pH y porcentaje de humedad. Produjeron iguales efectos para las variables: Rendimiento de Vermiabono, Cantidad de Lombrices, Número de huevos. Solo hubo diferencias significativas entre tratamientos para las variables, Días de estabilización, temperatura, pH y porcentaje de humedad, donde los mejor tratamientos fueron T₄, T₁ y T₄, T₃, T₄. Los Vermiabonos obtenidos se les determinó su calidad mediante un análisis Físico-Químico hecho por triplicado y luego se compararon los valores promedios de cada determinación contra un análisis estándar de Humus. Donde el Vermiabono obtenido a partir del Estiércol de Bovino resultó ser el de mejor calidad por poseer los siguientes resultados: Nitrógeno Total 1.42%, Fosforo Total 0.77%, Potasio Total 1.04%, Materia Orgánica 56.04%, Carbono Total 32.04% y Relación C/N 22.55%; siendo el que mejor se acercó a los valores de

referencias. El mejor sustrato evaluado resulto ser el estiércol de bovino, por lo cual se recomienda para la producción a macroescala.

Capítulo I

INTRODUCCION

Lombricultura: es la técnica basada en la cría y el manejo de la lombriz de tierra conocida como ***Eisenia foetida*** (lombriz Roja californiana), su importancia se debe a las siguientes aplicaciones: producción de bio-abono (lombricompost), alimentación (aves, peces, hombre). Esta actividad ha alcanzado un alto nivel de desarrollo en países como Francia, Italia, Estados Unidos, Argentina, Colombia y Cuba entre otros, en donde se procesan grandes cantidades de desechos urbanos y agroindustriales de origen orgánico, a la vez que se obtienen cantidades importantes de humus y carne de lombriz. Uno de los múltiples beneficios que esta actividad aporta es la obtención de un abono de excelente calidad capaz de recuperar la fertilidad en suelos áridos, la carga biológica produce las enzimas que generan sustancias, reguladoras y estimuladoras del crecimiento vegetal, se considera este producto como un material excelente para regenerar suelos degradados. La microflora del humus es muy equilibrada y semejante a la del suelo, su aplicación no produce alteración de la actividad biológica, la solubilidad en agua de estos constituyentes orgánicos e inorgánicos garantiza un abastecimiento inmediato de elementos nutritivos a las plantas. El siguiente trabajo se realizó en Cantón Cruz Grande Izalco, Sonsonate en el periodo de julio a septiembre de 2010, se evaluaron 2.5Lbs de los siguientes sustratos de Cabra, Conejo, Bovino y papel periódico en la producción de vermiabono, utilizando ***Eisenia foetida*** (Lombriz Roja Californiana), en donde la naturaleza y estabilización de los sustratos

determinó la afinidad de la lombrices por cualquiera de estos y como resultado la frecuencia de la alimentación. Al los vermiabonos obtenidos se le determino: El rendimiento en función del número de días de estabilización. La Calidad en función de numero de huevos, lombrices y de un análisis fisicoquímico que consistió en la determinación del pH, Temperatura, Porcentaje de humedad, Porcentaje de Materia Orgánica, fosforo, Potasio, Nitrógeno Total, Carbono Total y Relación C/N.

El mejor beneficio se encontró a partir del Rendimientos medios en peso por cada sustrato evaluado, siguiendo parámetros del Centro Internación de Manejo de Maíz y Trigo. Para alcanzar la finalidad de la investigación se aplicó el diseño en bloques Completamente al azar, con cuatro tratamientos y cinco repeticiones, el modelo estadístico a usado fue la prueba de Tuckey

Capítulo II

2.0 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Evaluar los cuatro diferentes sustratos en la producción de vermiabono utilizando *Eisenia foetida* (Lombriz Roja Californiana). En Cantón Cruz Grande, Izalco, Sonsonate.

2.2 Objetivos Específicos:

- 2.2.1 Recolectar los estiércoles frescos (Cabra, conejo y bovino) y papel Periódico.
- 2.2.2 Preparar los estiércoles para la etapa experimental.
- 2.2.3 Determinar estadísticamente cual de los sustratos: cabra, conejo, bovino y papel periódico; Produce el mejor rendimiento a través de la medición de Numero de huevos, lombrices, de días de estabilización de materiales, Temperatura, pH y Porcentaje de humedad.
- 2.2.4 Determinar la calidad del vermiabono mediante un análisis Físico-Químico: pH y Porcentaje de Humedad, Porcentaje de Materia Orgánica, fosforo, potasio, Cuantificación de Carbono Total, Cuantificación de Nitrógeno Total, Relación de C/N.
- 2.2.5 Describir el comportamiento observado de las lombrices al aplicarse en los diferentes sustratos.
- 2.2.6 Determinar cuál de los sustratos produce el mejor beneficio bruto de campo.

Capítulo III

3.0 MARCO TEORICO

3.1 Historia y definición de lombricultura.

Las primeras referencias acerca del conocimiento de la importancia de las lombrices de tierra datan de los años 884-322 antes de nuestra era cuando Aristóteles las llamó el intestino de la tierra. ⁽⁵⁾

En 1777 Gilbert White escribió "El gusano de tierra en apariencia ínfimo eslabón de la cadena de la naturaleza, dejaría si desapareciera, un lamentable vacío." ya que ellas cierran el ciclo de la vida "Los gusanos de tierra parecen ser los grandes promotores de la vegetación"."La tierra sin ellos pronto parecería fría, desierta desprovista de fermentación y por consiguiente estéril". ⁽⁵⁾

En 1888 después de muchos años de estudio Charles Darwin publicó su obra maestra "La formación de la cubierta vegetal, a través de la acción de las lombrices de tierra". ⁽⁵⁾

La Lombricultura se define como la técnica para la transformación de los residuos sólidos orgánicos por medio de la lombriz de tierra. Esta técnica permite aprovechar toda la materia orgánica de las basuras orgánicas, estiércol animal, residuos orgánicos industriales y lodos de las plantas de tratamiento de residuales obteniéndose finalmente:

- Abono orgánico conocido con el nombre de "Humus" o "casting" de gran demanda en el mercado mundial.
- Proteína animal a partir de la lombriz de tierra para la alimentación animal y humana.

- Un control efectivo y económico de los contaminantes sólidos orgánicos.

Esta tecnología utiliza especies de lombrices que son capaces de vivir en

Cautiverio en acumulaciones de materia orgánica sin escaparse del cultivo.

De las 8000 especies de lombrices reportadas en el mundo, solo unas pocas se

adaptan a estas condiciones. Las especies más utilizadas son; ***Eisenia foetida***

(Roja californiana), ***Eudrilos Eugeniae*** (Roja africana), ***Eisenia andrei*** y

Perionyx ecavatus.⁽⁶⁾

Tabla N°1. Características que diferencian la lombriz común de la comercial

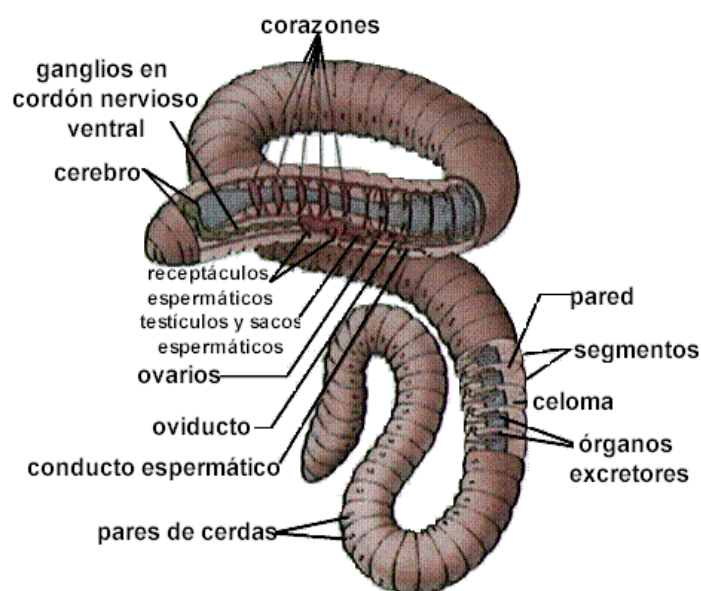
CARACTERÍSTICAS	LOMBRIZ COMÚN	LOMBRIZ COMERCIAL
Ciclo de vida	4 años	16 años
Copula	Cada 45 días	Cada 7 días
# de crías por cocun	2-4	2-21
Tamaño promedio	20cm	8-10cm
Cuerpo	Flácido	Fuerte
Temperatura óptima	10-12 ⁰ C	20 ⁰ C
Hábitat	Suelo arcilloso	composta
Hábito de vida	Hacen galerías hasta 2m de profundidad. Son errantes, depositan sus deyecciones en la superficie del suelo.	No emigran, viven en cautiverio. Depositán sus deyecciones en el interior de las camas.

3.2 Características morfológicas y fisiológicas

Taxonomía animal: La lombriz es un animal alargado, de cuerpo cilíndrico, anillado. Pertenece al Phylum Anelida, Clase Oligochaeta, su longitud varía entre los 5 y 8 cm dependiendo de la especie. Su cuerpo está revestido por una fina cutícula que lo protege de la desecación.⁽²⁾

Tabla N°2. Clasificación taxonómica de *Eisenia Foetida*

Tipo:	Anélido
Clase:	Oligoqueto
Orden:	Opisthoro
Familia:	Lombricidae
Género:	<i>Eisenia</i>
Especie:	<i>foetida</i>

Figura N. 1 Morfología externa de *Eisenia foetida*

Características morfológicas.

Color: *Eisenia foetida* tiene un color rojizo intenso, razón por la cual se le conoce con el nombre de Roja Californiana, el color no siempre lo determina el pigmento en la piel de la lombriz, sino a veces la sangre o el contenido del intestino.

Tamaño y peso: La lombriz californiana adulta mide aproximadamente de 3 a 10 cm, de 3 a 5 mm de diámetro y pesa 1 gramo.

Forma: El cuerpo de las lombrices tiene una forma cilíndrica, pero pueden existir secciones cuadrangulares, la sección posterior puede ser achatada, la superficie dorsal surcada a lo largo.

Segmentos: Llamadas también metameros, son los anillos que conforman el cuerpo de la lombriz. (Ver Fig. 1).

Surcos intersegmentarios: Son surcos con forma de anillos, los cuales se encuentran entre segmentos sucesivos y se pueden reconocer en la pared del cuerpo de la lombriz por el menor espesor del epitelio e intervención de la musculatura circular.

Prostomio: Es una pequeña protuberancia dorsal que comienza en el primer segmento del cual está separado por un surco, existen 5 tipos principales de prostomio: Prolóbico, proepilóbico, epilóbico abierto, epilóbico cerrado y tanilóbico.

Peristomio: Es el primer segmento, envuelve la boca y no tiene quetas o cerdas, su superficie es lisa y está recorrida por numerosos surcos longitudinales. (Ver Fig. 1).

Quetas o cerdas: Son estructuras primariamente locomotoras formadas en invaginaciones de la piel. Es uno de los principales caracteres taxonómicos externos. Están presentes a partir del segundo segmento y ausentes en la última porción del cuerpo, la cual no se enumera como segmentos, el Pigidio.

Poros dorsales: Son pequeñas aberturas ubicadas en los surcos intersegmentarios a lo largo de la línea media dorsal. Son difíciles de observar.

Metridioporos: Son aberturas excretoras presentes a lo largo del cuerpo de la lombriz, 1 par en cada segmento.

Poros espermatecales: Raramente ausentes, en general ubicados en algunos surcos intersegmentarios pre-clitelares.

Poros femeninos: En general ubicados en el segmento 14.

Poros masculinos: Son las aberturas de los canales que transportan el semen. En general hay un par ubicado después de los poros femeninos.

Surcos seminales: Es un par de surcos transitorios formados durante la cópula y van desde los poros masculinos hasta el clitelo. ⁽¹⁾

Clitelo: Es un espesamiento glandular, superficial en algunos segmentos. Se encarga de secretar la sustancia que forma los capullos, cocones o cápsula donde se alojan los huevos. Puede tener una forma anular, es decir que envuelve completamente los segmentos en los cuales se encuentran o tienen la forma de una silla de montar cuando no envuelve la parte ventral de los segmentos. (Fig. 1). ⁽⁵⁾

3.3 Características anatómicas.

Pared del cuerpo: Está cubierta por un peritoneo delgado y liso, entre las fibras musculares circulares hay células pigmentarias, tejido conjuntivo y capilares sanguíneos. No hay esqueleto.

Tabiques: También llamados septos, son las paredes que separan los segmentos sucesivos que están formados por el peritoneo, una de las capas de la pared de lombriz. Se denotan con fracciones, es decir, el tabique o septo 9/10 es el que separa los segmentos 9 y 10. En general no se encuentran en los primeros segmentos.

Faringe: Es el primer compartimiento del tubo digestivo que sigue a la boca, después de esto continúa el esófago.

Molleja: Es la parte gruesa y musculosa del tubo digestivo puede estar situada en el esófago, la molleja esofágica, o en el comienzo del intestino, Molleja intestinal.

Buche: Es ancho y de paredes delgadas y está situado entre el esófago y la molleja.

Esófago: Es recto y alargado, en el cual desembocan 3 glándulas calcíferas.

Glándulas de Moren: Son las que se encargan del metabolismo del calcio cuando existen, están ubicadas en el esófago.

Intestino: Se puede reconocer gracias a la transición brusca con el esófago y muchas veces por la presencia de válvulas.

Ciegos intestinales: Son los apéndices huecos terminados en fondo de saco que aparecen en el trayecto del intestino.

Nefridios: Es el órgano central del sistema excretor. Se denominan holonefridios cuando tienen un par de nefridios por segmentos y meronefridios cuando tienen más de un par de nefridios por segmentos.

Bazo dorsal y ventral: Dentro del aparato circulatorio son los principales. El bazo dorsal se ubica sobre el tubo digestivo y el Bazo ventral debajo de éste. El bazo dorsal puede ser doble en algunos segmentos de la parte delantera del cuerpo. ⁽¹⁾

Bazo supra-intestinal y supra-esofágico: Bazo impar, no siempre presente, situado longitudinalmente entre el esófago – intestino y el bazo dorsal.

Bazo extra-esofágico o latero-esofágico: Bazo par que corre a los lados del esófago, longitudinalmente, entre este y los corazones a veces se fusionan en un bazo único sobre el esófago. ⁽¹⁾

Corazones: Son asas pares, contraídas situadas en la región esofágica del cuerpo, ligando los bazos dorsal y supra-intestinal con el ventral. Pueden ser de 3 tipos: corazones laterales, son los que se ligan directamente al bazo dorsal con el ventral; corazones intestinales o esofágicos, cuando existen son los que conectan directamente el bazo supra-intestinal con el ventral; corazones latero-intestinales o latero-esofágico, cuando existen son los que ligan el bazo dorsal y el supra-intestinal con el ventral.

Testículos: Están presentes de uno o dos pares de tamaño pequeño y ubicados ventralmente antes de los segmentos 10 y 12, rara vez más adelante, a la lombriz se le llama Holándrica cuando tienen dos pares de testículos y Meroándrica cuando tienen un par.

Pabellones testiculares: Es la parte anteriormente alargada y generalmente plegada a los canales deferentes, corresponde uno para cada testículo y se les

identifica por el color blanco brillante, debido a los espermatozoides aglutinados.

Canales deferentes o conductos masculinos: Son los que permiten la salida de los espermatozoides, correspondiendo uno para cada testículo. Se prolongó hacia la parte trasera del cuerpo y después de un determinado número de segmentos se abren a través de los poros masculinos, después de los pabellones testiculares los canales pueden formar un ovillo más o menos compacto, el epidídimo, están ubicados generalmente abajo del peritoneo, ventralmente.

Sacos testiculares: Son las cámaras que envuelven a los testículos y pabellones testiculares, formados por el peritoneo, no están siempre presentes.

Vesículas seminales: Son invaginaciones pares del tabique posterior y/o anterior de los segmentos testiculares. Son voluminosos y blandos, debido a los espermatozoides en su interior.

Ovarios: Están presentes en general un par y entonces las lombrices se denominan metaginadas. Es poco frecuente cuando las lombrices tienen dos pares, en este caso se denominan hologénicas, se les encuentra comúnmente en el segmento número 13.

Ovisacos: Son ovaginaciones pares del tabique posterior del segmento que contiene el ovario, no siempre están presentes. ⁽¹¹⁾

Espermatecas: Son los sacos que reciben los espermatozoides de la otra lombriz durante la cópula, es extraño cuando no están presentes. ^{(15); (9); (5).}

Sistema digestivo.

El aparato digestivo de la lombriz es de forma tubular y recto, con una abertura anterior en la boca y una posterior en el ano. Entre el tubo digestivo y la pared del cuerpo se forma una cavidad llamada celoma. Esta cavidad se encuentra dividida simétricamente en cada segmento, en dos compartimientos, en cuyo interior circula el líquido celómico que junto con la sangre transporta el alimento, los desechos y los gases respiratorios dentro del cuerpo de la lombriz. El alimento es masticado en la molleja luego pasa al intestino, en donde las grasas, proteínas y carbohidratos son atacados por diferentes enzimas digestivas. (Clark, 2000). Las glándulas calcíferas, las cuales segregan carbonato de calcio. Esta sustancia tiene la propiedad de neutralizar los ácidos de los alimentos. La acidez es muy elevada no puede neutralizarlos y pueden morir intoxicadas de "goso ácido". Una vez que el alimento ha llegado al esófago pasa al buche, molleja, al estómago y de ahí al intestino, donde actúan enzima desdoblado los alimentos en sustancias más simples; las deyecciones salen a través del ano enriquecidas por microorganismos propios de su flora bacteriana que es del orden de 4×10^6 colonias de, bacteria por gramo de humus activo. (1)

Las lombrices diariamente consumen una cantidad de alimento equivalente a su peso corporal.

Aparato circulatorio.

La sangre circula en el cuerpo de la lombriz en los bazos localizados a lo largo de ella, tiene hemoglobina por lo que es de color rojo (Castillo, sf). Entre los segmentos VII y IX se conectan los bazos dorsal y ventral, a través de cinco pares de tubos musculares, los corazones, que se encargan de enviar la sangre hacia la parte posterior de la lombriz por medio del bazo ventral. En el bazo dorsal, sobre el tubo digestivo, circula la sangre hacia delante, ésta circulación dorsal toma alimento de los senos y capilares del intestino y lo llevan hacia la parte anterior del cuerpo. El bazo ventral distribuye la sangre lateralmente y hacia fuera en cada segmento, alimentando los nefridios y la pared del cuerpo de la lombriz; regresan al bazo dorsal utilizando los bazos segmentarios eferentes y el bazo parietal. ⁽¹²⁾ Los bazos neurales transportan parte de la sangre recién oxigenada en los bazos parietales hacia el bazo dorsal. ⁽¹⁵⁾

Mediante este sistema se absorbe las sustancias alimenticias de los intestinos, se liberan los residuos solubles de los riñones, se transporta el oxígeno a todo el cuerpo y se libera gas carbónico a través de la piel.

Sistema respiratorio.

El intercambio gaseoso se lleva a cabo en la superficie del cuerpo de la lombriz. El extremo posterior del cuerpo ondea rítmicamente para ventilar su superficie. Cuando le falta oxígeno, la lombriz saca al exterior una parte mayor de su extremo posterior y aumenta la frecuencia de sus movimientos de ventilación. La lombriz absorbe oxígeno y anhídrico carbónico a través de una red fina de

capilares ubicados cerca de la cutícula. La cutícula se mantiene húmeda constantemente, lo cual posibilita el intercambio de gases. (5).

Aparato neuro sensorial.

Las lombrices de tierra carecen de ojos, en su lugar existe en la piel células fotosensibles, las cuales les permite reaccionar frente a la luz, evitándola, ya que expuesta a ellas muere en pocos minutos. Existen más células fotosensibles en el prostomio y en los segmentos anteriores que en las otras partes del cuerpo. (9).

En la epidermis se encuentra el sentido del tacto que se centra en las terminaciones nerviosas y en las células neurosensoriales, que le permite a la lombriz percibir vibraciones las cuales les provoca estrés.

En la epidermis, hay también nervios especializados en reaccionar solo al pH. También existen órganos gustativos que permiten distinguir entre diferentes tipos de alimento. La Tº es otro de los impulsos que la lombriz puede percibir a través de su aparato neurosensorial. (15); (5).

Sistema reproductor.

Una de las características de las lombrices que las hace especialmente propicias para una reproducción intensiva, es la de ser hermafrodita, cada individuo posee órgano reproductor masculino y femenino; sin embargo la lombriz es hermafrodita incompleta, ya que no puede autofecundarse y requiere de la participación de otro individuo para reproducirse. (12); (6).

Sistema reproductor masculino.

Está formado por dos pares de testículos, localizados entre los segmentos 9 y 10, cuya función es la de reproducir espermatozoides.

Estos últimos se depositan en unos sacos voluminosos conocidos como vesículas seminales (2 pares) en la que los espermatozoides terminan su desarrollo. Durante la cópula, el semen depositado en las vesículas es transportado por unos conductos deferentes, los cuales se prolongan más atrás hasta terminar en los poros masculinos. Cuentan también con receptáculos seminales o espermatecas que son unos sacos que reciben el semen de otra lombriz durante la cópula, están ubicados entre los segmentos 9 y 10. (15); (5).

Sistema reproductor femenino.

Está formado por dos pares de ovarios, ubicados entre los segmentos 13 y 14, cuya finalidad es la de producir óvulos, los cuales se depositan en ovisacos. Durante el desarrollo de la fecundación los óvulos salen de los conductos denominados oviductos hasta los poros femeninos que son aberturas de la pared del cuerpo por donde son expulsados.

Sistema excretor

Posee un par de *nefridios* por segmentos que son unos simples tubitos por donde se eliminan las sustancias de desecho al exterior a través de unos poros que se les denomina poros nefridiosporos . Estos se comunican con unos embudos ciliados que atraen las sustancias de desechos contenidas en el líquido celomático provenientes de la pared del cuerpo y el

tubo digestivo. Mediante este sistema se realiza la filtración, reabsorción y secreción.

Sistema nervioso

Está representado por un par de *ganglios cerebroides* que se encuentran por encima del esófago.

Existen dos conectivos que rodean la faringe y comunican con los ganglios subfaringeos bilobulados, desde aquí sale el cordón nervioso ventral que se extiende por la parte ventral del celoma hasta el último somito que corresponde al ano. Cada somito se presenta un ganglio derivado de este, desde el cual emergen tres pares de nervios laterales de donde salen las fibras sensitivas y las fibras motoras. Estas controlan los movimientos musculares en sus varias funciones, además de recibir las sensaciones luminosas y de tacto que orientan a la lombriz. ⁽¹¹⁾

Órganos de los sentidos: Poseen papilas táctiles, fosetas ciliadas, células fotosensibles subcutáneas, las cuales no permiten la visión, pero si perciben la luz. Las lombrices son animales fotosensibles y sus taxismos, dentro de otras cosas, corresponde a su respuesta a la luz, de la que huyen, prefiriendo el hábitat oscuro. A este taxismo se le denomina fototaxismo negativo. La exposición de las lombrices a la luz natural es letal, solo admiten esta exposición muy pocos minutos. Las lombrices también pueden moverse en busca de sus alimentos verticalmente hacia arriba y también bajan verticalmente para huir de un pH ácido o muy básico, para refugiarse en el

humus buscando la humedad óptima en el fondo del substrato evitando la incidencia de los rayos solares en las horas más críticas, que provocan el recalentamiento de los canteros y su desecación en la parte superior.

Sistema locomotor: Intervienen los músculos, el líquido celómico y las quetas. Cuando la lombriz quiere avanzar apoya las quetas en el substrato y el líquido celómico ayudado por los músculos se dirige hacia delante, la parte posterior del cuerpo del animal se acorta avanzando de esta forma, en-tonces, se retiran las quetas, seguidamente el líquido celómico se desplaza hacia detrás estirándose el cuerpo y comienza de nuevo este movimiento lo que le permite avanzar.

Sistema de Reproducción: La presencia de *Clitelo* confirma la madurez sexual, ya que el Clitelo tipifica el estadio adulto. El apareamiento es un acto instintivo, en el mismo las lombrices se entrelazan estrechamente en posición invertida haciendo coincidir ambos clitelos, en esta posición pueden permanecer hasta 15 minutos, quedando en contacto el poro genital masculino en el femenino e intercambiando el material espermático. Al separarse cada individuo por sí solo efectúa la liberación de cápsulas.

Regeneración: Es la capacidad que tiene el extremo que contiene la boca de generar toda la parte posterior del cuerpo del animal, pero es válido aclarar que el extremo posterior no puede generar cabeza.

El acoplamiento de dos lombrices se efectúa con no menos de 7 días entre uno y otro, del cual se obtienen 2 capullos, uno por cada lombriz. Si las condiciones

del medio, en cuanto a humedad y temperatura, son óptimas, a los 14-21 días ocurre el nacimiento de las pequeñas lombrices, que puede ser de 2 a 21 dependiendo de muchos factores, en general en la cifra más reportada es de 6 a 8 lombricillas por cápsulas. Las lombrices recién nacidas tienen color rosado pálido traslúcido, son capaces de alimentarse por sí mismas, siendo parecidas a sus progenitores, solo varían en tamaño y color.

Paulatinamente se van oscureciendo en el transcurso del tiempo. A los 90 días de nacidas, las lombrices son adultas lo cual se conoce por la aparición del Clitelo, en este momento como se ha dicho comienza su ciclo sexual. Muchos autores reportan este tiempo entre los 45-60 días y otros lo ubican a los 65 días. (2)

3.4 ASPECTOS GENERALES DE LA PRODUCCIÓN Y MANEJO DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*Eisenia Foetida*).

Ubicación: La producción de lombrices puede ser ubicada en cualquier parte, siendo preferiblemente en un lugar de fácil acceso para las normales operaciones de riego y de distribución de alimento, siempre que este lugar esté lo suficientemente aireado y lejos de fuentes directas de calor y de frío. (9).

Temperatura: Para poder lograr una rápida y uniforme reproducción la temperatura del sustrato o lugar donde viven las lombrices debe estar entre 16 y 28 °C. hay que tener cuidado con la acumulación de material sin previa descomposición, ya que se aumenta el calor y puede ser crítico para las lombrices. (9).

Humedad: La humedad en el sustrato se debe mantener entre un 70 a 80%, ya que la lombriz no tiene dientes, por esto debemos darle humedad para que pueda absorber su alimento como una pequeña aspiradora. (12).

pH: El pH óptimo que debe tener el sustrato para la crianza de las lombrices se encuentra entre el neutro o ligeramente alcalino, con un rango que puede variar entre 4.5 a 8. Esto se puede lograr midiendo el pH del alimento que será dado a las lombrices utilizando papel tornasol o un peachimetro. (9).

Luz: La lombriz roja no tolera la luz y los rayos ultravioleta la mata. Por esta razón, la iluminación natural o artificial, no tiene que incidir en su hábitat. (9).

Tabla N°3. Parámetros que alteran el desarrollo de *Eisenia foetida*

PARÁMETRO \ EFECTO	EFECTO						
	MUERTE	LETARGO	PRODUCE HUMUS	FASE ÓPTIMA	PRODUCE HUMUS	LETARGO	MUERTE
pH	< 5	6.5	6.8	7.5	8	8.5	>9
Temperatura	0	7	14	19-20	27	33	>42
Humedad	<50	75	80	82.5	85	88	>90

3.4.1 MANEJO DE LOMBRICULTIVO.

Por manejo del lombricultivo se entiende todas aquellas actividades que se llevan a cabo para lograr en el menor tiempo posible la mejor conversión de los desechos utilizados como alimento de la lombriz, así como también el manejo de las condiciones ambientales para lograr un mayor crecimiento del pie de cría utilizado. (5).

Pie de cría

Denominamos pie de cría a la cantidad de lombrices necesarias en cuanto a peso, o en cuanto a número que nos permite efectuar una siembra y nos facilite obtener una población de lombrices fuertes para ser cultivadas, teniendo en cuenta el material acompañante (sustrato) que le sirve de hábitat y alimento.

La velocidad de transformación del sustrato depende de la cantidad de lombrices. Cuando se desea un proceso rápido, la densidad de lombrices debe de ser alta, alrededor de 5 Kg. de lombriz por m². (5).

Densidad de la población. Se define como la cantidad de individuos presentes por unidad de área. La densidad de población de un cultivo de lombrices puede llegar a su clímax por unidad de área cuando las condiciones para su desarrollo son óptimas, o sea, cuando encuentran todos los requerimientos nutricionales para su desarrollo. Cuando en un área pequeña hay alta densidad de población los alimentos comienzan a escasear y el espacio vital se reduce dominando los individuos más fuertes y mejor adaptados. En estos casos puede observarse migraciones de las poblaciones adultas, escasez de huevos y abundante presencia de juveniles en el cultivo, entre otros fenómenos. Siempre que seamos capaces de proporcionar a un cultivo las condiciones de pH, temperatura y humedad óptima, podremos encontrar como mínimo de 20,000 a 30,000 lombrices por metro cuadrado, aunque algunas experiencias han reportado valores de 40000 a 60000 lombrices por metro cuadrado. El número de lombrices por área se determina mediante un muestreo de población, para lo

cual se realiza un muestreo utilizando un monolito, que es un instrumento utilizado para sacar muestras, con él podemos extraer un bloque del material a muestrear de la profundidad de 0 - 10 cm con un área de 20 x 20 cm (400 cm²).

(11)

En la muestra se cuentan las lombrices adultas, juveniles y los capullos. Los datos se deben expresar en m² ya que en toda la bibliografía estos vienen dados en esa unidad y de esta forma podemos establecer comparaciones. Para llevar nuestros datos de un área de 400 cm² a 1 m² solo necesitamos multiplicar los valores obtenidos por 25 esto es:

$$N. \text{ De adultas} \times 25 = \text{Adultas } \text{m}^2$$

$$N. \text{ De juveniles} \times 25 = \text{Juveniles } \text{m}^2$$

$$N. \text{ De capullos} \times 25 = \text{Capullos } \text{m}^2$$

El muestreo se debe realizar en los canteros y canoas para determinar la cantidad de lombrices y capullos. Las muestras se deben sacar una de cada uno de los extremos del cantero y la canoa en dependencia del tamaño y siempre en horario de la mañana. Aunque nosotros recomendamos estas medidas para el monolito de muestreo, esto no quiere decir que no se pueda utilizar otras medidas, la única condición es que éste tenga 10 cm de alto y conocer su área. El muestreo periódico de la población de lombrices, sobre todo cuando se practica el cultivo a mediana o gran escala resulta importante, porque mediante él podemos detectar o deducir cualquier problema que esté afectando el desarrollo del cultivo, rectificarlo y ganar en eficiencia. La lombriz

no habla, pero reacciona de diferentes formas ante condiciones adversas. El resultado de estas reacciones son los que encontramos en los muestreos que realizamos. El estadio juvenil de las lombrices como se ha dicho es el más resistente, por lo que si al revisar un cultivo de lombrices existe un predominio absoluto de juveniles, con la casi o no existencia de adultas y capullos, estaremos en presencia con toda seguridad de un cultivo con problemas en su condición. Se considera que un cultivo de lombrices no presenta problemas si al realizar el muestreo de población se encuentra un 60% de las lombrices en el estadio juvenil, el 40% en el estadio adulto, y se encuentran más de 500 capullos por metro cuadrado.

En estudios más detallados este muestreo se realiza a las profundidades de 0-10, 10-20, y 20-30, pues en función del comportamiento de la lombriz en profundidad se pueden también detectar posibles problemas en el cultivo, relacionados con la alimentación, condiciones ambientales, etc.

El proceso de adecuación del alimento es una operación de suma importancia pues de él depende la eficiencia del cultivo y en algunos casos determina su fracaso.

En general el alimento para que sea ingerido por la lombriz debe tener las siguientes características:

- Un pH alrededor del neutro.
- Un grado de humedad que permita su ingestión.
- Lo suficientemente desmenuzado y mullido.

- La no presencia de sustancias tóxicas o dañinas.

Para comprobar si el residual cumple con los parámetros para ser ingerido por la lombriz, se realiza una prueba que se conoce con el nombre de prueba de caja.

La prueba de caja: Es una prueba biológica donde utilizamos la lombriz como animal de ensayo. Esta se realiza para conocer el estado de la excreta que se va a aplicar, ya que no basta conocer que el pH sea adecuado, a veces hay sustancias químicas que no alteran el pH y que son perjudiciales para las lombrices, como por ejemplo los pesticidas.

Esta prueba consiste en colocar 50 lombrices en una caja de madera u otro material con el alimento que se va a proporcionar a la lombriz en los canteros o canoas. A las 24 horas se deben contar las lombrices vivas y si hay más de 49, el alimento puede utilizarse.

La prueba de caja es de obligatorio cumplimiento antes de proceder a la alimentación de canteros y canoas. De no realizarse pueden ocurrir accidentes catastróficos en el cultivo.

También puede comprobarse la calidad del alimento, colocando una porción de éste sobre la superficie del cantero o lecho, si las lombrices comienzan a ingerirlo en un tiempo mínimo significa que está en condiciones, de no ser así se debe continuar el proceso de adecuación.

Sistema de siembra: El lombricultivo se inicia depositando el pie de cría en las camas, asegurando que esta capa inicial sea aproximadamente de 10 a 15 cm.

Si es necesario para completar esta altura, se puede depositar en el fondo de la cama, estiércol descompuesto y luego colocar encima el pie de cría. Otra metodología es colocar una capa de 10cm. de zacate seco en el fondo y luego colocar la lombriz comercial encima (con todo y sustrato) y por último colocar una capa de 5 cm. de sustrato alimenticio. Así se asegura que la lombriz disponga de un medio para refugiarse si las condiciones del alimento no son adecuadas. ⁽⁵⁾

Cuando el sustrato es el adecuado, la lombriz lo acepta al cabo de 24 horas. El alimento deberá ser proporcionado en capas de 5 a 10 cm. si el pie de cría es el adecuado esta cantidad será consumida en 2 a 4 días. Por lo anterior el alimento deberá ser proporcionado de acuerdo a la demanda de la lombriz, ⁽⁹⁾.

Alimentación: La calidad del alimento proporcionado es de gran importancia para lograr el éxito en la crianza de lombrices, si el alimento proporcionado es de óptima calidad, se asegura la rápida producción del pie de cría y la transformación del sustrato, aumentando con ello el desarrollo y cantidad de lombrices en un corto tiempo.

Los materiales utilizados como alimento para las lombrices deben tener las siguientes características:

- a) Materia orgánica biodegradable.
- b) No contener sustancias tóxicas como ácido en el caso de la gallinaza, insecticidas y/o pesticidas.

Para que el alimento sea aceptado inmediatamente por las lombrices deberá tener un adecuado proceso de maduración. El proceso de maduración del sustrato está relacionado con el estado de descomposición del mismo y de condiciones tales como: pH, y la temperatura, que son de los factores más importantes que afectan el crecimiento de la lombriz, ⁽⁵⁾.

3.4.2 TIPOS DE SUSTRATOS PARA LA ALIMENTACIÓN DE LOMBRICES.

La base de la alimentación de las lombrices se conoce como sustrato, el cual se coloca en el lecho y estas lo transforman en humus.

Independientemente de cual sea la sustancia orgánica que se desee utilizar ésta debe de tener un contenido en celulosa no inferior a un 20-25%, en forma de paja triturada, papel o cartón, por ejemplo. ⁽⁹⁾. El sustrato además de contener el material celulósico debe poseer vitaminas y minerales esenciales para asegurar un adecuado crecimiento a las lombrices. Según el clima, el espesor del sustrato básico varía pudiendo llegar hasta 50 cm.

Los sustratos que más se utilizan son los estiércoles y que en su mayoría proceden de explotaciones intensivas zootécnicas; sin embargo, los estiércoles de aves, en general no son aconsejables, debido a su fuerte acidez producida en el período de maduración. A continuación se describen algunas características de los sustratos más comúnmente utilizados para la alimentación de las lombrices.

Estiércol de bovino: Es muy bueno, utilizable también como sustrato inicial y como alimento durante la producción el período mínimo aconsejable de

envejecimiento es de 6 meses, pero es más fácil encontrarse con un pH adecuado, cuando este período ha sido de 7 meses. El estiércol de bovino contiene 1.42% de nitrógeno, 0.18% de fósforo, 4% de potasio y 0.262% de manganeso.

Estiércol de conejo: Constituye un alimento óptimo si se usa en estado original o se recoge debajo de las jaulas de los conejos, tiene que ser tratado y oxigenado antes de poder ser suministrado, debido a su peculiar estructura, se presenta como una masa compacta que carece casi totalmente de aire y de oxígeno, constituyendo un sustrato donde las lombrices que necesitan estos dos elementos, no pueden sobrevivir. El estiércol de conejo contiene 2.6% de nitrógeno, 3.1% de fósforo y 3.2.% de potasio. ⁽⁹⁾.

Estiércol de cabra: Es un producto bastante bueno pero difícil de conseguir. Normalmente este estiércol se presenta en forma de bolitas endurecidas y se puede suministrar de esta forma siempre y cuando tenga la humedad adecuada. Los valores nutritivos de este estiércol son: 2.0 de nitrógeno, 1.5 de fósforo y 2.1 de potasio. ⁽⁴⁾.

Sistema de alimentación: Se utilizan capas delgadas (máximo 5 cm.) esto se hace por las siguientes razones:

- Evitar el calentamiento del sustrato cuando está muy fresco.
- Facilitar la aireación del cultivo.
- Asegurar la transformación del material.

Mantener las lombrices alimentándose en la parte superior

Frecuencia y cantidad de alimento proporcionado.

La cantidad de alimento se puede estimar de acuerdo a la densidad de lombrices en un área determinada, tomando como base la cantidad de alimento que consume diariamente la lombriz y a su tasa de reproducción. Como norma práctica se recomienda chequear una o dos veces si hay alimento, pues las densidades de lombrices van a variar en el tiempo, es recomendable que el alimento sea de un espesor de no más de 5 cm. y 30-50cm. de ancho. Luego se riega el alimento para permitir la distribución de agua al resto de la cama y atraer la lombriz a ese punto. (Amador, 1997).

Necesidades de humedad y frecuencia de riego.

El alimento se prepara antes de llevarlo a las camas de lombrices, remojándolo si es necesario hasta que, estando totalmente humedecido no drene. Esto corresponde aproximadamente a un rango del 80 a 85% de humedad. Una humedad superior al 85% es muy dañina para las lombrices, haciendo que disminuyan su reproducción; no obstante, la lombriz puede vivir temporalmente en mucha humedad pero no trabaja ni se reproduce. ^{(15), (5)}. El riego es una actividad que debe efectuarse cada vez que el módulo o lecho lo requiera, no hay que exagerar con la cantidad; es mejor regar dos veces al día con poco agua, que hacerlo una sola vez con demasiada. ⁽⁹⁾.

3.4.3 Trastornos fisiológicos

Gosso ácido: Es la intoxicación provocada por un exceso o un déficit de proteínas en el alimento, también se observa cuando existen alteraciones físico-

químicas por la presencia de pesticidas u otros agentes nocivos. Las lombrices afectadas presentaran entre otros síntomas, movimientos rápidos tratando de escapar y disminución posterior de este haciéndose lento y pesado, Inflamación de la región clitelar y necrosis, en la mayoría de los casos aparecen contracciones y abultamientos a todo lo largo del cuerpo del animal y en otros casos se mostrarán blanduzcas pudiendo morir. A las lombrices más utilizadas en la lombricultura no son hospederos intermediarios, ni vectores de parásitos dañinos a los animales ni al hombre. ⁽³⁾

3.4.3 Enemigos naturales.

La bibliografía internacional menciona una lista de enemigos naturales, entre los que se encuentran: ranas, aves e invertebrados como: Planarias (depredadoras de las lombrices), Mancaperros, Ciempiés, Hormigas, y otros de menor cuantía. En este proceso participan muchos organismos que colonizan este sustrato por diversos motivos, realizando múltiples funciones como: alimentarse de la materia orgánica ejemplo; las cochinillas, pequeñas larvas o insectos que son detritófagos compiten con la lombriz por el alimento sin causar daños directamente, otros depredadores, invertebrados o microorganismos descomponen la materia orgánica, utilizan el sustrato como escondrijo, etc. En fin cohabitan con las lombrices sin hacerles daño en condiciones normales, (si las condiciones son adecuadas para las lombrices). Estos organismos se conocen como fauna asociada. ⁽²⁾

3.4.5 Escalas de Producción de lombricultivo:

Doméstica o popular: Sólo se requiere de algunas cajas, cajones o cualquier recipiente de madera u otro material que se puede mantener en cualquier lugar de la casa o en el patio, con el propósito de utilizar como alimento para las lombrices los residuos de cocina y otros desperdicios que se originan en el propio hogar y emplear el producto (humus y lombrices) en el huerto, jardín, macetas o en la alimentación de los animales domésticos.

Pequeña o Mediana escala: Se ubica en los predios del propio productor y su objetivo fundamental es reciclar residuos de cosecha, estiércoles de animales o residuos agrícolas industriales, para obtener el humus de lombriz con fines de fertilización de los cultivos del propio productor.

Gran escala o comercial: La producción se realiza a gran escala, cuya finalidad es obtener humus de lombriz y comercializarlo con las empresas agrícolas nacionales e internacionales, En general estas unidades poseen en explotación de más de 500m² de canteros de cultivo directo. ⁽¹³⁾

3.5.0 PRODUCTOS DE LA LOMBRICULTURA

Humus de lombriz: Es un apreciable producto, resultado de la ingestión y digestión de diferentes residuales orgánicos por parte de la lombriz de tierra.

Descripción: es un fertilizante biorgánico, de aspecto esponjoso, suave, ligero, granular.

Posee óptima actividad fitohormonal, que junto con el pH apropiado y una amplia gama de macro y micronutrientes, se traduce en un aumento del

porcentaje de germinación de la semilla, velocidad de crecimiento de las plántulas y mejoría en el estado vegetativo de éstas. El humus de lombriz es un excelente mejorador de las condiciones biológicas, físicas y químicas del suelo. El humus después de cosechado es necesario beneficiarlo, para lo cual se realizan las siguientes operaciones:

Secado: Debe realizarse al aire libre preferiblemente fuera del alcance del sol y hasta una humedad del 45%, aunque si se va a utilizar máquina para su aplicación la humedad recomendada es de 30%, en este caso muchos prefieren secarlo al sol.

Tamizado: El tamizado depende del propósito de uso, si es para fertilizar frutales y arboles perennes, es posible utilizarlo sin tamizar o pasarlo por una malla de 6mm, si se pretende fertilizar vegetales y otros cultivos temporales entonces es recomendable pasarlo por malla 2mm debido a las exigencias nutricionales de estos cultivos.

Trabajos experimentales han demostrado que el tamaño de partícula de humus de lombriz más efectivo para liberar elementos nutritivos es de 2mm lo que relacionan con el hecho de que la mayor parte de los elementos nutritivos contenidos en el humus se encuentran débilmente unidos a los ácidos orgánicos poco polimerizados disueltos en el agua de humectación.

Tabla N.4. Elementos solubles en humus a partir de un tamaño de partícula de 2mm.

	CE	pH	CO ₃ H	Cl	SO ₄	SUM A	Ca	Mg	Na	K	SUMA	P	N	C
2m	ds/m		Aniones mq/l ⁻¹				Cationes mq/l ⁻¹					mg/l ⁻¹		
m	3.1	7.7	6.5	9.6	6.9	231	8.2	7.6	4.3	5.0	254	2.9	6.3	122

3.5.1 Características químicas del humus ó Vermiabono

Las características químicas del humus de lombriz dependen en gran medida de la composición del residual que se da como alimento a las lombrices.

En general cuando se habla del humus de lombriz y sus dosis de aplicación en los cultivos se tiende a generalizar sus características, como si todos tuvieran la misma composición, sin embargo es altamente conocido que las características del humus depende mayoritariamente de la composición del alimento, aunque no debe descartarse otros factores también de importancia.

TABLA N°5. Elementos promedio del humus de lombriz producido de diferentes sustratos.

HUMUS DE:	pH	MO (%)	Nt (%)	P (%)	K (%)	Nat (%)	CE ds/m	Cl ⁻ mg/kg	Na mg/kg
ESTIÉRCOL VACUNO	6.80	56.52	2.23	0.51	0.32	0.11	2.71	1015	503
ESTIÉRCOLPORCINO LECHO	5.75	52.56	2.58	1.80	0.16	0.06	2.42	189.0	109.0
ESTIÉRCOLPORCINO FRESCO	6.40	55.63	2.67	1.37	0.28	0.08	1.43	273.0	394.0
CACHAZA	7.18	54.60	1.5	1.53	0.14	0.06	0.71	198.0	109.0
RESIDUOS DE CAFE	6.31	78.3	3.57	0.16	0.26	0.07	1.12	157.0	200.0
FRUTALES	-	57.12	2.12	0.80	0.23	0.07	2.60	301.0	204.0

Estos datos por supuesto que pueden variar, de un país a otro, determinado por la diferencia de alimento, el proceso industrial que origina el residual, e incluso por la diferencia en los métodos de determinación empleados. Este último factor hace prácticamente incomparables los resultados analíticos sobre la composición del humus obtenido en diferentes partes del mundo, por lo que debe constituir una de las prioridades a resolver en el futuro cercano.

Un aspecto importante de este producto es la solubilidad en agua de parte de los constituyentes químicos y orgánicos, lo que garantiza un abastecimiento inmediato de elementos nutritivos a las plantas.

Esta solubilidad depende de la concentración, del tiempo de contacto, el tamaño de las partículas y del residual del cual proviene el humus.

Esta característica hace del humus un material de gran demanda en los sistemas de cultivo intensivos, para restituir la fertilidad del sustrato y compensar el déficit de elementos nutritivos que se produce en el sistema por la intensa extracción de los cultivos.

Capítulo IV

4.0 DISEÑO METODOLOGICO

El proyecto se presentó como una alternativa ante la problemática del uso indiscriminado de abonos obtenidos por síntesis química, pues estos generan contaminación ambiental. Para alcanzar dicha finalidad se utilizó una combinación de estudios: Experimental porque se realizó utilizando seres vivientes como lombrices *Eisenia Foetida* (Lombriz Roja Californiana) y Transversal porque esta investigación se realizó en los meses de julio a septiembre de 2010.

La Investigación Bibliográfica se realizó en diferentes universidades.

Biblioteca Central de la Universidad de El Salvador.

Biblioteca de Ingeniería y Arquitectura.

Biblioteca Dr. Benjamín Orozco de la Facultad de Química y Farmacia.

Biblioteca de Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer (USAM).

Biblioteca de Escuela Nacional de Agricultura (ENA).

Se visitaron diferentes sitios de Internet.

4.1 INVESTIGACION DE CAMPO

4.1.1-Localización

El diseño experimental donde se evaluaron los estiércoles de cabra, conejo, bovino y papel periódico en la producción de vermiabono, utilizando *Eisenia foetida* (Lombriz Roja Californiana), se desarrolló en Cantón Cruz Grande Izalco, Sonsonate; Coordenadas geográficas son: latitud norte 13°45.7”;

longitud oeste 89 °42.3"; elevación 450 msnm; Temperatura promedio 25.3°C;
Humedad Relativa 81.35%; Precipitación 303.4 mm

4.1.2 Especie Utilizada

Nombre Científico: *Eisenia Foetida*

Nombre Común: Lombriz Roja Californiana

4.2 PARTE EXPERIMENTAL

4.2.1 Preparación de los sustratos

1. Estiércoles de: cabra, conejo y bovino fueron recolectados 8 horas después de haber sido excretados, por lo que se consideraron estiércoles frescos.
2. Estos se esparcieron sobre láminas de aluminio formando una capa de 5cm de espesor.
3. Se realizó un volteo diario en las horas de 1- 2 PM.
4. Se recolecto diariamente en bolsa de nylon de capacidad de 100 lbs en las horas 5 - 6 PM.
5. Se repitieron los pasos del 2-4 durante 15 días hasta que el sustrato estuvo apto para el consumo de la lombriz, como prueba de esto se realizó la prueba de caja.
6. Papel periódico: se recorto en pequeños fragmentos.

4.2.2 Instalación y Equipo.

La instalación donde se realizó el ensayo, se construyó de varas de bambú, piso de tierra y techo formado por: varas de Brasil, palmas de coco y cubierta

con plástico tipo nylon de color negro de dimensiones de 4.75m de largo por 3.5 m de ancho por 2.25 m de alto.

Las unidades experimentales fueron 20 cajas de durapax con dimensiones de 0.6 x 0.5 x 0.10m, estas se colocaron sobre 4 tabancos de madera de 2.75 m de largo por 0.5 m de ancho por 0.6 m de alto. Estas cajas se identificaron y ordenaron según el bloque y tratamiento asignado. (Ver Anexo No 1).

Condiciones: El control de la humedad se realizó por Gravimetría.

Medición de pH: se realizó a cada uno de los sustratos desde usando un pH-metro (Estas mediciones se hicieron cada 8 días). Utilizando el laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias Agronómicas.

Pie de cría: Se utilizaron 6,000 lombrices roja californiana (*Eisenia foetida*), las cuales fueron proporcionadas por la unidad de Lombricultura del departamento de Fitotecnia de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, todas estas lombrices con clitelo formado, característica que indicaron que las lombrices habían alcanzado su madurez sexual



FIGURA Nº 2. Lombriz adulta.

4.3 PLAN DE MANEJO DEL LOMBRICULTIVO

Preparación del sustrato.

Una semana antes de inocular las lombrices se prepararon las cajas colocándoles papel periódico en el fondo y 5 cm de sustrato, el cual tiene un peso de 2.5 Lbs. Se midieron las siguientes condiciones: Porcentaje de Humedad, pH y Temperatura.

Prueba de adaptación (Prueba de caja).

Previo a la inoculación se realizó una prueba de supervivencia conocida como P50 L, la cual consistió en colocar 50 lombrices por caja y observar su comportamiento. A las 24 horas, los sustrato fueron aceptados por las lombrices y no hubo mortalidad, por lo que se procedió a la inoculación definitiva de colocar 300 lombrices por caja.

Alimentación de las lombrices.

Doce días después de la inoculación se realizó la primera alimentación colocando una ración de 2.5 lbs. de sustrato por caja de los diferentes sustratos. Las siguientes alimentaciones se realizaron según el consumo de los sustratos con el criterio de alimentar cuando se ha consumido más del 80% de la ración anterior. Control de humedad, pH y temperatura.

Riego.

Este se aplicó en forma cernida con una regadera de metal de capacidad 10L, a cada caja a intervalos de dos días para mantener los lechos con la humedad adecuada.

Nota: El sustrato de papel periódico se regó todos los días mañana y tarde.

Control de enemigos naturales.

Las cajas se revisaron a diario para observar la presencia de enemigos naturales, la presencia de hormigas, se controló utilizando repelente como solución salina solución detergente.

Beneficiado.

El vermiabono en la etapa de secado se extendió sobre un plástico, con un grosor de 2 a 3 cm durante 3 a 5 días, bajo la sombra. Hasta alcanzar un porcentaje de humedad de 8 a 15%.

Pasar por un tamiz de umbral de 2 mm para obtener un tamaño uniforme de partícula.

Envasado: debe llevarse a cabo en sombra y en bolsa de nylon capacidad 25 lbs.

Etiquetado: "No debe exponerse al sol"; Fecha de Fabricación; Fecha de vencimiento; Nombre del Sustrato empleado.

Análisis del Vermiabono

Una vez obtenido el Vermiabono se determinó su calidad mediante un análisis fisicoquímico hecho por triplicado y luego se compararon los valores promedios de cada determinación contra un análisis estándar de Humus de Lombriz. (Anexo 3)¹⁵.

Determinación de Materia orgánica (ver anexo 2)¹¹

Determinación de Carbono total (ver anexo 2)¹⁰

Determinación de Nitrógeno total (ver anexo 2)₂

Determinación de pH (ver anexo 2)₁₁

Determinación de Porcentaje de Humedad (ver anexo 2)₁₀

Determinación de Fosforo (ver anexo 2)₃

Determinación de Potasio (ver anexo 2)₁₀

Capitulo v

5.0 RESULTADOS

ASPECTOS GENERALES DEL ENSAYO.

El ensayo se realizó en un período de tiempo de 3 meses (Julio a Septiembre de 2010). A partir de la primera alimentación se empezó a observar diferencia en el consumo de estos, observando diferencia de color y textura, siendo procesados más rápidamente los estiércoles de cabra, conejo, bovino; seguido por el papel periódico el comportamiento se mantuvo durante todo el ensayo.

Control de enemigos naturales

Se realizó únicamente control de hormigas, en el estiércol de cabra y papel periódico. El control consistió en la aplicación de Solución Jabonosa y solución saturada de Cloruro de sodio en las patas de los tabancos, obteniendo mayor eficacia con la solución saturada de cloruro de sodio ya que se redujo considerablemente la presencia de hormigas, en los tratamientos T_1 y T_4 (Estiércol de Cabra y Papel periódico).

DISCUSION DE RESULTADOS

VARIABLE TEMPERATURA

Estadísticamente se observa diferencias significativas entre los tratamientos para las semanas cuatro y siete, presentando las mayores temperaturas el tratamiento T_1 y T_4 , con un nivel de confianza del 5%, Ver tablas 6, 7, 8, y 9; Figura 3. Probablemente esto se debió, a la época lluviosa lo que produjo un incremento en la temperatura. Estos resultados se ajustan a las especificaciones. (5)

Tabla N°6. Medias de tratamiento para la variable Temperatura a partir de la semana 1 a la 8.

Tratamientos	Semanas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
T ₁	26.72	27.78	26.82	28.70	28.60	27.36	25.00	22.06
T ₂	26.62	27.60	27.80	28.42	28.48	27.24	25.00	25.00
T ₃	26.82	27.94	25.88	28.16	28.12	27.32	25.32	24.20
T ₄	27.30	28.04	26.68	28.36	28.38	27.36	25.64	25.26

Tabla N°7. Resumen de la prueba violación del supuesto de Homogeneidad de varianzas para la variable Temperatura a partir de la semana 1 a la 8.

F de V	Semanas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Tratamiento	0.1152	0.1193	0.5221	0.0023	0.1015	0.7751	0.0014	0.1070
Bloque								
ERR-EXP								

Tabla N° 8. Resumen de probabilidades para el Análisis de Varianza para la Variable Temperatura a partir de la semana 1 a la 8.

F de V	Semanas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Bloque	0.6015	0.0401	0.2539	0.0042	0.3267	0.0729	0.2549	0.6545
Tratamiento	0.1152	0.1193	0.5221	0.0023	0.1015	0.7751	0.0014	0.1070
ERR-EXP								

Tabla N°9. Resumen de la Prueba de Tukey para la variable Temperatura a partir de la semana 1 a la 8.

F de V	Semanas							
	C(1)	C(2)	C(3)	C(4)	C(5)	C(6)	C(7)	C(8)
T ₁	A	A	A	A	A	A	C	A
T ₂	A	A	A	B	A	A	C	A
T ₃	A	A	A	B	A	A	B	A
T ₄	A	A	A	B	A	A	A	A

C (1)= Calificación en la semana 1

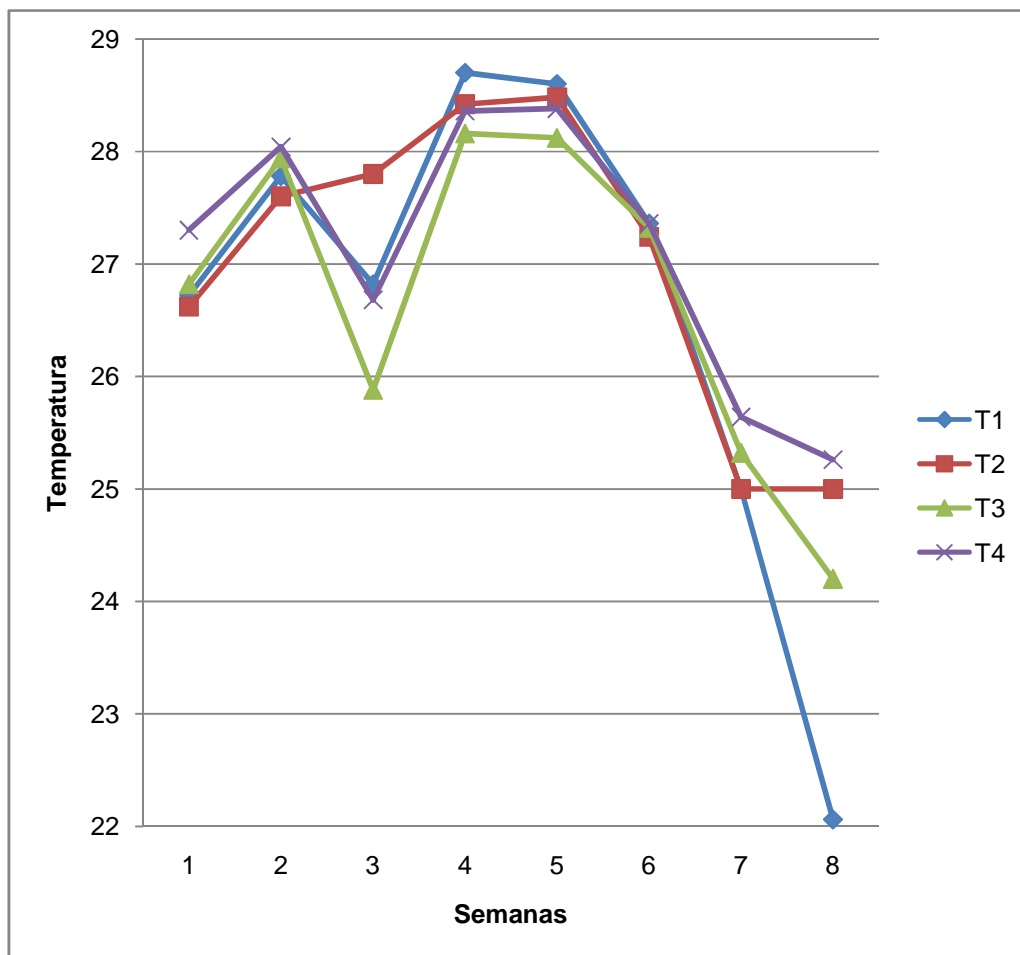


FIGURA N° 3. COMPORTAMIENTO DE LA VARIABLE TEMPERATURA A PARTIR DE LA SEMANA 1 A LA 8.

VARIABLE pH

Estadísticamente se observa diferencias significativas entre los tratamientos para la semanas 1, 3, 4, 5, 6, 7 Y 8, presentando los mayores pH el tratamiento T₃, con un nivel de confianza del 5%. Ver tablas 10, 11, 12 y 13 y Figura 4, Probablemente esto se debió a que en la aplicación del riego, el contenido de agua provoco un proceso de fermentación y como consecuencia una alteración

Tabla N°13. Resumen de la Prueba de Tukey para la variable pH a partir de la semana 1 a la 8.

F de V	Semanas							
	C(1)	C(2)	C(3)	C(4)	C(5)	C(6)	C(7)	C(8)
T ₁	C	A	C	C	C	C	C	B
T ₂	B	A	B	B	B	B	B	C
T ₃	A	A	A	A	A	A	A	A
T ₄	D	A	C	D	D	D	D	C

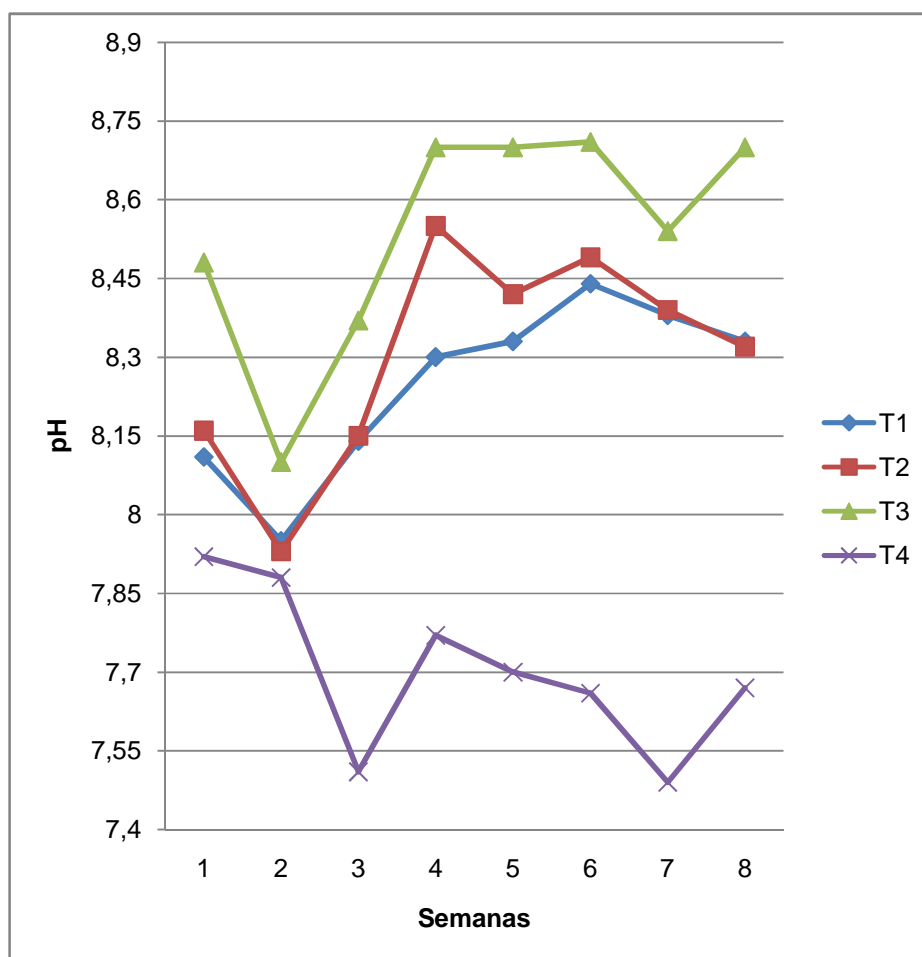


FIGURA N° 4. COMPORTAMIENTO DE LA VARIABLE pH A PARTIR DE LA SEMANA 1 A LA 8.

Tabla N° 16. Resumen de probabilidades para el Análisis de Varianza para la Variable Porcentaje de Humedad a partir de la semana 1 a la 8.

F de V	Semanas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Bloque	0.6580	0.9409	0.5921	0.4912	0.0341	0.5646	0.2793	0.6011
Tratamiento	0.2332	0.6828	0.0000	0.0418	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ERR-EXP								

Tabla N°17. Resumen de la Prueba de Tuckey para la variable Porcentaje de Humedad a partir la semana 1 a la 8.

F de V	Semanas							
	C(1)	C(2)	C(3)	C(4)	C(5)	C(6)	C(7)	C(8)
T ₁	A	A	C	C	B	C	C	C
T ₂	A	A	C	A	B	D	C	C
T ₃	A	A	B	B	B	B	B	B
T ₄	A	A	A	A	A	A	A	A

C (1)= Calificación en la semana 1

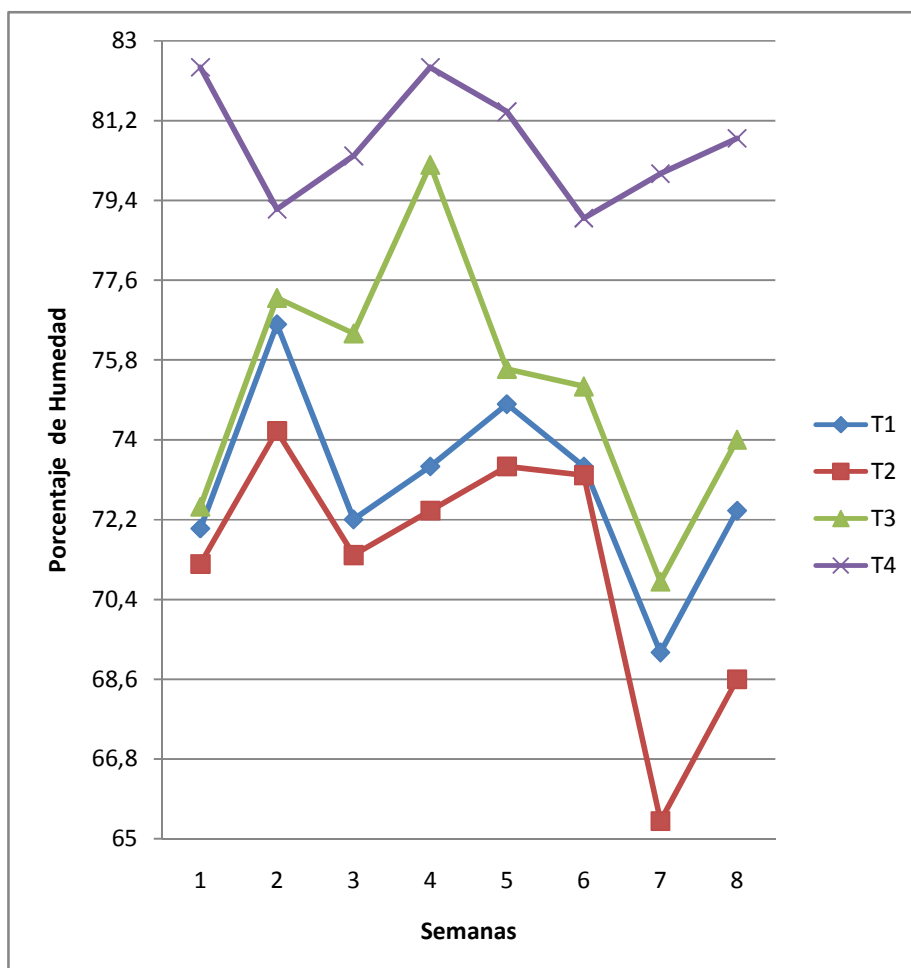


FIGURA N° 5. COMPORTAMIENTO DE LA VARIABLE PORCENTAJE DE HUMEDAD A PARTIR DE LA SEMANA 1 A LA 8.

VARIABLE DIAS DE ESTABILIZACION.

Estadísticamente los sustratos evaluados: Estiércoles (Cabra, conejo, bovino) produjeron iguales efectos para las variables: Rendimiento de Vermiabono, Cantidad de Lombrices, Numero de huevos. Solo hubo diferencias significativas entre tratamientos para la variable, Días de estabilización mostrando el mayor tiempo el tratamiento T₄. Con un nivel de significancia del

5%. Ver tablas 18, 19, 20, 21 y 22, figura 6, 7, 8 y 9. Probablemente esto se debió al buen proceso de adecuación que se les dio a los sustratos, y a las condiciones de manejo del lombricultivo, garantizando de esta forma la disponibilidad de los nutrientes necesarios para el desarrollo y reproducción de la lombriz, estos resultados se ajustan a lo dicho por (9).

TABLA N°18. Medias de Tratamiento para las diferentes variables de las variables descritas en la tabla N° 19.

Tratamientos	variables			
	DE	CL	NH	RV
T ₁	62.4	184.0	163.0	31.8
T ₂	62.4	221.0	63.0	31.6
T ₃	68.6	152.0	60.0	31.8
T ₄	75.6	460.0	41.0	31.4

Tabla N°19. Significado de símbolos para las diferentes variables.

SIMBOLO	TRATAMIENTO
DE	Días de estabilización
CL	Cantidad de Lombrices
NH	Numero de huevos
RV	Rendimiento de Vermiabono.

Tabla N°20. Verificación de violación del supuesto de Homogeneidad de Análisis de Varianza de las variables descritas en la tabla N° 16.

F de V	variables			
	DE	CL	NH	RV
Tratamiento	0.0000	0.1201	0.2993	0.9077
Bloque				
ERR-EXP				

Tabla N° 21. Resumen de probabilidades del Análisis de Varianza para la medición de Variables descritas en la tabla N° 19.

F de V	variables			
	DE	CL	NH	RV
Bloque	0.3036	0.1531	0.6377	0.7757
Tratamiento	0.0000	0.1201	0.2993	0.9077
ERR-EXP				

Tabla N°22. Resumen de la Prueba de Tuckey para la medición de variables descritas en la tabla N° 19.

Tratamientos	variables			
	DE	CL	NH	RV
T ₁	C	A	A	C
T ₂	C	A	A	C
T ₃	B	A	A	B
T ₄	A	A	A	A

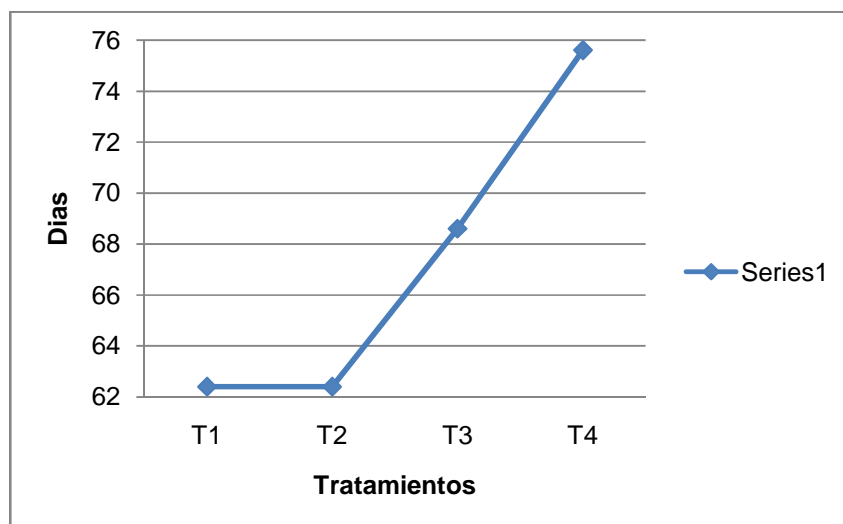


FIGURA N° 6. COMPORTAMIENTO DE LA VARIABLE DIAS DE ESTABILIZACION SEGÚN EL SUSTRATO UTILIZADO.

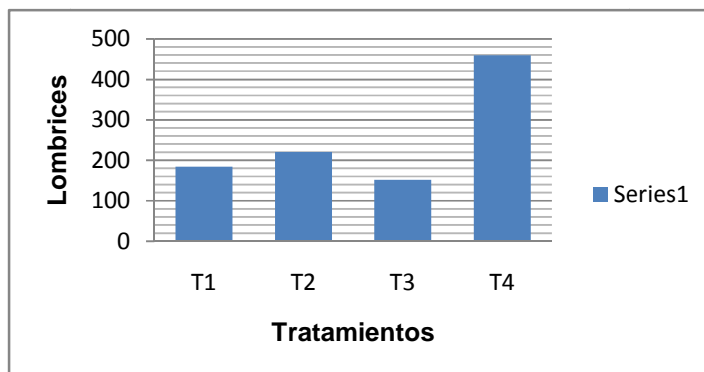


FIGURA N° 7. COMPORTAMIENTO DE LA VARIABLE CANTIDAD DE LOMBRICES SEGÚN EL SUSTRATO UTILIZADO.

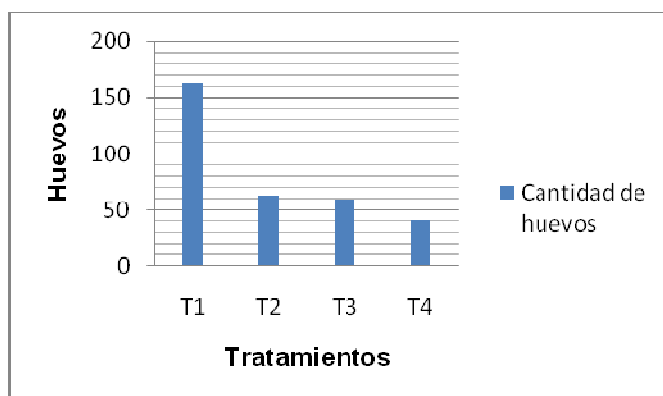


FIGURA N° 8. COMPORTAMIENTO DE LA VARIABLE NUMERO DE HUEVOS SEGÚN EL SUSTRATO UTILIZADO.

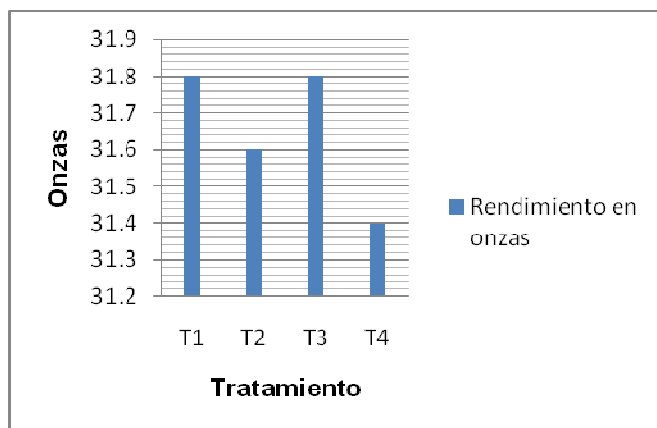


FIGURA N° 9. COMPORTAMIENTO DEL RENDIMIENTO DE VERMIABONO SEGÚN EL SUSTRATO UTILIZADO.

Tabla N° 23. INTERPRETACION DEL ANALISIS FISICOQUIMICO.

DETERMINACION	ESPECIFICACION (5)	RESULTADOS	INTERPRETACION
pH	6.8-7.2	T ₁ =8.77 T ₂ = 8.33 T ₃ = 8.75 T ₄ = 7.45	El pH depende de la naturaleza de los sustratos y de los procesos de descomposición. Por lo tanto el vermiabono formado a partir del papel periódico es el que presento un menor valor de pH= 7.45, siendo el que más se acercó a la especificación 6.8-7.2.
Porcentaje de Humedad	30-60%	T ₁ = 5.42% T ₂ = 11.06% T ₃ = 11.25% T ₄ = 10.65%	No se ha encontrado bibliografía que relacione la biodisponibilidad de los nutrientes en el vermiabono con el porcentaje de Humedad.

Tabla N° 24. CONTINUACION

DETERMINACION	ESPECIFICACION (5)	RESULTADOS	INTERPRETACION
Nitrógeno Total	1-2.6%	T ₁ =0.96% T ₂ = 0.78% T ₃ = 1.42% T ₄ = 0.46%	La composición química del vermiabono va a depender de la naturaleza del sustrato utilizado y en este caso en particular el ganado se alimentaba con una mayor proporción de Concentrado que forrajes.
Potasio Total	1-2.5%	T ₁ =0.46% T ₂ = 0.60% T ₃ = 1.40% T ₄ = 0.08%	La composición química del vermiabono va a depender de la naturaleza del sustrato utilizado y en este caso en particular el ganado se alimentaba con una mayor proporción de concentrado que forraje.
Fosforo Total	2-8%	T ₁ =0.86% T ₂ = 0.60% T ₃ = 0.77% T ₄ = 0.12%	La composición química del vermiabono va a depender de la naturaleza del sustrato utilizado y en este caso en particular el ganado se alimentaba con una mayor proporción de concentrado que forraje

Tabla Nº 25. CONTINUACION.

DETERMINACION	ESPECIFICACION (5)	RESULTADOS	INTERPRETACION
Materia Orgánica	30-70%	T ₁ = 59.88% T ₂ = 54.78% T ₃ = 56.04% T ₄ = 87.21%	De los valores obtenidos de Materia orgánica solo el vermiabono formado a partir de papel periódico se sale de la especificación (30-70), con un valor de 87.21%, esto se debe al contenido de celulosa en este sustrato.
Carbono Total	14-30%	T ₁ = 34.22% T ₂ = 31.30% T ₃ = 32.02% T ₄ = 49.83%	El elevado contenido de Carbono total en todos los sustratos evaluados está estrechamente relacionado con la alimentación, específicamente de la cantidad de pasto que consumen, y en el papel periódico del contenido de celulosa.
Relación C/N	10-11%	T ₁ =35.65% T ₂ = 40.13% T ₃ = 22.55% T ₄ = 108.33%	La relación C/N esta fuera de especificación sobre el limite superior, esto es debido que los sustratos se utilizaron como sustancias aisladas.

ANALISIS DE RESULTADO

Como puede observarse en la tabla de beneficio Tabla N° 26 y figura N° 10 los sustratos que produjeron el mayor beneficio bruto de campo fueron T₄, T₁ y T₃. Debido a la naturaleza de los sustratos y su capacidad de absorción. En el papel periódico (T₄) fue necesario un riego más frecuente y como consecuencia generó mayor cantidad de lixiviado.

Tabla N° 26. TABLA DE BENEFICIO

Tratamiento Descripción	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Rendimiento Medio (Oz/ Tratamiento)	31.80	31.60	31.80	31.4
Rendimiento Ajustado (Oz/ Tratamiento)	28.62	28.44	28.62	28.26
Beneficio Bruto de Campo de Vermiabono	\$ 6.30	\$ 6.30	\$ 6.30	\$ 9.60
Beneficio Bruto de Campo Lixiviado	\$ 2.19	\$ 2.17	\$ 2.19	\$ 2.16

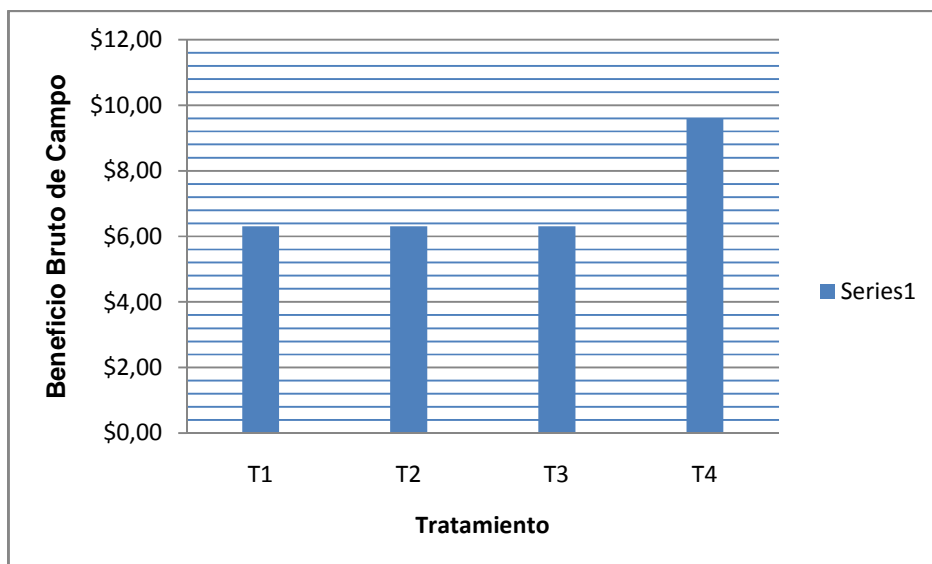


FIGURA N° 10. Comportamiento de Beneficio Bruto de Campo según los sustratos utilizados.

Capítulo VI

6.0 CONCLUSIONES

1. En el análisis estadístico utilizar cualquier de los sustratos, Estiércol de Cabra, Estiércol de Conejo, Estiércol de Bovino y papel periódico para la producción de vermiabono.
2. En el análisis Físico-Químico el mejor sustrato fue el Estiércol de Bovino con valores de: Nitrógeno Total 1.42%, Fosforo Total 0.77%, Potasio Total 1.04%, Materia Orgánica 56.04%, Carbono Total 32.04% y Relación C/N 22.55%; siendo el que mejor se acerca a los valores de referencias.
3. El papel periódico presento el mejor pH, con un promedio de medias igual a 7.69 seguido de los sustratos estiércol de Cabra de, Estiércol de Conejo, Estiércol de Bovino con valores iguales a : 8.25, 8.3 y 8.54.
4. Estadísticamente las condiciones de Temperatura, pH y Porcentaje de Humedad fueron constantes en todos los sustratos, esto demuestra la homogeneidad de respuesta de los materiales experimentales.
5. Los sustratos que presentaron mayor Beneficio Bruto de Campo en el Lixiviado fue T₄ con un valor de \$ 9.60, y en el Vermiabono fueron T₂ y T₃ con valores iguales a **\$ 2.19**.

Capítulo VII

7.0 RECOMENDACIONES

1. Utilizar cualquier de los estiércoles de: Cabra, Conejo, Bovino; Papel periódico para la producción de vermiabono y mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo.
2. Cuando se requiera una producción a macro escala, el sustrato más idóneo a utilizar es el estiércol de bovino de acuerdo al análisis Físico- Químico y a su obtención.
3. Para suelos con deficiencia en materia orgánica el vermiabono a utilizar es el obtenido a partir de papel periódico.
4. En futuras investigaciones determinar la calidad de lixiviado y el contenido de nutrientes Ej.: Ácidos Húmicos y fulvicos a través de un análisis Físicoquímico y compararlo con la calidad del Vermiabono.
5. Para la producción de Vermiabono utilizando ***Eisenia Foetida***, los sustratos recomendados son los Estiércoles de Cabra y Bovino, y para la producción de lixiviado se recomienda el papel periódico por mostrar los mejores valores de Beneficio Bruto de Campo.

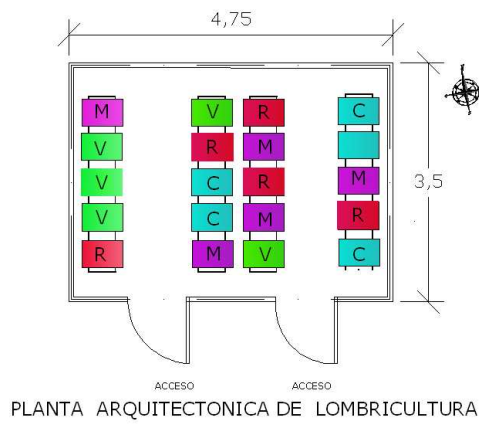
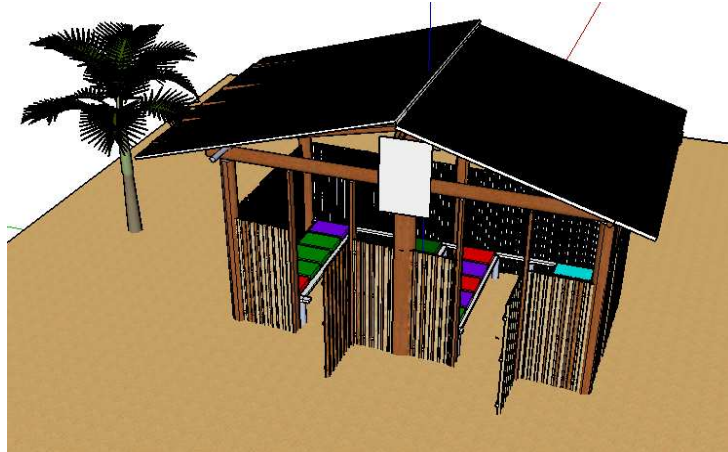
BIBLIOGRAFIA

1. Alas R, R. C. y otros. 2000. EVALUACIÓN DE SUSTRATOS DE ORIGEN ANIMAL Y VEGETAL EN LA PRODUCCIÓN DE HUMUS Y CARNE DE LOMBRIZ (*Eisenia foetida*). Ingeniero Agrónomo. El SALVADOR. Universidad de El Salvador.102p
2. Cacciamani, M.2004.Lombricultura: una actividad ecológica y rentable. 2ª edición. Buenos Aires. Hemisferio Sur. 80p
3. Cervantes Carlos A.2003. Manual de Laboratorio de Edafología. Tercera Edición. Imprenta Nacional. 77p
4. Clark, A. 2000. Fertilización orgánica. Manual técnico IICA- CLUSA. San Salvador, El Salvador. 13-45 P.
5. CRISTALES, O. 2000. Módulo de capacitación de la Lombricultura. Fundación ABA. San Salvador, El Salvador. 15-58
6. Díaz, D. y otros. 2009. DINÁMICA DEL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DELA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*Eisenia foetida* .) EN CUATRO SUSTRATOS A BASE DE ESTIÉRCOL BOVINO.17p
7. Durán, L. 2006. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA, FÍSICA Y MICROBIOLÓGICA DE VERMICOMPOSTES PRODUCIDOS A PARTIR DE CINCO SUSTRATOS ORGÁNICOS. Universidad de los Andes, Trujillo, Venezuela. 12p

8. Fraire Sierra, L. 2008. EVALUACIÓN DE LA LOMBRIZ *Eisenia foetida* EN CUATRO SUSTRATOS ORGÁNICOS EN EL CENTRO, TABASCO.
<http://www.itzonaolmeca.edu.mx/difusion/INV4.PDF>
9. Ferruzi C. 1987. Manual de Lombricultura. Madrid. España. Mundi-Prensa. 138 p.
10. Homer Chapman.1973. Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. Trillas. 195p.
11. Horwitz W.2000, Official Methods of Analysis of AOAC International. 17 th Edition 500.
12. Nason, A. 1968. Biología trad. Juan Luis Cifuentes. Limusa. México. 416-420 P.
13. Santillan, R. 1997. Curso taller de agricultura orgánica; manual de Lombricultura. Zamorano, Honduras. 37 P.
14. Schuldt, M. 2007. Lombricultura, desarrollo y adaptación a diferentes condiciones de terperie. Revista Electrónica Veterinaria. Volumen III. Provincia de Santa Cruz. 1(1): 10.
15. Taithfull N. T. 2005. Metodos de Análisis Químico Agrícola. Acribia S. A. Primera Edición 2005. 295P.
16. Tineo, B. 1994. Crianza y manejo de la lombriz con fines agrícolas. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 18 P.

ANEXOS

ANEXO N°1.



COLORES	SIGNIFICADO
Celeste	Estiércol de cabra (T ₁)
Rojo	Estiércol de Conejo (T ₂)
Verde	Estiércol de Bovino(T ₃)
Morado	Papel periódico (T ₄)

FIGURA N°11. IDENTIFICACION Y DISTRIBUCION DE TRATAMIENTOS EN EL CAMPO.

ANEXOS Nº 2
METODOLOGIAS DE ANALISIS FISICOQUIMICO

Determinación de Materia Orgánica₁₁

Determinación de cenizas

Materiales y equipo

Material

- Crisoles de porcelana
- Pinzas para crisol
- Bandeja metálica
- Micro espátula.

Equipo

- Balanza analítica
- Estufa de vacío
- Mufla

Procedimiento:

- Tarar crisoles a peso constante calentando a 105°C por 5h enfriar y pesar.
- Pesar 1.0g de muestra previamente secada a 105°C
- Calcinar 550°C por 5 horas
- Enfriar en desecador y pesar,

Cálculos:

Fórmula:

$$\% \text{cenizas} = \frac{(\text{Crisol con ceniza} - \text{Crisol vacío})}{W} * 100$$

W

W = Peso de la muestra en gramos

%MO= 100 - % De Cenizas.

Determinación de Carbono total₁₀

Carbono total = % Materia Orgánica / 1.75.

Determinación de Porcentaje de Humedad ₁₀

Materiales y equipo

Material

- Cajas metálicas
- Pinzas para crisol
- Bandeja metálica
- Micro espátula.

Equipo

- Balanza analítica
- Estufa de vacío

Procedimiento:

- Tarar crisoles a peso constante calentando a 105°C por 1h enfriar y pesar.
- Pesar 5.0g de muestra y colocar en estufa a 105°C por 24h
- Enfriar en desecador por 1h y pesar,

$$\%H = \frac{(\text{Peso de caja + Muestra Húmeda}) - (\text{Peso de Caja + muestra Seca})}{(\text{Peso de Caja + Muestra Humedad})} * 100$$

%H= Porcentaje de Humedad.

Determinación de pH ₁₁

Reactivos

Solución Buffer de aftarato Potásico de pH= 4, 7, 10

Agua destilada fría libre de CO₂

Materiales y equipo

Material

- Beaker 100ml

Equipo

- Balanza Semianalitica

-Agitadores

-pH-metro

Probeta de 100ml

-Bandeja metálica

-Micro espátula

Procedimiento:

- Pesar 3.0g de muestra en Beaker de 100ml.
- Adicionar 50 ml de Agua.
- Dejar Reposar por 30 minutos.
- Agitar ocasionalmente.
- Calibrar el pH- metro (utilizando el siguiente orden con los buffer (4, 7,10).
- Introducir el electrodo en la solución.
- Esperar que aparezca en la pantalla La lectura.

Temperatura ₂

Equipo

Termómetro

Procedimiento:

- Colocar el termómetro en 5 puntos estratégicos (Esquinas de cajas y centro),
- Dejar reposar por 5 minutos y tomar la lectura.

Determinación de Nitrógeno Total ¹¹

Reactivos: Kelpack u Oxido de Mercurio (HgO) y Sulfato de Potasio (K₂SO₄), Acido Salicílico, Acido Sulfúrico, Granallas de Zinc, o Perlas de Ebullición. Tiosulfato de Sodio 8%, Hidróxido de Sodio 50%, Acido Bórico 4%, Indicador mixto.

Cristalería y Materiales: Pipeta Volumétrica de 25 ml, Balones Kjeldahl de 800ml, Erlenmeyer de 500ml, Bureta de 50 ml, Probeta de 50, 100, 200ml; Papel Glassine, Papel Filtro, Espátula.

Equipo:

Equipo para destilar y digerir Kjeldahl

Balanza Analítica

Balanza Granataria

Procedimiento:

- Pesar la cantidad de 1.0g de muestra en papel filtro.
- Colocar la muestra en el balón Kjeldahl.
- Agregar un Kelpack(0.2g de HgO Y 10 g de K₂SO₄), 1g de acido Salicílico y 40 ml de acido sulfúrico concentrado.
- Mezclar y digerir hasta que la solución clarifique (más o menos 2 horas).
- Enfriar. Agregar 200 ml de agua destilada, unas granallas de zinc o Perlas de ebullición, 25ml de tiosulfato de sodio 8% y 100 ml de Hidróxido de sodio 50%.
- Destilar recogiendo en 50ml de acido bórico 4%, usando como

- Indicador 3 – 5 gotas de indicador mixto.
- Destilar 150ml.
- Titular con ácido sulfúrico 0.1N, hasta viraje del indicador.
- Cálculos:

$$\%N = \frac{\text{ml gastado de H}_2\text{SO}_4 \times 0.01400 \times 100}{\text{Peso de muestra}}$$

Peso de muestra

DETERMINACION DE FOSFORO ₃

Preparación de muestra:

- Pesar 5.0g de vermiabono (secado al aire y que se ha cernido por un tamiz de 2mm)
- Colocar en un erlenmeyer de 125ml
- Añadir 200mg de Carbón Dargo G-60
- Agregar 25ml de Solución EXTRACTORA
- Agitar durante 10 ó 5 minutos con agitador de movimientos recíprocos que funciona a 180 vaivenes por minuto
- Filtrar a través de papel filtro

El filtrado obtenido puede usarse para la determinación de fosforo y potasio.

¹⁶Determinación espectrofotométrica de fosforo

Reactivos: Acido Sulfúrico 10N, Molibdato de amonio 5%, Vanadato de amonio 0.25%, Reactivo vanadato- Molibdico, Solución concentrada de fosforo (80µg/ml).

Cristalería y Materiales: Balones Volumétricos de 100ml, Beaker de 100ml, Bureta de 50ml, Gotero de vidrio, Pipeta volumétrica de 2 y 5 ml, Tubos de ensayo, Pinza para bureta, Soporte metálico, Gradilla para tubos.

Equipo: Espectrofotómetro, Celdas para espectrofotómetro.

Procedimiento.

a) Preparación de estándares.

- Pipetear en balones volumétricos de 100 ml los volúmenes de solución concentrada de fosforo que se indican abajo. Agregar 4ml de ácido sulfúrico 10N y aforar volumen con agua destilada.

TABLA N° 27. PREPARACIÓN DE ESTÁNDARES

Volúmenes de solución Concentrada de fosforo (ml)	<u>µg de fosforo</u> ml de solución
0	0
5	4
10	8
15	12
20	16

- Preparación de las muestra y de los estándares para realizar las lecturas.
- Pipetear en un tubo de ensayo 5ml de solución madre.
- Pipetear en otros tubos de 2 ml de reactivo vanadato - molibdico. Tapar

con tapón de hule y agitar inmediatamente durante 30 segundos. El color amarillo que se desarrolla es estable durante varias horas.

- Dejar en reposo durante 15 minutos.
- Transferir la muestra y los estándares a celdas del espectrofotómetro.
- leer a una longitud de onda de 420 nm.
- Usar agua como referencia para calibrar el equipo (100% transmitancia)
- Trazar una curva de calibración con las lecturas del 1% de transmitancia de las soluciones estándares de fosforo.

Cálculos.

$$\text{PPm de P} = \frac{\text{ppm leídos en curva}}{\text{Factor de dilución}} \times 100$$

Factor de dilución

Determinación de Potasio₁₀

Preparación de la muestra.

- Pesar 1.0g de muestra.
- Transferir a un Beaker de capacidad 150ml
- Adicionar 10 ml de Acido Clorhídrico y calentar la solución hasta resequedad.
- Disolver el residuo con HCL 2N, Calentar suavemente, filtrar y recibir en frasco volumétrico de 100ml.
- Medir la solución por fotómetro de llama a una longitud de onda de 766.5nm, Flama de Aire acetileno. La solución stock a utilizar es KCL 0.1N.

$\%P = \frac{\text{PPm Leídas en curva} \times 100}{\text{FD}}$

FD

PPm = Partes por millón

FD= Factor de dilución

ANEXOS N°3.

Tabla N°28. Composición Química del Humus de Lombriz ⁽⁵⁾

DETERMINACION	PORCENTAJE
Humedad	30 - 60%
pH	6.8 - 7.2
Nitrógeno	1 - 2.6%
Fosforo	2 - 8%
Potasio	1 - 2.5%
Calcio	2 - 8%
Magnesio	1 - 2.5%
Materia Orgánica	30 - 70%
Carbono Orgánico	14 - 30%
Ácidos Fulvicos	14 - 30%
Ácidos Humicos	2.8 - 5.8%
Sodio	0.02%
Cobre	0.05%
Hierro	0.02%
Manganeso	0.006%
Relación C/N	10 -11%

TABLA N°29. RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO

BLOQUE	TRATAMIENTO	pH	%H	Nitrógeno Total	Potasio Total	Fosforo Total	Materia orgánica	Carbono Total	Relación C/N
T ₁	1	8.35	11.01%	0.96%	0.46%	0.84%	59.90	34.22%	35.63
	2	8.34	11.06%	0.98%	0.47%	0.86%	59.88%	34.22%	35.69
	3	8.30	11.04%	0.94%	0.45%	0.88%	59.86%	34.22%	35.63
T ₂	1	8.81	6.42%	0.78%	0.60%	0.65%	54.77%	31.29%	40.13
	2	8.81	5.42%	0.77%	0.65%	0.60%	54.78%	31.30%	40.13
	3	8.70	4.32%	0.76%	0.55%	0.55%	54.79%	31.30%	40.13
T ₃	1	8.78	10.82%	1.42%	1.01%	0.75%	59.86%	32.04%	22.55
	2	8.73	11.25%	1.43%	1.04%	0.77%	59.90%	32.04%	22.56
	3	8.75	12.00%	1.41%	1.07%	0.79%	59.88%	31.98%	22.54
T ₄	1	7.4	11.04%	0.48%	0.09%	0.11%	87.21%	49.84%	108.32
	2	7.42	10.65%	0.46%	0.08%	0.12%	87.21%	49.81%	108.35
	3	7.54	10.24%	0.44%	0.07%	0.13%	87.21%	49.84%	108.32

SIMBOLO	TRATAMIENTO
T ₁	Estiércol de Cabra
T ₂	Estiércol de Conejo
T ₃	Estiércol de Bovino
T ₄	Papel Periódico

ANEXO N°4.

TABLA N°30. CONDICIONES BÁSICAS PARA EL DESARROLLO DE LOMBRICULTIVO.

EFFECTO	MUERTE	LETARGO	PRODUCE HUMUS	FASE ÓPTIMA	PRODUCE HUMUS	LETARGO	MUERTE
pH	< 5	6.5	6.8	7.5	8	8.5	>9
Temperatura	0	7	14	19-20	27	33	>42
Humedad	<50	75	80	82.5	85	88	>90

ANEXO N°5.

**PROCEDIMIENTO DE USO DEL PROGRAMA ESTADISTICO
MSTAT**

Paquete MSTAT C

Los pasos a ejecutar para el aprendizaje del paquete estadístico computarizado MSTATC; en el análisis estadístico de una o varias poblaciones de datos son los siguientes:

1) Ubicarse en el programa MSTATC, y activarlo dando 2 click. apareciendo posteriormente en pantalla lo siguiente:

El ayudante de datos

E Crear/editar/transformar datos

L Listar archivo de datos

T Terminar (salir del programa)

2) Activar la función **E** crear /editar transformar; al activar esta función tendrá en pantalla lo siguiente:

Crear/editar/transformar archivos

Nombre del archivo de datos deseados: acá ponga las primeras letras de sus nombres y apellidos, agregando la extensión “**dex**” y luego dar enter, al dar esta instrucción en la parte inferior de la pantalla le aparecerá el siguiente mensaje:

Archivo no encontrado, desea crearlo (**s, n**) teclee **s**. título descriptivo de archivo: acá ponga eval de 4 sustratos

Número de variables en el archivo: acá ponga 32;

Número de casos en el archivo: acá ponga 20; pulsando luego la tecla **f10**.

Cuando usted allá completado estas instrucciones le aparecerá en pantalla lo siguiente:

Nombre de la variable 1: usted pondrá rep

Descripción de la variable: usted pondrá repeticiones

Número de decimales de la variable: ponga **0**, luego teclee **f10**, después de esta última instrucción aparecerá en pantalla lo siguiente:

Nombre de la variable 2: usted pondrá tra

Descripción de la variable: usted pondrá tratamientos

Número de decimales de la variable: ponga **0**, luego teclee f10, después de esta última instrucción le aparecerá nuevamente en pantalla lo siguiente:

Nombre de la variable 3: usted pondrá gadepe

Descripción de la variable: temp.

Número de decimales de la variable: ponga 3, luego teclee f10, después de esta última instrucción, le aparecerá en pantalla lo siguiente:

Tabla N° 31. Matriz de ordenamiento de datos en el programa
MSTAT

	REP	TRA	TEMP
1			
2			
3			

f1- ayudante f4 - transformar f9- salvar datos f10- terminar.

Para llenar este cuadro usted deberá respetar la matriz que usted elabore para ordenar sus datos; para este caso será la siguiente:

Tabla N° 32. Ordenamiento previo de los datos

repetición tratamiento	1	2	3	4	5
T ₁	27.1	26.2	26.2	27.1	27.0
T ₂	25.6	26.8	26.8	27.0	26.9
T ₃	26.4	27.1	27.1	26.6	26.9
T ₄	27.1	27.5	27.5	27.2	27.2

Por lo tanto el ordenamiento de sus datos será, primero todos aquellos datos pertenecientes a la repetición 1, luego las de la repetición 2; así sucesivamente hasta completar la información. Quedando su tabla de datos de la forma siguiente:

Tabla N°33. Inclusión de datos en el sistema MSTAT C

	REP	TRA	TEMP
1	1	1	27.1
2	1	2	25.6
3	1	3	26.4
4	1	4	27.1
5	2	1	26.2
6	2	2	26.8
7	2	3	27.1
8	2	4	27.5
.	.	.	.
.	.	.	.
20	5	4	27.2

Después de introducir este último dato teclee f10, hasta este momento lo que usted ha hecho es crear su archivo por lo que su siguiente instrucción a digitar será “t” terminar (salir del programa). Una vez creado su archivo, el paso siguiente será: en escritorio.

3) Ubicarse en el programa **MSTAT C** y activarlo dando 2 click. una vez dada esta instrucción, le aparecerá un menú de aproximadamente 50 funciones , ubicándose en la instrucción file, que es el numeral 20, la cual consiste en llamar el archivo creado; usted dará la instrucción siguiente: open enter, c:/el nombre de su archivo, luego enter y luego click.

Posteriormente se ubicará en la instrucción anova 2; luego teclear enter, posteriormente se le solicitara la información siguiente:

Definir variable independiente (tratamientos), acá digite el numero 2 y teclee enter; luego digite 1 (nivel más bajo de tratamientos); luego digite 4 (nivel más alto de tratamientos); y presione enter.

Luego le preguntara si desea las medias de tratamientos. Usted tecleara “y.”

Luego se le preguntara si el número de casos es 20 responda “y” y teclee enter.

luego se le pedirá que defina la variable dependiente, sombreando con la barra espaciadora temperatura, y luego teclear enter.

Luego se le preguntara si desea las medidas de sus tratamientos ponga “y.”

Luego se le preguntara si desea la prueba de contrastes ortogonales,
responda **“n”**.

Luego se le preguntara si desea ver los resultados, imprimirlos, etc.

Responda primero **“view”**, luego **“print”**.

ANEXOS N°6.
TOMA DE DATOS

TABLA N° 34. MEDICIÓN DE TEMPERATURA A LA SEMANA 1.

BLOQUE TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	\bar{y}
T ₁	27.10	26.20	26.20	27.10	27.00	26.72
T ₂	25.60	26.80	26.80	27.00	26.90	26.62
T ₃	26.40	27.10	27.10	26.60	26.90	26.82
T ₄	27.10	27.50	27.50	27.20	27.20	27.30

TABLA N° 35. MEDICIÓN DE pH A LA SEMANA 1.

BLOQUE TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	\bar{y}
T ₁	8.07	8.18	8.12	8.01	8.15	8.11
T ₂	8.09	8.28	8.03	8.23	8.17	8.16
T ₃	8.50	8.57	8.38	8.52	8.45	8.48
T ₄	7.70	8.52	7.79	7.67	7.94	7.92

TABLA N° 36. MEDICIÓN DEL PORCENTAJE HUMEDAD A LA SEMANA 1.

BLOQUE TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	\bar{y}
T ₁	75.00	72.00	64.00	75.00	74.00	72.00
T ₂	75.00	73.00	69.00	65.00	74.00	71.20
T ₃	53.00	70.00	87.00	78.00	74.00	72.40
T ₄	76.00	90.00	74.00	83.00	89.00	82.40

TABLA N° 37. MEDICIÓN DE TEMPERATURA A LA SEMANA 2.

BLOQUE TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	\bar{y}
T ₁	27.90	27.50	27.80	27.60	28.10	27.78
T ₂	27.60	27.60	27.10	27.90	27.80	27.60
T ₃	27.60	27.60	28.10	27.90	28.50	27.94
T ₄	27.40	280	28.00	28.10	28.70	28.04

TABLA N° 38. MEDICIÓN DE pH A LA SEMANA 2.

BLOQUE TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	ȳ
T ₁	7.70	7.79	7.96	8.18	8.13	7.95
T ₂	7.76	7.67	7.90	8.26	8.05	7.93
T ₃	8.09	8.08	7.40	8.52	8.43	8.10
T ₄	7.47	7.68	8.20	8.21	7.82	7.88

TABLA N° 39. MEDICIÓN DEL PORCENTAJE HUMEDAD A LA SEMANA 2.

BLOQUE TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	ȳ
T ₁	75.00	74.00	74.00	84.00	76.00	76.60
T ₂	72.00	74.00	88.00	62.00	75.00	74.20
T ₃	79.00	79.00	69.00	81.00	78.00	77.20
T ₄	71.00	82.00	80.00	80.00	83.00	79.20

TABLA N° 40. MEDICIÓN DE TEMPERATURA A LA SEMANA 3.

BLOQUE TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	ȳ
T ₁	26.70	26.30	26.40	27.10	27.60	26.82
T ₂	16.40	26.40	26.40	27.60	27.20	24.80
T ₃	25.00	26.30	26.70	24.10	27.30	25.88
T ₄	26.20	26.70	26.00	27.00	27.50	26.68

TABLA N° 41. MEDICIÓN DE pH A LA SEMANA 3.

BLOQUE TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	ȳ
T ₁	8.10	8.07	8.25	8.17	8.12	8.14
T ₂	8.22	8.13	8.04	8.25	8.12	8.15
T ₃	8.20	8.41	8.47	8.46	8.30	8.37
T ₄	7.41	7.69	7.74	7.06	7.67	7.51

TABLA N° 42. MEDICIÓN DEL PORCENTAJE HUMEDAD A LA SEMANA 3.

BLOQUE TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	\bar{y}
T ₁	74.00	72.00	71.00	72.00	72.00	72.20
T ₂	72.00	72.00	73.00	70.00	70.00	71.40
T ₃	77.00	77.00	76.00	76.00	76.00	76.40
T ₄	80.00	80.00	80.00	81.00	81.00	80.40

TABLA N°43. MEDICIÓN DE TEMPERATURA A LA SEMANA 4.

BLOQUE TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	\bar{y}
T ₁	28.90	28.80	28.60	28.60	28.60	28.7
T ₂	28.80	28.40	28.30	28.30	28.30	28.42
T ₃	28.50	28.30	28.00	28.00	28.00	28.16
T ₄	28.50	29.00	28.10	28.10	28.10	28.36

TABLA N° 44. MEDICIÓN DE pH A LA SEMANA 4.

BLOQUE TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	\bar{y}
T ₁	8.54	8.58	8.44	8.34	7.59	8.30
T ₂	8.58	8.78	8.67	8.43	8.30	8.55
T ₃	8.74	8.81	8.87	8.45	8.60	8.70
T ₄	7.99	7.85	7.91	7.60	7.50	7.77

TABLA N°45. MEDICIÓN DEL PORCENTAJE HUMEDAD A LA SEMANA 4.

BLOQUE TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	\bar{y}
T ₁	71.00	73.00	75.00	74.00	74.00	73.40
T ₂	67.00	72.00	77.00	73.00	73.00	72.40
T ₃	79.00	98.00	78.00	75.00	71.00	80.20
T ₄	84.00	84.00	79.00	82.00	83.00	82.40

TABLA N° 46. MEDICIÓN DE TEMPERATURA A LA SEMANA 5.

BLOQUE TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	ȳ
T ₁	29.10	28.20	28.40	28.50	28.80	28.6
T ₂	28.90	28.40	28.40	28.50	28.20	28.48
T ₃	28.10	27.80	28.40	28.30	28.00	28.12
T ₄	28.10	28.30	28.80	28.60	28.10	28.38

TABLA N° 47. MEDICIÓN DE pH A LA SEMANA 5.

BLOQUE TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	ȳ
T ₁	8.26	8.42	8.36	8.34	8.26	8.33
T ₂	8.33	8.55	8.42	8.37	8.41	8.42
T ₃	8.58	8.72	8.80	8.80	8.62	8.70
T ₄	7.61	7.60	7.77	7.80	7.74	7.70

TABLA N° 48. MEDICIÓN DEL PORCENTAJE HUMEDAD A LA SEMANA 5.

BLOQUE TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	ȳ
T ₁	76.00	75.00	74.00	73.00	76.00	74.8
T ₂	73.00	74.00	76.00	71.00	73.00	73.40
T ₃	78.00	75.00	76.00	74.00	75.00	75.60
T ₄	81.00	80.00	84.00	79.00	83.00	81.40

TABLA N° 49. MEDICIÓN DE TEMPERATURA A LA SEMANA 6.

BLOQUE TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	ȳ
T ₁	27.50	27.30	27.20	27.30	27.50	27.36
T ₂	26.90	27.60	27.20	27.30	27.20	27.24
T ₃	27.40	27.60	27.10	27.20	27.30	27.32
T ₄	27.20	28.00	27.30	27.10	27.20	27.36

TABLA N° 50. MEDICIÓN DE pH A LA SEMANA 6.

BLOQUE TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	ȳ
T ₁	8.19	8.34	8.35	8.73	8.61	8.44
T ₂	8.24	8.43	8.43	8.76	8.59	8.49
T ₃	8.55	8.64	8.66	8.93	8.76	8.71
T ₄	7.64	7.69	7.64	7.53	7.78	7.66

TABLA N° 51. MEDICIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD LA SEMANA 6.

BLOQUE TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	ȳ
T ₁	71.00	72.00	75.00	75.00	74.00	73.40
T ₂	75.00	72.00	75.00	73.00	71.00	73.20
T ₃	76.00	74.00	76.00	75.00	75.00	75.20
T ₄	82.00	64.00	82.00	81.00	86.00	79.00

TABLA N°52. MEDICIÓN DE TEMPERATURA A LA SEMANA 7.

BLOQUE TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	ȳ
T ₁	25.00	25.00.	25.00	25.00	25.00	25.00
T ₂	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
T ₃	25.40	25.00	25.30	25.90	25.00	25.32
T ₄	25.80	25.40	25.40	25.80	25.80	25.64

TABLA N°53. MEDICIÓN DE pH A LA SEMANA 7.

BLOQUE TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	ȳ
T ₁	8.42	8.45	8.23	8.46	8.35	8.38
T ₂	8.21	8.42	8.51	8.51	8.31	8.39
T ₃	8.62	8.45	8.65	8.74	8.25	8.54
T ₄	7.36	7.45	7.51	7.59	7.52	7.49

TABLA N° 54. MEDICIÓN DEL PORCENTAJE HUMEDAD A LA SEMANA 7.

BLOQUE TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	\bar{y}
T ₁	69	69	68	70	70	69.20
T ₂	66	65	69	67	60	65.40
T ₃	72	70	72	72	68	70.80
T ₄	83	79	80	78	80	80.00

TABLA N°55. MEDICIÓN DE TEMPERATURA A LA SEMANA 8.

BLOQUE TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	\bar{y}
T ₁	22.60	24.60	21.00	25.00	17.10	22.06
T ₂	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
T ₃	25.00	25.00	25.00	21.00	25.00	24.20
T ₄	25.10	25.10	26.10	25.00	25.00	25.26

TABLA N°56. MEDICIÓN DE pH A LA SEMANA 8.

BLOQUE TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	\bar{y}
T ₁	8.34	8.37	8.12	8.34	8.48	8.33
T ₂	8.10	8.34	8.51	8.60	8.06	8.32
T ₃	8.48	8.87	8.84	8.85	8.47	8.70
T ₄	7.66	7.85	7.67	7.63	7.54	7.67

TABLA N°57. MEDICIÓN DEL PORCENTAJE HUMEDAD A LA SEMANA 8.

BLOQUE TRATAMIENT	1	2	3	4	5	\bar{y}
T ₁	74.00	70.00	70.00	74.00	74.00	72.40
T ₂	71.00	65.00	70.00	68.00	69.00	68.60
T ₃	75.00	74.00	76.00	74.00	71.00	74.00
T ₄	80.00	82.00	82.00	79.00	81.00	80.80

TABLA N° 58. CUANTIFICACIÓN DE LOMBRICES MENORES DE 3 Cm

BLOQUE TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	ȳ
T ₁	282	52	2	102	77	103
T ₂	2	2	2	2	2	2
T ₃	72	167	92	2	52	77
T ₄	62	37	157	87	32	75

TABLA N°59. CUANTIFICACIÓN DE LOMBRICES DE 3 – 5 Cm.

BLOQUE TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	ȳ
T ₁	2	17	2	2	2	5
T ₂	2	37	92	112	2	49
T ₃	2	37	32	37	210	64
T ₄	2	12	12	7	87	24

TABLA N° 60. CUANTIFICACIÓN DE LOMBRICES MAYORES DE 5 cm.

BLOQUE TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	ȳ
T ₁	322	102	117	77	302	184
T ₂	597	227	172	2	112	222
T ₃	87	187	132	252	102	152
T ₄	162	172	1607	252	107	460

TABLA N° 61. CUANTIFICACIÓN DE NUMERO DE HUEVOS.

BLOQUE TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	ȳ
T ₁	317	67	222	207	2	163
T ₂	197	42	22	27	27	63
T ₃	27	22	32	127	92	60
T ₄	12	52	102	7	32	41

TABLA N° 62. CUANTIFICACIÓN DEL RENDIMIENTO DE VERMIABONO.

BLOQUE TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	\bar{y}
T ₁	32.00	31.00	33.00	32.00	31.00	31.8
T ₂	32.00	32.00	31.00	31.00	32.00	31.6
T ₃	33.00	30.00	33.00	31.00	32.00	31.8
T ₄	31.00	33.00	31.00	31.00	31.00	31.4

TABLA N° 63. CUANTIFICACIÓN DE LOS DÍAS DE ESTABILIZACIÓN.

BLOQUE TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	\bar{y}
T ₁	60.00	60.00	64.00	64.00	64.00	62.4
T ₂	64.00	60.00	60.00	64.00	64.00	62.4
T ₃	67.00	67.00	71.00	67.00	71.00	68.6
T ₄	74.00	78.00	74.00	74.00	78.00	75.6

TABLA N° 64. PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE LOS DIFERENTES SUSTRATOS EVALUADOS.

SUSTRATO	RANGO DE RENDIMIENTO (OZ)	PROMEDIO	PORCENTAJE (%)
ESTIÉRCOL DE CABRA	31-33	31.8	79.5
ESTIÉRCOL DE CONEJO	31-32	31.6	79.0
ESTIÉRCOL DE BOVINO	30-33	31.8	79.5
PAPEL PERIÓDICO	31-33	31.4	78.5

ANEXO N°7.

TABLAS DE ANALISIS DE VARIANZA

TABLA N° 65. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE TEMPERATURA, MEDICIÓN A LA SEMANA 1.

F. de V.	G.L.	S. C.	C.M.	F.C.	Probabilidad
BLOQUES	4	0.53	0.132	0.71	0.6015
TRATAMIENTO	3	1.36	0.454	2.44	0.1152
ERR. EXP	12	2.24	0.186		

TABLA N° 66. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE pH, MEDICIÓN A LA SEMANA 1.

F. de V.	G.L.	S. C.	C.M.	F.C.	Probabilidad
BLOQUES	4	0.00	0.000	2.44	0.1038
TRATAMIENTO	3	0.00	0.001	11.22	0.0008
ERR. EXP	12	0.00	0.000		

TABLA N° 67. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE PORCENTAJE DE HUMEDAD, MEDICIÓN A LA SEMANA 1.

F. de V.	G.L.	S. C.	C.M.	F.C.	Probabilidad
BLOQUES	4	0.42	0.105	0.62	0.6580
TRATAMIENTO	3	0.84	0.279	1.64	0.2332
ERR. EXP	12	2.05	0.170		

TABLA N° 68. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE TEMPERATURA, MEDICIÓN A LA SEMANA 2.

F. de V.	G.L.	S. C.	C.M.	F.C.	Probabilidad
BLOQUES	4	0.00	0.000	3.52	0.0401
TRATAMIENTO	3	0.00	0.000	2.39	0.1193
ERR. EXP	12	0.00	0.000		

TABLA N° 69. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE pH, MEDICIÓN A LA SEMANA 2.

F. de V.	G.L.	S. C.	C.M.	F.C.	Probabilidad
BLOQUES	4	0.00	0.001	2.98	0.0634
TRATAMIENTO	3	0.00	0.000	0.72	0.5576
ERR. EXP	12	0.00	0.000		

TABLA N° 70. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE
PORCENTAJE DE HUMEDAD, MEDICIÓN A LA SEMANA 2.

F. de V.	G.L.	S. C.	C.M.	F.C.	Probabilidad
BLOQUES	4	0.00	0.000	0.19	0.9409
TRATAMIENTO	3	0.00	0.001	0.51	0.6828
ERR. EXP	12	0.02	0.002		

TABLA N° 71. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE
TEMPERATURA, MEDICIÓN A LA SEMANA 3.

F. de V.	G.L.	S. C.	C.M.	F.C.	Probabilidad
BLOQUES	4	33.42	8.354	1.54	0.2539
TRATAMIENTO	3	12.91	4.302	0.79	0.5221
ERR. EXP	12	65.29	5.441		

TABLA N° 72. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE pH,
MEDICIÓN A LA SEMANA 3.

F. de V.	G.L.	S. C.	C.M.	F.C.	Probabilidad
BLOQUES	4	0.00	0.000	0.47	0.7537
TRATAMIENTO	3	0.07	0.022	22.74	0.0000
ERR. EXP	12	0.01	0.001		

TABLA N° 73. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE
PORCENTAJE DE HUMEDAD, MEDICIÓN A LA SEMANA 3.

F. de V.	G.L.	S. C.	C.M.	F.C.	Probabilidad
BLOQUES	1	2.80	0.700	0.72	0.5921
TRATAMIENTO	3	259.40	86.467	89.45	0.0000
ERR. EXP	12	11.60	0.967		

TABLA N° 74. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE
TEMPERATURA, MEDICIÓN A LA SEMANA 4.

F. de V.	G.L.	S. C.	C.M.	F.C.	Probabilidad
BLOQUES	4	0.77	0.193	6.84	0.0042
TRATAMIENTO	3	0.75	0.249	8.80	0.0023
ERR. EXP	12	0.34	0.028		

TABLA N° 75. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE pH,
MEDICIÓN A LA SEMANA 4.

F. de V.	G.L.	S. C.	C.M.	F.C.	Probabilidad
BLOQUES	4	0.78	0.195	7.33	0.0032
TRATAMIENTO	3	2.48	0.827	31.14	0.0000
ERR. EXP	12	0.32	0.32	0.027	

TABLA N° 76. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE
PORCENTAJE DE HUMEDAD MEDICIÓN A LA SEMANA 4.

F. de V.	G.L.	S. C.	C.M.	F.C.	Probabilidad
BLOQUES	4	118.80	29.700	0.91	0.4912
TRATAMIENTO	3	367.40	122.467	3.73	0.0418
ERR. EXP	12	393.60	32.800		

TABLA N° 77. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE
TEMPERATURA, MEDICIÓN A LA SEMANA 5.

F. de V.	G.L.	S. C.	C.M.	F.C.	Probabilidad
BLOQUES	4	0.42	0.104	1.29	0.3267
TRATAMIENTO	3	0.63	0.209	2.59	0.1015
ERR. EXP	12	0.97	0.081		

TABLA N°78. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE pH,
MEDICIÓN A LA SEMANA 5.

F. de V.	G.L.	S. C.	C.M.	F.C.	Probabilidad
BLOQUES	4	0.06	0.015	2.82	0.0734
TRATAMIENTO	3	2.66	0.887	169.13	0.0000
ERR. EXP	12	0.06	0.005		

TABLA N°79. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE
PORCENTAJE DE HUMEDAD, MEDICIÓN A LA SEMANA 5.

F. de V.	G.L.	S. C.	C.M.	F.C.	Probabilidad
BLOQUES	4	25.70	6.425	3.72	0.0341
TRATAMIENTO	3	185.80	61.933	35.90	0.0000
ERR. EXP	12	20.70	1.725		

TABLA N° 80. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE TEMPERATURA, MEDICIÓN A LA SEMANA 6.

F. de V.	G.L.	S. C.	C.M.	F.C.	Probabilidad
BLOQUES	4	0.49	0.122	2.83	0.0729
TRATAMIENTO	3	0.05	0.016	0.37	0.7751
ERR. EXP	12	0.52	0.043		

TABLA N°81. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE pH, MEDICIÓN A LA SEMANA 6.

F. de V.	G.L.	S. C.	C.M.	F.C.	Probabilidad
BLOQUES	4	0.00	0.000	4.74	0.0159
TRATAMIENTO	3	0.01	0.003	78.00	0.0000
ERR. EXP	12	0.00	0.000		

TABLA N° 82. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE PORCENTAJE DE HUMEDAD, MEDICIÓN A LA SEMANA 6.

F. de V.	G.L.	S. C.	C.M.	F.C.	Probabilidad
BLOQUES	4	0.00	0.000	0.77	0.5646
TRATAMIENTO	3	0.01	0.004	29.59	0.0000
ERR. EXP	12	0.00	0.000		

TABLA N° 83. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE TEMPERATURA, MEDICIÓN A LA SEMANA 7.

F. de V.	G.L.	S. C.	C.M.	F.C.	Probabilidad
BLOQUES	4	0.00	0.001	1.53	0.2549
TRATAMIENTO	3	0.01	0.005	9.97	0.0014
ERR. EXP	12	0.01	0.000		

TABLA N° 84. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE pH, MEDICIÓN A LA SEMANA 7.

F. de V.	G.L.	S. C.	C.M.	F.C.	Probabilidad
BLOQUES	4	0.11	0.027	1.84	0.1857
TRATAMIENTO	3	3.48	1.161	78.87	0.0000
ERR. EXP	12	0.18	0.015		

TABLA N° 85. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE
PORCENTAJE DE HUMEDAD, MEDICIÓN A LA SEMANA 7.

F. de V.	G.L.	S. C.	C.M.	F.C.	Probabilidad
BLOQUES	4	24.30	6.0.75	1.44	0.2793
TRATAMIENTO	3	575.75	191.917	45.60	0.0000
ERR. EXP	12	50.50	4.208		

TABLA N° 86. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE
TEMPERATURA, MEDICIÓN A LA SEMANA 8.

F. de V.	G.L.	S. C.	C.M.	F.C.	Probabilidad
BLOQUES	4	0.00	0.001	0.62	0.6545
TRATAMIENTO	3	0.01	0.004	2.52	0.1070
ERR. EXP	12	0.02	0.002		

TABLA N° 87. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE pH,
MEDICIÓN A LA SEMANA 8.

F. de V.	G.L.	S. C.	C.M.	F.C.	Probabilidad
BLOQUES	4	0.19	0.047	1.70	0.2137
TRATAMIENTO	3	2.76	0.920	33.13	0.0000
ERR. EXP	12	0.33	0.028		

TABLA N° 88. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE
PORCENTAJE DE HUMEDAD MEDICIÓN A LA SEMANA 8.

F. de V.	G.L.	S. C.	C.M.	F.C.	Probabilidad
BLOQUES	4	11.70	2.925	0.71	0.6011
TRATAMIENTO	3	389.75	129.917	31.49	0.0000
ERR. EXP	12	49.50	4.125		

TABLA N° 89. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE
LOMBRICES MENORES DE 3 cm MEDICIÓN EN EL
PERIODO 60-78 DÍAS DE HABER MONTADO EL
EXPERIMENTO.

F. de V.	G.L.	S. C.	C.M.	F.C.	Probabilidad
BLOQUES	4	9717.50	2429.375	0.48	0.7501
TRATAMIENTO	3	28273.75	9424.583	1.86	0.1898
ERR. EXP	12	60732.50	5061.042		

TABLA N° 90. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE LOMBRICES DE LONGITUD DE 3-5 cm MEDICIÓN EN EL PERIODO 60-78 DÍAS DE HABER MONTADO EL EXPERIMENTO.

F. de V.	G.L.	S. C.	C.M.	F.C.	Probabilidad
BLOQUES	4	2.93	0.733	2.04	0.1531
TRATAMIENTO	3	2.58	0.860	2.39	0.1201
ERR. EXP	12	4.32	0.360		

TABLA N° 91. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE LOMBRICES MAYORES DE 5 cm MEDICIÓN EN EL PERIODO 60-78 DÍAS DE HABER MONTADO EL EXPERIMENTO.

F. de V.	G.L.	S. C.	C.M.	F.C.	Probabilidad
BLOQUES	4	1.15	0.286	0.89	0.5018
TRATAMIENTO	3	0.56	0.187	0.58	0.6399
ERR. EXP	12	3.88	0.323		

TABLA N° 92. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE # DE HUEVOS, MEDICIÓN EN EL PERIODO 60-78 DÍAS DE HABER MONTADO EL EXPERIMENTO.

F. de V.	G.L.	S. C.	C.M.	F.C.	Probabilidad
BLOQUES	4	54.25	13.563	0.65	0.6377
TRATAMIENTO	3	85.69	28.565	1.37	0.2993
ERR. EXP	12	250.39	20.866		

TABLA N° 93. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO DE VERMIABONO, MEDICIÓN EN EL PERIODO 60-78 DÍAS DE HABER MONTADO EL EXPERIMENTO.

F. de V.	G.L.	S. C.	C.M.	F.C.	Probabilidad
BLOQUES	4	4.8	0.450	0.44	0.7757
TRATAMIENTO	3	0.55	0.183	0.18	0.9077
ERR. EXP	12	12.20	1.017		

TABLA N° 94. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DÍAS DE ESTABILIZACIÓN, MEDICIÓN EN EL PERIODO 60-78 DÍAS DE HABER MONTADO EL EXPERIMENTO.

F. de V.	G.L.	S. C.	C.M.	F.C.	Probabilidad
BLOQUES	4	24.00	6.0000	1.36	0.3036
TRATAMIENTO	3	491.95	197.650	44.92	0.0000
ERR. EXP	12	52.80	4.400		

ANEXO 8.

RESUMEN DE ANALISIS DE VARIABLES

