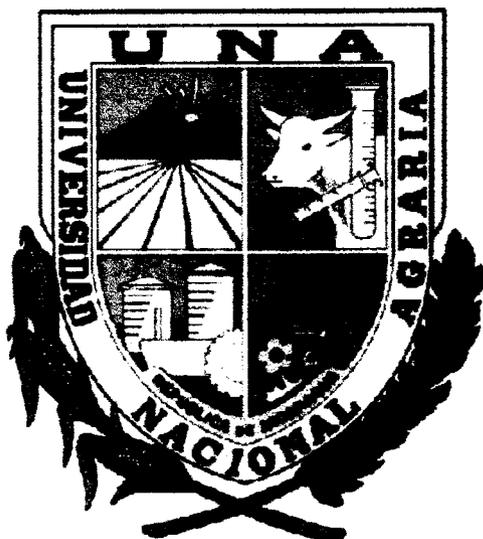


**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
SEDE CAMOAPA**



TESIS

**EFFECTO DEL PERIODO DE MADURACION DEL ESTIERCOL
BOVINO SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE
LOMBRICES ROJAS EN LA ZONA DE CAMOAPA.**

Autores:

**Br. MARIA DEL SOCORRO MEDINA
Lic. CARLOS QUEZADA MEJIA**

Asesores:

**Ing. M.Sc. Luis Guillermo Hernández M.
Ing. Fernando Hernández Sánchez.**

11 de Marzo del 2004.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
SEDE CAMOAPA**

TESIS

**EFEECTO DEL PERIODO DE MADURACION DEL ESTIERCOL
BOVINO SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE
LOMBRICES ROJAS EN LA ZONA DE CAMOAPA.**

Tesis sometida a la consideración del Comité Académico de la
Universidad Nacional Agraria, sede Camoapa, para optar al grado
de:

Ingeniero Agrónomo

Por

**Br. MARIA DEL SOCORRO MEDINA
Lic. CARLOS QUEZADA MEJIA**

Camoapa, Nicaragua

Marzo, 2004.

AGRADECIMIENTO

A Dios y a María santísima por que son las fuerzas espirituales que me han ayudado a salir siempre adelante, por guiarme cada día hacia el camino del bien y la verdad, aunque nuestras vidas se vean afectadas por los problemas y dificultades, ellos están siempre a nuestro lado, siempre y cuando los busquemos con fe, amor y confianza.

Al Ing. MSc. Luis Guillermo Hernández e Ing. Fernando Hernández por la valiosa cooperación y tiempo que han dedicado en ayudarme, por dotarme con sus conocimientos para llevar a cabo esta investigación la ayuda y amistad incondicional que me han brindado.

A la universidad Nacional Agraria sede Camoapa, personal administrativo, encargados del centro de documentación, docentes y aquellas personas que estuvieron involucradas, por la ayuda que me facilitaron, conocimientos y enseñanzas que adquirí por parte de ellos para formarme como profesional.

A mis amigos y en especial a Heyda Jarquín Aguilar, Estela Flores, Farina Sándigo, Norwin Flores; por que realmente me han demostrado una amistad incondicional, no se han fijado en lo que tengo si no en la persona que en realidad soy y que además me brindaron su mano en los momentos difíciles .

Al señor Virgilio Somoza por su apoyo en la ejecución de este trabajo de investigación.

Maria del Socorro Medina

DEDICATORIA

Este trabajo investigativo se lo dedico con mucho amor y cariño a mi madre Esmeralda Medina García y a mi abuelita María García por sus consejos oraciones y la gran paciencia, confianza que me han tenido y por que ella son el pilar fundamental de mí familia,.

A mis hermanas por el apoyo y la confianza brindada:

Judith Medina

Rita Elena García

José Dolores medina

Johana Esmeralda López

Juana Hurtado García

A mis abuelos (q. e. p. d.) Dolores Medina Borge, Paula González y Marcial López.

Maria Del Socorro Medina

AGRADECIMIENTO

De manera especial a nuestros asesores Ing. MSc. Luis Guillermo Hernández M. y al Ing. Fernando Hernández S, por su acertada e incondicional ayuda, por sus consejos durante todo el tiempo que duró el trabajo de gabinete y de campo.

Al Ing. Virgilio Somoza, por su valiosa colaboración.

A los docentes de la Universidad Nacional Agraria sede Camoapa, que de algún modo estuvieron involucrados con nuestro trabajo.

A todas aquellas personas que de una manera u otra forma ayudaron para que nuestro trabajo fuera realidad.

Carlos Quezada M.

DEDICATORIA

A Dios por permitirme vivir, brindarme sabiduría, por darme paciencia, hasta alcanzar la culminación de mis estudios y de esta tesis.

A mi Madre, María Asunción Mejía por transmitir fuerza y valor, para servir a la sociedad, por todo su amor y confianza que ha depositado en mi persona.

A mis abuelos, Agustina Miranda Matuz y Ramón Quezada Duarte (q.e.p.d), por su cariño y empeño de poder servir a la sociedad.

A mi tía, Nena María Quezada Miranda, por su comprensión, cariño y valoración de mi trabajo.

A Lorena, por su comprensión, amor y por el apoyo incondicional que me ha brindado.

Al Sr. Juan Horacio Medina, por su valiosa ayuda para poder lograr terminar este trabajo.

Carlos Quezada M.

INDICE DE CONTENIDO

Sección	Página.
Índice de contenido	i
Resumen	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Índice de Anexos	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo General	3
2.2. Objetivos específicos	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1. Clasificación taxonómica	4
3.2. Descripción funcional de la lombríz	4
3.2.1. Morfología	4
3.2.1.1. Sistema digestivo	5
3.2.1.2. Sistema circulatorio	5
3.2.1.3. Sistema muscular	5
3.2.1.4. Sistema respiratorio	6
3.2.1.5. Sistema reproductivo	6
3.3. Características generales	7
3.4. Factores que influyen en el comportamiento de la Lombriz	8
3.4.1. Humedad	9
3.4.2. Temperatura	9
3.4.3. Aireación	9
3.4.4. Luz	10
3.4.5. Acidez del sustrato	10
3.5. Sustratos más usados	10
3.5.1. Pulpa de café	11
3.5.2. Compost	11

Sección	Página
3.5.3. Desechos de cocinas	12
3.5.4. Estiércol equino	12
3.5.5. Estiércol ovino	12
3.5.6. Estiércol porcino	12
3.5.7. Estiércol de conejo	13
3.5.8. Estiércol de gallina	13
3.5.9. Estiércol de bovino	13
3.5.9.1. Estiércol fresco	14
3.5.9.2. Estiércol maduro	14
3.5.9.3. Estiércol viejo	14
3.6. Manejo del sustrato	14
3.6.1. Humedad	15
3.6.2. Temperatura	15
3.6.3. Potencial de hidrógeno	16
3.7. Manejo de las lombrices	16
3.7.1. Preparación de eras para las lombrices	16
3.7.2. Preparación del alimento para las lombrices	17
3.7.3. Inoculación y alimentación de las lombrices	17
3.7.4. Manejo de las camas para las lombrices	18
3.7.5. Cosechas de lombrices y humus	19
3.7.6. Plagas y enfermedades	20
3.8. Producción de humus	21
3.9. Valor nutricional del humus	22
3.10. Usos y aplicaciones de los productos finales	24
3.10.1. Uso de las lombrices	25
3.10.2. Producción de carne y harina de lombriz	25
3.10.3. Influencia de la lombriz en el suelo	28
3.10.3.1. Acción sobre las características físicas y estructura del suelo	28
3.10.3.2. Acción sobre las características químicas y	

Sección	Página
morfológicas del suelo	29
3.10.3.3. Acción sobre las características biológicas del suelo	30
IV. MATERIALES Y METODOS	31
4.1. Descripción del área de estudio	31
4.1.1. Ubicación	31
4.2. Tratamientos evaluados	32
4.3. Variables medidas	32
4.3.1. Proporción de lombrices	32
4.3.2. Peso de lombrices	33
4.3.3. Producción de humus	33
4.4. Diseño experimental	33
4.5. Procedimiento experimental	34
4.6. Análisis estadísticos	35
4.6.1. Modelo Aditivo Lineal	35
4.6.2. Análisis de regresión	36
4.7. Análisis químico	37
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
5.1. Proporción de lombrices	38
5.2. Peso de lombrices	39
5.3. Producción de humus	40
5.4. Análisis químico	42
VI. CONCLUSIONES	44
VII. RECOMENDACIONES	45
VIII. BIBLIOGRAFÍA	46
IX. ANEXOS	49

MEDINA M. del S. Y QUEZADA, C., 2003. Efecto del Período de Maduración sobre el comportamiento productivo de las lombrices rojas (*Eisenia foetida* y *Eudrillus eugeniae*) en la zona de Camoapa.

Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria (UNA). Sede Camoapa, Nic.

PALABRAS CLAVES: Lombriz, humus, estiércol, período, maduración.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la finca de la Universidad Nacional Agraria sede Camoapa, ubicada en el municipio de Camoapa del departamento de Boaco, en el período comprendido de abril a agosto del 2003. La explotación de lombrices representa un gran potencial para nuestro país, genera ingresos adicionales por la comercialización de lombrices y lombrihumus que pueden ser utilizados como alimentación animal, humana y como una valiosa fuente de fertilización. El objetivo principal de este trabajo investigativo fue valorar el comportamiento productivo de lombrices rojas (*Eisenia foetida* y *Eudrillus eugeniae*) bajo diferentes tiempos de maduración del sustrato bovino. Actualmente hay desconocimiento sobre el tiempo de maduración necesario del estiércol para usarse como sustrato en lombricultura y con frecuencia se utiliza sustrato muy fresco o muy avanzado que conlleva a la liberación de sustancias tóxicas en el primer caso, y el desarrollo de la planaria (*Dugesia sp.*) en ambos casos se ve afectada la calidad del producto final. Para realizar el estudio se utilizó un Diseño Completamente Aleatorio con cuatro tratamientos y ocho repeticiones. Los tratamientos consistieron en los períodos 9, 13, 17 y 21 días de maduración respectivamente. Los datos fueron sometidos a un análisis estadístico en Statistical Analysis System consistente en la realización de un modelo aditivo lineal (M.A.L.) que permitiera la determinación de diferencias o no entre los tratamientos. Los datos que presentaron diferencias significativas en el Modelo Aditivo Lineal, fueron sometidos a un análisis de regresión para determinar la relación de los períodos de maduración del estiércol con las variables evaluadas y de esa manera pronosticar el período de maduración de mayor relevancia en la producción de humus y lombrices.

Como resultado del presente estudio se obtuvo que no hay efecto del período de maduración sobre la producción de lombrices pero si sobre el peso total de humus producido ($P < 0.0112$) y se puede predecir a partir del análisis de regresión que el aumento en el tiempo de maduración provoca un aumento significativo ($P > 0.0545$) en la producción de humus siguiendo el modelo lineal $y = 19.1 + 1.26X$; $R^2 = 89.4\%$.

INDICE DE TABLAS

Tabla N°	Página.
1. Indicadores productivos de lombrices en cuatro Generaciones	22
2. Cantidad de lombrhumus sugerida para aplicarse a diversos cultivos	28
3. Proporción promedio de Lombrices Californiana (<i>E. foetida</i>) y Africana (<i>E. eugeniae</i>) utilizadas en el presente ensayo, Camoapa, Nicaragua 2003.	38
4. Peso promedio de lombrices (Kg) por unidad experimental en los tratamientos evaluados, Camoapa, Nicaragua 2003.	39
5. Modelo Aditivo Lineal de producción de humus por unidad experimental en los tratamientos evaluados, Camoapa Nicaragua 2003.	40
6. Peso promedio de humus (Kg) por unidad experimental en los tratamientos evaluados, Camoapa, Nicaragua 2003.	42
7. Resultado del análisis químico del humus producido en el presente ensayo, Camoapa, Nicaragua 2003	43

INDICE DE FIGURAS

Figura N°	Página.
1. Infraestructura utilizada para la distribución de los tratamientos	34
2. Efecto del período de maduración del estiércol bovino sobre la producción de lombrihumus en Camoapa, Nicaragua 2003.	41

INDICE DE ANEXOS

Anexo N°	Página.
1. Morfología de la lombriz roja	49
2. Ciclo reproductivo de la lombriz roja	50
3. Mapa del departamento de Boaco	51
4. Diseño de campo	52
5. Análisis químico del humus producido por tratamiento, LABSA UNA – 2003.	53

I. INTRODUCCIÓN

La Lombricultura como técnica tiene sus orígenes probablemente en 1936, cuando un médico de Los Ángeles, Estados Unidos, el Dr. Thomas Barrett, decidió vivir en el campo en donde se dedica a la agricultura convirtiendo terrenos estériles en más fértiles, gracias a la ayuda de las lombrices de tierra, a las que observó que en un montón de paja y basura húmeda se multiplicaban prodigiosamente (Balmaceda y Guzmán, 1996).

Con el transcurso del tiempo se ha ido reconociendo el trabajo de las lombrices; en la actualidad se aprecia la labor de estas especies, cuyos excrementos constituyen un gran fertilizante, rico en nitrato, fosfato y carbonato potásico. La naturaleza necesita de 500 a 1000 años para formar una capa de buen humus de unos 25 mm de espesor; en circunstancias favorables, un número suficiente de lombrices pueden formarla en cinco años. Cualquier persona que disponga de cierta cantidad de estiércol puede producir suficiente abono para su jardín y su huerto (Compagnoni, 1983 citado por Balmaceda y Guzmán, 1996).

La Lombricultura en Nicaragua, representa un gran potencial para los productores que se dediquen a la explotación de este rubro debido a que puede generar excelentes ingresos económicos provenientes de la comercialización de la lombriz y el humus. El cultivo de lombrices ofrece una buena alternativa para el manejo de desechos que se vuelven contaminantes tales como la pulpa de café, basura urbana, desperdicios de los restaurantes, los excedentes de los establos, porquerizas, entre otros.

Con el uso de fertilizantes químicos los costos de producción son cada vez más altos, se destruye parte importante de los microorganismos que dan vida al suelo y que ayudan a la descomposición de la materia orgánica. El lombrihumus no solo contribuye aportando nutrientes necesarios, sino también aporta una carga importante de microorganismos a los suelos.

En nuestro país se ha difundido el uso de dos especies de lombrices, la roja californiana (*E. foetida*) y la roja africana (*E. eugeniae*), de esta última relativamente se carece de información. Ellas son alimentadas con variados sustratos dando buenos resultados en la producción de lombrihumus. En el caso del uso de estiércol bovino como sustrato, no se le ha dado el tiempo de estabilización necesario provocando la liberación de sustancias tóxicas y la presencia de microorganismos patógenos, afectando de manera directa a la lombriz y, por ende, la calidad del producto final.

Se hace necesario realizar estudios que determinen con mayor precisión el tiempo de maduración del sustrato bovino, que ofrezca los mejores resultados en la producción de humus y lombrices.

II. OBJETIVOS

2.1. GENERAL

2.1.1. Valorar el comportamiento productivo de lombrices rojas (*Eisenia foetida* y *Eudrillus eugeniae*), bajo diferentes tiempos de maduración del sustrato bovino.

2.2. ESPECIFICOS

2.2.1. Evaluar el efecto de cuatro períodos de maduración de estiércol bovino (9, 13, 17 y 21 días) sobre la producción de lombrices rojas (*E. foetida* y *E. eugeniae*).

2.2.2. Valorar la producción de humus a partir de lombrices Californianas (*E. foetida*) y Africanas (*E. eugeniae*) alimentadas con estiércol bovino sometido a diferentes tiempos de maduración.

2.2.3. Determinar la calidad del humus producido en cada uno de los períodos de maduración del estiércol bovino, mediante análisis químico (pH, N, P, K, y C.O.)

2.2.4. Generar información sobre el uso de las lombrices para la producción de abono orgánico y alimentación de calidad aceptable que contribuya al fortalecimiento de los sistemas de producción agropecuario.

III. REVISION DE LITERATURA

3.1. Clasificación taxonómica

Según Barnes (1969), citado por Santillán (1995), la lombriz de tierra está clasificada de la siguiente manera:

Reino	: Animal
Subreino	: Metazoos
Phyllum	: Protostomia
Clase	: Anélido
Orden	: Oligochaeta
Familia	: Lumbricidae, Megascolecidae
Género	: <i>Eisenia</i> , <i>Eudrillus</i>
Especie	: <i>Eisenia foetida</i> (Lombriz californiana) <i>Eudrillus eugeniae</i> (Lombriz africana)

3.2. Descripción funcional de la lombriz

3.2.1. Morfología

Las lombrices tienen un cuerpo cilíndrico y alargado que consiste de dos tubos concéntricos separados por el celoma: la pared del cuerpo y el tubo digestivo, éste dividido en segmentos llamados somitos y presenta una parte anterior (boca) y una posterior (ano). Una lombriz adulta puede llegar a tener entre 40 y 250 somitos. Entre los somitos 13 y 37 puede ubicarse el clitelo cuya función está directamente relacionada con la reproducción, dándose aquí la formación de cápsulas como resultado de la secreción de una sustancia viscosa que permite proteger y transportar los huevos (Martínez, 1996).

3.2.1.1. Sistema digestivo

El sistema digestivo de la lombriz está formado por la boca, siendo esta una pequeña cavidad que se une con la faringe que es una cámara espaciosa con gran cantidad de glándulas y músculos que actúa como bomba de succión; ayuda a la boca a atraer los alimentos en proceso de descomposición. Detrás de la faringe, aparece el esófago en el cual se encuentran las glándulas calcáreas cuya función es excretar carbonato cálcico para neutralizar los ácidos orgánicos presentes en el alimento. Posteriormente se encuentra el buche, donde se almacena el alimento, y la molleja que realiza la función de trituración, para ser digerido en el tracto intestinal donde ocurre la mayor parte de la digestión y la absorción de los alimentos (A de Haro Vera, 1991).

Cabe destacar que en el primer tercio del aparato digestivo de la lombriz se realiza la mineralización de las sustancias ingeridas (desde la boca hasta la molleja), y en los dos tercios restantes se realiza la síntesis húmica (Barnes, 1969 citado por Santillán, 1995).

3.2.1.2. Sistema circulatorio

El sistema circulatorio está constituido por dos grandes vasos sanguíneos; uno dorsal y el otro ventral. El vaso dorsal recoge la sangre y se encarga de impulsarla hacia la parte posterior del cuerpo distribuyéndola en el seno intestinal y a los vasos segmentarios. Algunos segmentos del vaso dorsal son llamados corazones, debido a que son contráctiles. Existen cinco pares de corazones y un par de riñones por cada metámero (Ferruzi, 1994)

3.2.1.3. Sistema muscular

El sistema muscular es altamente desarrollado tanto en sentido longitudinal como perimetral; ello permite a este animal efectuar cualquier tipo de

movimiento, por lo cual es capaz de comer y procesar una cantidad de material igual a su peso, diariamente (Ferruzi, 1994)

3.2.1.4. Sistema respiratorio

La respiración es cutánea. La falta de un sistema circulatorio organizado permite que la sangre circule por capilares que se ubican junto a la cutícula húmeda de la pared del cuerpo, lo que favorece la absorción de oxígeno y la liberación de gas carbónico a través de la piel (Martínez, 1996).

El mismo autor indica que cuando se expone una lombriz al sol deja de respirar, se va secando y posteriormente muere. Por esta razón la iluminación natural o artificial no tiene que incidir directamente sobre su hábitat. Otra causa de muerte es la falta de oxígeno que se presenta en condiciones de saturación de agua.

3.2.1.5. Sistema reproductivo

El sistema reproductivo de la lombriz es hermafrodita incompleta (no se pueden fertilizar por sí misma) ya que debe realizarse un acoplamiento con otra lombriz para reproducirse, no obstante se producen óvulos y espermatozoides en un mismo individuo. Cada lombriz está dotada de un aparato genital masculino, integrado por los testículos situados en la mitad anterior del cuerpo, muy cerca de la boca y de un aparato genital femenino conformado por dos pares de receptáculos seminales que almacenan espermatozoides, estos reciben el esperma y lo retienen hasta el momento de la fecundación, situado en una posición relativa posterior al aparato genital masculino (Fundación de hogares juveniles campesinos, 2002).

Una vez alcanzada la madurez sexual se acoplan, girando en sentido opuesto una de la otra, de esta manera contactan el aparato genital masculino de una con el aparato genital femenino de la otra, dándose de así el intercambio de

espermas. La fecundación se realiza a través del clitelo. Luego se separan y cada individuo por si solo efectúa la liberación de cápsulas, estructuras que contienen los huevecillos, dependiendo de la especie será el tamaño y el número de huevecillos que contenga (Santillán, 1995)

La cápsula es de color amarillo verdoso y contiene un líquido (albúmina) que constituye la fuente alimenticia de las pequeñas lombrices durante el periodo de incubación; en la *E. foetida* alcanza las dimensiones 2 a 3 mm por 3 a 4 mm. De forma de pera muy pequeña, redondeada por una parte y puntiagudo por la otra, de la cual emergen 4 a 21 lombrices después de 14 a 21 días de incubación, dependiendo de las condiciones del medio. La actividad sexual de la lombriz esta disminuida en los meses muy calurosos, como también en los meses demasiado fríos y llega a su máximo de capacidad fecundante en los meses templados (Ferruzi, 1994).

Las lombrices al nacer tienen un color blanco que se toma rosado a los 5 ó 6 días adquiriendo una tonalidad rosa oscura de los 15 -21 días; el clitelo se desarrolla a los 90 días de vida indicando la llegada de la madurez sexual. Desde el mismo momento de su nacimiento, las lombrices son autosuficientes, comen solas y solo necesitan para sobrevivir el sustrato donde se encuentran (Ferruzi, 1994).

3.3. Características generales

Legall (1995) y MINAGRI (1988), indican que en la actualidad se están cultivando dos tipos de lombrices, cuyas características se describen a continuación:

Roja californiana (*Eisenia foetida*); es de color rojo claro, su engrosamiento (clitelo) se encuentra un poco céntrico, su cola es achatada, de color amarillo. Mide aproximadamente de 8 a 10 cm de longitud, de 3 – 5 mm de diámetro y

pesa entre 0.85 y 1.10 g, respira por medio de su piel. Diariamente produce un 60 % de abono en relación a su peso vivo. Es muy resistente a condiciones adversas del medio.

Esta lombriz puede criarse en cualquier zona que posea al menos una temporada con temperaturas superiores a 20 °C, es decir lugares en climas tropicales. Bajo circunstancias ideales, la población de lombrices californianas pueden llegar a duplicarse mensualmente, estas se acoplan regularmente cada siete días depositando cada una de ellas un cocon, naciendo de éste un máximo de 20 nuevas lombrices.

Por otra parte, la lombriz roja africana (*E. eugeniae*) es de color rojo oscuro, su engrosamiento (clitelo) se encuentra más craneal, su cola es redonda y de color blanquecino. Mide aproximadamente de 15 a 20 cm. No son muy resistentes a condiciones adversas cuando no se les da su medio o hábitat recomendado, ellas emigran y por lo general mueren.

Biológicamente ambas especies son iguales; cada siete días se aparean son hermafroditas y su reproducción es sexual. Después de haberse apareado transcurren siete días para que pongan un huevo (cocon), éste pasa de 3 a 6 semanas para que eclosione y de ahí salen de 4 a 21 lombrices, las cuales, a los 3 meses de haber nacido, han alcanzado su madurez sexual y estarán listas para iniciar de nuevo el ciclo reproductivo, viven unos 16 años (Anexo 1).

3.4. Factores que influyen en el comportamiento de las lombrices

Martínez (1996), menciona diversos factores que afectan el comportamiento de las lombrices, dentro de los cuales destaca: Humedad, Temperatura, Aireación, Luz, Acidez del sustrato.

3.4.1. Humedad

La humedad y la alimentación se consideran como los factores más importantes para las lombrices, por lo que hay que mantenerla en un rango de 80 – 82.5 %, si pasa de estos niveles la lombriz deja de producir y reproducirse, además el exceso de agua desplaza el aire del material provocando una fermentación anaeróbica y cuando la humedad disminuye hasta un 55% la lombriz muere.

3.4.2. Temperatura

Durante épocas frías y en zonas áridas, las lombrices permanecen inactivas, enrollándose sobre su propio cuerpo. Con humedad y temperatura adecuada durante el día, las lombrices permanecen en la parte superior de la galería, con la parte inferior hacia la entrada, la que se encuentra cerrada con materia orgánica.

Temperaturas altas causan desecación y por consiguiente la muerte. En condiciones naturales es difícil controlar este factor. Pero cuando se tienen criaderos con especies domesticadas la temperatura debe de mantenerse en un rango de 19 – 25 °C, por lo que hay que estar preparado para protegerlas del frío o del calor.

3.4.3. Aireación

Esta lombriz puede vivir con bajas cantidades de oxígeno y en presencia de altas concentraciones de dióxido de carbono. Pueden estar sumergidas en agua por cortos períodos de tiempo (2 – 4 horas).

Las necesidades de oxígeno se puede satisfacer del aire o del agua, pero estas prefieren, más bien, suelos saturados con agua que con aire.

3.4.4. Luz

La lombriz teme a la luz y los rayos ultravioletas la matan, por esta razón la iluminación natural o artificial no tiene que incidir directamente sobre su hábitat (interior de las cajas). Durante la noche la lombriz saca la parte anterior de su cuerpo de la galería, para explorar, alimentarse o aparearse.

3.4.5. Acidez del sustrato

Las lombrices necesitan un lugar ligeramente ácido. Ellas no pueden producir ácidos en su estómago así que deben obtenerlo del sustrato.

El pH del sustrato es un factor importante que determina la presencia o ausencia de las lombrices, el mismo debe de estar en un rango de 6.8 – 7.2. La acidez influye directamente en la alimentación y reproducción de la lombriz, en ciertos casos, cuando la acidez es muy baja, la lombriz migra hacia la superficie del suelo, donde se queda quieta y posteriormente se muere.

3.5. Sustratos más usados

La lombriz se nutre con cualquier tipo de sustancia orgánica que haya superado su estado de calentamiento, como consecuencia de su putrefacción y posterior fermentación. Los alimentos han de haber alcanzado un apropiado grado de putrefacción y de marchitez, habiendo superado ya la fase de fermentación caracterizada por la producción de calor y gas metano que podrían causar graves daños a las lombrices que por el hecho de respirar a través de la piel están muy expuestas a perecer por asfixia. Cuanto más fino sea el granulado de la comida, menor dificultad tendrá para ingerirla y por tanto mayor será la producción de humus (Compagnoni y Putzolu, 1990).

Independientemente de cual sea la sustancia orgánica que se desee utilizar, esta debe de tener un contenido en celulosa no inferior a un 20 -25 %, en forma de paja triturada, papel o cartón (Ferruzi, 1994).

El mismo autor informa que la lombriz transforma cualquier tipo de materiales de origen orgánico biodegradables, como desechos sólidos urbanos, barros de las depuradoras de agua, follaje, residuos de fábricas de papel, industria cervecera, comedores, industrias alimenticias en general, sustancias minerales con grandes ventajas de tipo económico haciéndolas almacenables y comercializables. Reduciendo los problemas de contaminación generados por las grandes cantidades de desechos orgánicos que se producen diariamente en las comunidades. La falta de un manejo adecuado de estos desechos produce microorganismos patógenos al hombre, como larvas e insectos dañinos y malos olores.

A continuación Ferruzi (1994), se mencionan los diferentes sustratos usados como alimento para las lombrices:

3.5.1. Pulpa de café

Constituye una excelente forma para aprovechar todo el desecho que queda, producto del despulpe del café. Se debe de controlar la humedad de manera que no se seque.

3.5.2. Compost

Cuando este ha llegado a su fase final de descomposición son un excelente alimento para las lombrices.

3.5.3. Desechos de cocinas

Todo aquel material que se obtiene de la cocina como alimento, cáscara, pulpa de frutas y otros constituye un buen alimento para las lombrices. Estos tienen que alcanzar un apropiado grado de putrefacción y de marchitez, habiendo superado ya la fase de fermentación, caracterizada por la producción de calor y gas metano que podrían causar graves daños a las mismas.

3.5.4. Estiércol equino

Es óptimo por su alto contenido en celulosa y nitrógeno. Muy indicado tanto para constituir el sustrato inicial como para ser fuente de alimento en el periodo invernal.

3.5.5. Estiércol ovino

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

3.5.6. Estiércol porcino

Totalmente desaconsejable en un principio, sobre todo si proviene de grandes y modernas instalaciones. Es un estiércol rico en proteínas por lo cual se debe madurar suficientemente y efectuar lixiviación de ácido úrico con aplicación de agua, un inconveniente para su uso, es su olor desagradable durante el proceso de maduración, posteriormente puede llegar a constituir un producto óptimo para suministrar a las lombrices. El tiempo de maduración es variado.

3.5.7. Estiércol de conejo

Constituye un alimento óptimo si se usa en estado original o se recoge debajo de la jaula 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 oxígeno.

3.5.8. Estiércol de gallina

Es un excelente alimento para lombrices, se recomienda exponerla al sol para eliminar ciertas bacterias (*Echerichia coli*) que pudieran terminar por completo a las lombrices. Normalmente, los estiércoles procedentes de explotaciones intensivas de aves en general, no son aconsejables debido a su fuerte acidez ocasionada por la elevada temperatura de fermentación (90 °C).

3.5.9. Estiércol de bovino

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

Según Legall (1995), el estiércol bovino tiene un manejo similar a otros sustratos; como, pulpa de café, excreta de conejo, entre otros. A éstos hay que conocerle la edad para ser suministrado a las lombrices y se pueden encontrar en las siguientes condiciones:

3.5.9.1 Estiércol fresco

Es el que recién acabado de producir por el bovino. Tiene una consistencia pastosa, de color verde encendido, olor insoportable, debido a que su pH es altamente alcalino (> que 8.5), lo cual no es recomendable para las lombrices.

3.5.9.2 Estiércol maduro

Tiene más o menos 10 - 18 días de haber sido producido por el animal, su consistencia es semipastosa, de color verde oscuro o pardo, de olor soportable, pH estable calculado entre 7 - 8. Este es el sustrato adecuado puesto que presenta las condiciones óptimas para la crianza de lombrices, aunque a veces le tenemos que agregar agua para estabilizar su humedad y por ende su temperatura.

3.5.9.3 Estiércol viejo

Como la palabra lo dice, es un estiércol que tiene más de 20 días de haber sido producido. De consistencia pastosa y dura, desboronándose al apartarse con la mano. No presenta prácticamente ningún olor. Este no es un sustrato que puede ser usado para la crianza de lombrices, puesto que su pH es altamente ácido (< que 5.5) y pueden entrar en un periodo de dormancia y ocurrir el desarrollo de un platelminto conocido como planaria (*Dugesia sp.*).

Los únicos materiales que las lombrices no pueden digerir son: metales, plásticos, goma y vidrio.

3.6. Manejo del sustrato

El manejo del estiércol o sustrato es el elemento de mayor importancia dentro del cultivo de lombrices, puesto que si el estiércol se entrega estabilizado a las

lombrices, se asegura que el pie de cría se reproduzca, por haber cumplido determinadas condiciones de humedad, temperatura y pH.

Legall (1995), menciona y describe los siguientes factores a considerar:

3.6.1. Humedad

La humedad es un factor de mucha importancia que influye en la reproducción y fecundidad de las cápsulas o cocones, humedad superior a 85 % es muy dañina para las lombrices, haciendo que estas entren en dormancia o mueren, afectando la producción de lombrihumus y la reproducción de su biomasa.

Las condiciones adecuadas de humedad para que las lombrices se produzcan y se reproduzcan, están entre 80 – 82.5 %. Por debajo de este rango se presentan deficiencias que aumentan en la medida que la humedad disminuye.

3.6.2. Temperatura

La temperatura es otro de los factores que influye en la reproducción, producción y fecundidad de las cápsulas. Se considera óptima una temperatura de 19 – 25 °C que conlleva al máximo rendimiento de las lombrices.

Cuando la temperatura desciende hasta 15 °C, las lombrices entran en un periodo de dormancia, dejando de reproducirse, crecer y producir lombrihumus. Además, alarga el ciclo reproductivo, puesto que los cocones (huevos) no eclosionan y pasan más tiempo encerrados los embriones, hasta que se presentan las condiciones del medio favorable. Lo mismo puede suceder en la lombriz joven, pasa más tiempo en este período. Puesto que, de esta forma soporta un periodo mas largo las adversidades del ambiente.

3.6.3. Potencial de hidrógeno

El pH mide lo alcalino o ácido del sustrato. Este es un factor que depende de la humedad y temperatura, si estos dos factores son manejados adecuadamente se puede controlar el pH siempre y cuando el sustrato contenga pH alcalinos. La lombriz soporta un rango de pH desde 5 – 8.4, disminuidos o pasados en esta escala la lombriz entra en una etapa de dormancia.

Finstein (1990) citado por López (1995), indica que para iniciar la preparación del sustrato es necesario que esté fresco; (1) comenzando con un volteo continuo para que escapen gases, mejorando al mismo tiempo, la aireación. (2) Alternando con suministro de agua para evitar el recalentamiento, propiciando de esta forma la multiplicación de bacterias aeróbicas que comienzan a degradarlo. Estas actividades se realizan hasta lograr la maduración del mismo. El objetivo principal es estabilizar el alimento, con pH aproximado de 6.8 – 7.2 y una temperatura de 19 – 25 °C. Las lombrices pueden también alimentarse con papel, preferiblemente sin tinta, mezclándose con el estiércol a los diez días antes que éste se estabilice.

3.7. Manejo de las lombrices

Las lombrices rojas son sin duda uno de los animales más prolíferos del mundo, la intensidad de sus acoplamientos y el consiguiente número de huevos producidos, hace necesario dividir a la población por lo menos tres veces al año.

3.7.1. Preparación de eras para las lombrices

Para las lombrices debe haber un lugar adecuado donde encuentren alimentos de manera que no puedan escapar ni por abajo mucho menos por los lados. Los lechos deben construirse en la misma dirección en que soplan los vientos y en

posición que permita percibir la menor cantidad posible de rayos solares; se prefieren terrenos planos (Balmaceda y Guzmán, 1996).

3.7.2. Preparación del alimento para las lombrices

Ferruzi (1994), afirma que el alimento se distribuye sobre la cama de las lombrices para que estas puedan proceder a su digestión transformando este material originalmente pobre, en un fertilizante muy rico en nutrientes.

El mismo autor, dice que el espesor de la capa de comida distribuida varía según el mes y en función de la temperatura exterior; en los meses calurosos, la capa alimenticia será más fina que en los meses fríos; ello es debido a que en los meses calurosos, los peligros de fermentación y recalentamiento son mayores.

Continúa el autor manifestando que la lombriz roja se acopla preferentemente después de haber comido, también se sabe, que normalmente se acopla cada 7 días, por ello el lombricultor deberá cambiar la comida cada semana, fomentando de esta forma a la lombriz el deseo de acoplarse produciéndose consecuentemente un mayor número de lombrices y por ende mas humus.

3.7.3. Inoculación y alimentación de las lombrices

Una vez preparado el lecho y el alimento de las lombrices se procede a introducirlas, teniendo mucho cuidado de que esta en su óptima maduración para no correr riesgo de perder el pie de cría. La cantidad de alimento requerido por las lombrices esta directamente relacionado con el tipo de desecho, de manera que si tenemos desechos con alto contenido de sólidos se produce más abono. En los desechos con alto contenido de agua, el volumen de alimento requerido, es mayor y, la cantidad de abono cosechado es menor (Martínez, 1996).

3.7.4. Manejo de las camas para las lombrices

Balmaceda y Guzmán (1996) e IDR (2000), aseguran que el manejo básicamente consiste en alimentar, proporcionar agua y, proteger a las lombrices.

Legall (1995), asegura que una vez que las camas están inoculadas pasará un tiempo de 7 a 15 días para que las lombrices consuman el sustrato, dependiendo del alimento y densidad de población. Cuando el sustrato está consumido se observan gránulos pequeños, siendo esta la característica principal de que el lecho no tiene comida, por lo tanto, hay que agregar más alimento.

IDR (2000), dice que el alimento se coloca a lo largo de los lechos en forma de lomo de toro. Esto permite controlar si el alimento es apropiado para las lombrices. Además se determina cuando hay que alimentar nuevamente, esto ocurre cuando el lomo de toro ha sido consumido totalmente por las lombrices, entonces se observará la parte superior plana (gránulos).

Legall (1995), informa que la humedad de las camas debe mantenerse en un 80 % aproximadamente. Recomienda que encima de la cama haya sacos de bramante como cobertura, con el objetivo de; conservar la humedad, al no permitir que los rayos solares penetren perpendicularmente en la superficie de la cama, también; evita que las gotas de lluvia caigan directamente en la superficie de la cama y salpiquen partículas del sustrato fuera de la cama.

Ferruzi (1994), recomienda que, como parte del manejo de camas, se debe llevar, periódicamente un registro de datos que incluya fechas de inoculación, frecuencia de alimentación, fechas de cosechas, destino del pie de cría (venta o inoculación de otras camas), problemas detectados, población de lombrices producidas, entre otros. Aconseja que, cuando el cultivo está en canteros, se debe tener un semillero de lombrices en canoas que estén bien protegidas. Esto

por si pasa un accidente en los canteros, en el cual se pierda la población de lombrices.

El mismo autor estima que se pueden construir canteros de 10.0 m de largo y 1.5 m de ancho. Proporcionara una capa de 10.0 cm de alto, en el se depositarán 10.0 Kg. de lombrices. Cada vez que el cantero necesite sustrato hay que rellenar en capas de 10.0 cm. La superficie debe tener un desnivel de 5 % con buen drenaje y evitar anegamiento en época de lluvia. El cantero no debe pasar una altura de 60.0 cm, sobrepasada esta altura, se crea una fermentación anaeróbica que hace perder calidad al lombrihumus.

3.7.5. Cosecha de lombrices y humus

Legall (1997), citado por Hernández (1998), indica que para cosechar las lombrices es necesario que las camas estén llenas de humus, sugiere realizar la cosecha de la siguiente forma: se retrasa la alimentación al menos 4 días, luego se ofrece alimento en cantidad normal. La lombriz se concentra en la superficie, esto sucede 2 ó 3 días después de haber puesto el alimento en capa de 10.0 cm. Una vez poblada la superficie, se procede a retirarla manualmente, introduciendo los dedos de la mano y retirando el sustrato. Este procedimiento se repite dos veces más para sustraer el 98 % de la población de lombrices.

El mismo autor indica que una vez cosechadas las lombrices se procede a retirar el lombrihumus, almacenándolos en sacos que tengan aireación. Colocarlos bajo sombra, cuidando que la humedad no baje del 40 %, puesto que, todavía hay actividad microbiana dándole calidad al lombrihumus, que es uno de los mejores fertilizantes orgánicos del mundo.

3.7.6. Plagas y Enfermedades

La lombriz de estiércoles es el único animal en el mundo que no transmite ni padece enfermedades, pero existe un síndrome que lo afecta y es conocido como Gozzo Ácido o intoxicación proteica. Provocando enfermedades por la presencia de un elevado contenido de sustancias ricas en proteínas no transformadas en alimento por las lombrices. Estas sustancias proteicas en exceso, favorecen la proliferación de microorganismos, cuya actividad genera gases y provoca un aumento de la acidez del medio (Cuevas 1991, citado por Legall 1995).

INFOAGRO (2003), expresa que las lombrices ingieren los alimentos con excesiva acidez, que no llega a ser neutralizada por sus glándulas. Los síntomas más frecuentes suelen ser el abultamiento de la zona del clitelo, coloración rosada o blanca de las lombrices y, una disminución generalizada de su actividad. Como medida de control se debe remover el sustrato donde se encuentran para favorecer la oxigenación y la aplicación de elevadas dosis de carbonato cálcico.

Las plagas más importantes son cuatro (Legall, 1995):

- El pájaro: es un ave que puede acabar poco a poco con un criadero de lombrices. Se puede controlar fácilmente poniendo sacos de bramante sobre la cama de las lombrices.
- La hormiga: es un depredador natural de la lombriz pudiendo acabar en poco tiempo la población de lombrices.

La hormiga es atraída principalmente por el azúcar que la lombriz produce al momento de deslizarse sobre el sustrato. Estas se pueden controlar con solo que la humedad de la cama se encuentre en el 80 %. O sea que, si se

encuentran hormigas, es un parámetro para diagnosticar que la humedad esta baja.

- **Planaria:** es la plaga que causa mayor daño en los criaderos de lombrices. Es un gusano plano que puede medir de 5 mm a 50 mm, de color café oscuro, con rayas longitudinales de color café. Esta se adhiere a la lombriz por medio de una sustancia cerosa que el platelminto produce, posteriormente introduce en la lombriz un pequeño tubo de color blanco succionando todo el interior de la lombriz hasta matarla. Esta plaga se controla con manejo del sustrato, regulando el pH de 7.5 a 8. En pH bajos la planaria se desarrolla y comienza su actividad de depredador natural de las lombrices. Se recomienda no usar estiércoles viejos y, si hay plagas dar de comer a las lombrices estiércol de 10 días de maduración.

- **Ratones:** son una plaga que causan serios daños en el cultivo de lombrices. Pero se puede controlar, al igual que las hormigas, manteniendo la humedad alta, o sea, en un 80 %.

3.8. Producción de humus

INFOAGRO (2003), reporta que el lombricompuesto es un fertilizante orgánico, biorregulador y corrector del suelo, cuya característica fundamental es la bioestabilidad, pues no da lugar a fermentación o putrefacción.

En la siguiente tabla se muestran los valores de la producción de lombricompuesto, en base al promedio de una lombriz adulta de un gramo de peso que ingiere lo que pesa por día y excreta el 60 % en forma de humus.

Tabla 1. Indicadores productivos de lombrices en cuatro generaciones

INDICADORES	PERÍODO GENERACIONAL (MESES)				
	0	3	6	9	12
Generaciones	Inicial	1 ^{ra}	2 ^{da}	3 ^{ra}	4 ^{ta}
Incremento de individuos (unidad)	1,000	10,000	100,000	1,000,000	10,000,000
Peso (Kg.)	1	10	100	1,000	10,000
Alimento (Kg./día)	1	10	100	1,000	10,000
Producción de lombricomposteo (Kg./día)	0,6	6	60	600	6,000
Proteínas (Kg./día)	0,04	0,4	4	40	400

La cantidad diaria de humus producida por las lombrices es absolutamente idéntica para cada individuo dentro de un determinado tipo. Una lombriz come una cantidad equivalente a su propio peso y expulsa en forma de humus el 60 % de la misma, sólo se puede conseguir una mayor producción del mismo aumentando el número de individuos presentes (Ferruzi, 1994).

3.9 Valor Nutricional del Humus

PRODES (2002), reporta que cuando se utiliza el humus de lombriz en el suelo, se aportan colonias microbiales que participan en la transformación de todos los nutrientes minerales necesarios para la nutrición de las plantas. La carga bacteriana, al igual que la calidad del humus, está en función del valor nutritivo de los desechos que consume la lombriz. Un manejo adecuado de los desechos, una mezcla bien balanceada, permite obtener un material de excelente calidad. La cantidad de nutrientes contenidos en el humus es muy variable. Este contiene un elevado porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos; pero estos no se producen por el proceso digestivo de la lombriz sino por toda la actividad microbiana que ocurre durante el periodo de reposo dentro del lecho. Produce además, hormonas como el ácido indol acético y ácido giberélico, estimulando el crecimiento y las funciones vitales de las plantas.

CENTA – FAO (2000), reportan que el humus de lombriz es un fertilizante de primer orden. Protege al suelo de la erosión, siendo un mejorador de las características físico- químicas del suelo, regula la actividad e incremento de los nitritos del suelo y tiene la capacidad de almacenar y liberar los nutrientes requeridos en mayores cantidades por las plantas de forma equilibrada y que representan altos riesgos de deficiencia o toxicidad, destacándose los siguientes elementos:

Nitrógeno: nutriente esencial para la formación de los aminoácidos y síntesis de proteínas de las plantas. Es responsable, en gran medida del crecimiento y el verde intenso de las hojas. Estimula la formación y desarrollo de las yemas florales y fructíferas, favorece el macollamiento y el desarrollo vegetal.

Fósforo: nutriente esencial para el ciclo de producción de energía de las plantas (ATP, ADN). Está ligado a los mecanismos de producción de carbohidratos, lípidos y proteínas. Acelera la maduración de los frutos. También es importante por que estimula el crecimiento del sistema radicular. Es conocido que el fósforo ayuda a la fijación simbiótica del nitrógeno.

Potasio: es un nutriente esencial en muchas de las reacciones y procesos del metabolismo vegetal. Está involucrado en la fotosíntesis, respiración y el aprovechamiento del agua por las plantas, siempre como un ión activador de estos procesos. Estimula el macollamiento, cuajado de los granos y el almacenamiento de azúcares y almidones.

La actividad residual del humus de lombriz se mantiene en el suelo hasta cinco años, al tener un pH neutro no presenta problemas de dosificación ni de fitotoxicidad, aun en aquellos casos en que se utiliza puro.

El humus de las lombrices debe su enorme poder, sobre todo, a la flora bacteriana que contiene y debería ser llamado con más propiedad elemento

corrector, en lugar de elemento fertilizante. Sus características principales son los de poder combinar, gracias a las enzimas producidas por su dotación bacteriana, sus propios elementos especiales con los presentes en el terreno en función de las necesidades específicas de cada tipo de planta y del tipo de terreno en que se halla ubicado (Ferruzi, 1994)

3.10. Usos y aplicaciones de los productos finales

El potencial de las lombrices para el manejo de desechos orgánicos fue demostrado por Fosgate y Babb (1972), citados por Martínez (1996), quienes alimentaron lombrices con estiércol animal, obteniendo un kilogramo (peso fresco) de lombrices por cada 2 kilogramos (peso seco) de estiércol, indican que en igual forma, Hartenstein (1981), logró reproducir sobre lodos activados, un número determinado de lombrices y observó que la biomasa se duplicó en cuatro semanas.

Sabine (1983), citado por Martínez (1996), resumió el potencial del cultivo intensivo de lombrices para el manejo de desechos orgánicos de la siguiente forma:

- Reducen las características nocivas en los desechos orgánicos, eliminando los malos olores y reduciendo los microorganismos dañinos al hombre.
- Especies domesticadas alcanzan, en poco tiempo, altas densidades de población debido a su rápida reproducción y fácil manejo de camas.
- Obtención de útiles y, negociables subproductos como fertilizantes orgánicos (ácidos húmicos y fúlvicos) y lombricomposta.
- Producción de harina de lombriz, con altos contenidos de proteína para alimentación animal y humana.

3.10.1. Uso de las lombrices

Las lombrices tienen diversos y variados usos:

Según Ferruzi (1994), el cultivo de lombrices se inició con la finalidad de usarse como cebo. El mercado de los pescadores ofrece excelentes perspectivas a los criadores de lombrices. La lombriz roja, la más utilizada en los criaderos, es uno de los cebos más solicitados. Para el pescador es muy interesante poder cultivar, personalmente, las lombrices, debido a que es la única forma de disponer siempre de este cebo, incluso en los meses de junio, julio y agosto, cuando es más difícil encontrar lombrices en los comercios.

Martínez (1996), dice que después de haber usado para nuestras necesidades todo aquello que la tierra ofrece, podemos restituirle toda la materia prima que nos ha proporcionado aprovechando la positiva acción de las lombrices, en forma de minerales, para incorporarse otra vez al ciclo biológico natural, perfecto y completo; que el hombre continua alterando cada día más y de todas las formas posibles. La acumulación de desechos de forma permanente sobre la superficie como es el caso de los estiércoles puede llegar a contaminar los mantos freáticos y arroyos por el escurrimiento constante del purín (material líquido con altos contenidos de nitrógeno).

3.10.2. Producción de carne y harina de lombriz

La producción de carne por medio de la lombricultura es una actividad sencilla y fácil de realizar. La alta tasa reproductiva de la lombriz, desarrollo y crecimiento rápido permiten obtener volúmenes altos de carne por área en tiempos cortos, que puede ser empleada en la alimentación del ganado y especies menores. A su vez, la lombriz utiliza como alimento los estiércoles que estos generan, cerrando de esta manera los ciclos de energía de la granja (Martínez 1996).

INFOAGRO (2003), estima que la lombriz presenta de; 60 – 70 % de proteínas, de grasa 7 – 10 %, de 8 – 20 % de carbohidratos, de 2 – 3 % de minerales con una energía de 4000 Kcal/Kg. Además tiene buena composición de amino ácidos, fuente importante de vitamina B. Contiene todos los amino ácidos superando a la harina de pescado y soya. Estas características le permiten ser utilizada en especies monogástricas y en población humana, con resultados favorables.

Aunque inicialmente la utilización de la lombriz roja para la alimentación humana puede ocasionar cierta repugnancia, no debe olvidarse que, desde hace milenios, algunas poblaciones nativas del continente africano, se alimentan diariamente con un tipo de lombrices existentes en las selvas ecuatoriales. También los chinos, desde hace años, comen lombrices de tierra, no solo ocasionalmente si no, como una fuente de alimentación alternativa. Además podría ser considerado como un alimento para los países en vías de desarrollo; debido a que una parte puede ser destinada a la continuidad del criadero y la otra a la elaboración de harina (Ferruzi, 1994).

Además de la producción de carne y humus, se pueden obtener otros productos base para la industria farmacéutica, que a partir del líquido celomático, que estas producen, se han producido antibióticos para uso humano.

Características como, el no sangrar al producirse un corte de su cuerpo y ser totalmente inmune al medio contaminado en el cual vive, como la elevada capacidad de regeneración de sus tejidos, son motivos de investigación para la aplicación en el ser humano (INFOAGRO, 2003)

PRODES (2002), reporta que la composición y caracterización generales y el contenido de esta harina ha sido utilizada en la alimentación de aves, peces, conejos entre otros. También se han desarrollado experimentos en la alimentación de cerdos, observándose una mejor conversión alimenticia que con

solo los alimentos en forma tradicional. La ventaja de la lombriz es que sintetizan las proteínas a base de desechos orgánicos y fuentes de celulosa, no así las otras proteínas que son sintetizadas en base a alimentos mucho más costosos.

Martínez (1996), informa que el lombrihumus es un producto que puede ser aplicado en cultivos intensivos y extensivos. La cantidad a aplicar en uno u otro caso depende del análisis químico del suelo y de la composición del mismo.

La aplicación puede hacerse de la siguiente manera:

1. Durante la preparación del terreno, se le incorpora con el último paso de la grada.
2. En forma conjunta con el fertilizante.
3. Se puede colocar directamente con la semilla.
4. Al momento de desyerbar y aporcar es buena oportunidad para su incorporación.
5. En árboles frutales o forestales se aplica en la zona que cubre el sistema radical activo, se hace una zanja alrededor y lejos del tallo no más allá de la proyección de las ramas, se aplica y se cubre.
6. Utilizar en mezcla para llenado de bolsas. Investigaciones realizadas indican que más allá de un 30 % no es asimilado.
7. Se recomienda de 3 - 4 ton / ha; sin embargo, no olvidar hacer un análisis químico tanto del suelo como al abono.

La cantidad de lombrihumus empleada por cultivo, ha sido por decisión de los productores (as), por lo que no afecta el desarrollo de los mismos debido a que la población de microorganismos formadores de materia orgánica existentes beneficia el reciclaje de nutrientes y mejoran los suelos (PRODES 2002).

Tabla 2. Cantidad de lombrihumus sugerida para aplicarse a diversos cultivos

CULTIVO	CANTIDAD MINIMA/PTA(LBS)	CANTIDAD MAXIMA/PTA(LBS)
Plátano	0.50	5
Café	0.25	2
Cacao	0.25	2
Cítricos	1.00	2
Aguacate	0.50	2
Tomate	0.50	2

Fuente: PRODES (2002)

3.10.3. Influencia de la lombriz en el suelo

El humus de la lombriz está compuesto principalmente de carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno, encontrándose una gran variedad de microorganismos. Las cantidades de estos alimentos dependerán de las características químicas del sustrato que dieron origen a la alimentación de las lombrices (Martínez 1996).

INFOAGRO (2003), informa que el lombrihumus cumple un rol trascendente al corregir y mejorar las condiciones físicas, químicas, biológicas de los suelos influyendo de la siguiente manera:

3.10.3.1 Acción sobre las características físicas y estructura del suelo

El efecto más importante de la lombriz en el suelo, desde el punto de vista físico, se relaciona con su capacidad de barrenarlo y la deposición de excreciones en las galerías barrenadas.

El constante movimiento de las lombrices en el suelo favorece la formación de agregados, infiltración de agua, permeabilidad, mayor capacidad de retención de agua, aireación y menor cohesión del suelo.

Mejora la estructura dando soltura a los suelos pesados y compactos, barrenando cerca del 5 % del volumen total del suelo agrícola, lo que permite un aumento en la porosidad.

Las excretas de las lombrices están compuestas de materia vegetal y suelo digerido encontrándose por lo general en la superficie del suelo o dentro de las galerías, lo que favorece el desarrollo del perfil.

3.10.3.2 Acción sobre las características químicas y morfológicas del suelo

Una vez que las lombrices ingieren y digieren la materia orgánica, depositan sus excretas en el suelo lo que permite una mejor distribución de los nutrientes en el mismo, a la vez que se encuentra disponible para las plantas.

Las lombrices no sólo participan en la mineralización del nitrógeno orgánico, sino que también aporta este elemento a través de sus secreciones, como la orina que es en su mayor parte N.

Con su movimiento trasladan material calcáreo hasta la superficie y la materia orgánica humificada la depositan en los horizontes de los suelos. Inhibe el crecimiento de hongos y bacterias que afectan a las plantas. Inactiva los residuos de plaguicidas debido a su capacidad de absorción.

3.10.3.3 Acción sobre las características biológicas del suelo

Participación primaria a la fauna en el proceso de fragmentación además que participa en el proceso de reproducción y dispersión de microorganismos.

Al existir condiciones óptimas de aireación, permeabilidad, pH y otros se incrementa y diversifica la flora microbiana.

El 10 % de la producción total de dióxido de carbono en el suelo se atribuye a la fauna, de la cual forma parte la lombriz.

El lombríhumus es fuente de energía la cual incentiva a la actividad microbiana.

La presencia de humus favorece el desarrollo de las raíces, influye en la germinación de la semilla, mejora el crecimiento vegetativo de las plantas, floración, reproducción de frutos y absorción de los elementos nutritivos.

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1. Descripción del área de estudio

4.1.1. Ubicación

El presente estudio se realizó en la finca de la Universidad Nacional Agraria Sede Camoapa, ubicada en el municipio de Camoapa departamento de Boaco, a una distancia de 117 Km de la capital.

El municipio de Camoapa (Anexo 3) está ubicado en la parte sudeste del departamento de Boaco, su extensión territorial es de 1,438 Km² (INEC, 2000), Se localiza entre los 12° 23' de latitud norte y 85° 30' longitud oeste, siendo el de mayor extensión territorial del departamento, limita al norte con el departamento de Matagalpa y el municipio de Boaco, al sur con Chontales, al este con la RAAS y al oeste con el municipio de San Lorenzo (INIFOM, 1995).

De acuerdo al mapa de precipitación el área de estudio es atravesada por las curvas Isoyetas de 1,600 mm, por el noroeste, con un rango hasta 2,000 mm anuales con temperaturas promedios anuales de 24 °C y 25 °C, con una humedad relativa de 73.71 %; precipitación promedio de 1,554.24 mm; una evaporación promedio anual de 1,671 mm; velocidad promedio anual de los vientos de 1.66 m/s, dirección predominante de los vientos NE; la menor evaporación se presenta en la parte alta del área donde se dan las temperaturas más bajas y van aumentando a medida que se desciende topográficamente.

El Municipio se encuentra localizado en una zona que corresponde a una parte ondulada y baja que se extiende descendiendo hacia la llanura aluvial del Caribe, con predominancia de una cultura productiva ganadera y donde la tenencia de la tierra está orientada hacia haciendas de ganadería extensiva, como característica de ese territorio (INIFOM, 1995).

4.2. Tratamientos evaluados

Los tratamientos evaluados se determinaron de acuerdo a experiencias de algunos lombricultores que han trabajado con rangos de maduración desde 10 hasta 20 días, sin embargo no tienen definido un día específico de maduración. Considerando los días de maduración como el proceso de estabilización desde la recolección del estiércol hasta el suministro del mismo, a las unidades experimentales, se evaluaron los siguientes tratamientos en los meses comprendidos de abril a agosto del año 2003:

A: Estiércol de bovino con 9 días de maduración.

B: Estiércol de bovino con 13 días de maduración.

C: Estiércol bovino con 17 días de maduración.

D: Estiércol de bovino con 21 días de maduración.

4.3 Variables medidas

4.3.1. Proporción de lombrices

Debido a la presencia de dos especies diferentes en el estudio, *E. foetida* (Californiana) y *E. eugeniae* (Africana) se procedió a determinar la proporción de cada una, a través de un muestreo en cada unidad experimental. El muestreo consistió en pesar 25 gramos de lombrices con 10 repeticiones, luego se hizo la separación y se pesó cada especie para posteriormente calcular el porcentaje correspondiente a cada una.

4.3.2. Peso de lombrices

Al inicio del ensayo y dependiendo de la disponibilidad del material se colocaron 0.5 Kg de lombrices en cada unidad experimental. Al final del mismo se determinó un estimado de peso total a través de un muestreo de 10 % en cinco puntos del volumen total de cada unidad y de esa forma se extraían y pesaban las lombrices, luego se extrapolaron los datos al 100 %, obteniendo de esta manera el peso final por tratamiento.

4.3.3. Producción de humus

Al final del ensayo se realizó un estimado de peso total de humus (Kg) a través de un muestreo de 10 % del volumen total en cinco puntos de cada unidad experimental, luego se separaban las lombrices y se pesaba el humus que posteriormente se extrapolaba al 100%.

4.4. Diseño experimental

El diseño utilizado fue un Diseño Completo al Azar, utilizando 4 tratamientos y 8 unidades experimentales por tratamiento (Anexo 4).

Para la debida ejecución del ensayo se construyó un cantero de 8.68 m de largo, 1.33 m de ancho y 0.4 m de profundidad delimitado por piedras canteras y dividido internamente con madera para formar 32 unidades experimentales con un tamaño de 0.5 m de largo, 0.4 m de profundidad y 0.5 m de ancho cada una en el cual fueron distribuidos aleatoriamente los tratamientos.

Esta infraestructura fue ubicada en un área protegida del viento y se le adicionó un techo rústico de palma para protegerla del sol y la lluvia.



Figura 1. Infraestructura utilizada para la distribución de los tratamientos

4.5. Procedimiento experimental

El material usado como sustrato para las lombrices fue de estiércol bovino. Una vez trasladado al área experimental se almacenaba en lugares planos y sombreados. Humedeciéndolo cada dos días con cuatro galones de agua para mantener una humedad de 80 – 82.5 % y temperatura entre 19 y 25 °C. Cada dos días se realizaba volteo del mismo para garantizar la aireación y a la vez eliminar sustancias tóxicas y microorganismos patógenos que pudieran alterar la buena ejecución del ensayo.

Los tratamientos se manejaban de forma similar en cuanto a aplicación de agua, volteo y exposición al sol, para garantizar la buena precisión en los resultados experimentales.

El sustrato fue manejado uniformemente por un período de 9, 13, 17, y 21 días, estos eran expuestos al sol por una hora cada dos días, para eliminar microorganismos patógenos o sustancias tóxicas que pudieran alterar el desarrollo del ensayo, a la vez controlar la humedad, temperatura y el potencial de Hidrógeno.

Durante todo el ensayo se dio mantenimiento a todas las unidades experimentales con el objetivo de garantizar las condiciones óptimas para el buen desarrollo y adaptación de las lombrices:

- El control de la humedad consistió en aplicar ocho galones de agua cada dos días, la que funcionó como un termorregulador del sustrato.
- Cada siete días se suministraban seis kilogramos de alimento por unidad experimental, en el momento que se observaban gránulos en la superficie del sustrato (lo que indicaba que el alimento había sido digerido por las lombrices).
- Se realizaba limpieza al contorno para prevenir la presencia de agentes depredadores, además se revisaba periódicamente el material experimental con la finalidad de eliminar plagas como hormigas, planarias, entre otras.

4.6. Análisis estadístico

Se realizó un Modelo Aditivo Lineal (MAL) cuyos resultados se analizaron mediante el paquete estadístico SAS para someter a contraste las hipótesis referidas al efecto del tiempo de maduración sobre la producción de humus y reproducción de lombrices.

4.6.1. Modelo aditivo lineal

$$\gamma_{ij} \approx \nu + \tau_i + \varepsilon_{ij}.$$

Donde:

γ_{ij} = i - ésima observación del j - ésimo período de maduración.

ν = Media general de los datos provenientes del ensayo.

τ_i = Efecto del i – ésimo período de maduración del estiércol bovino

ε_{ij} = Error aleatorio de variación

4.6.2. Análisis de Regresión

Los datos que presentaron diferencias significativas en el Modelo Aditivo Lineal, fueron sometidos a un análisis de regresión para determinar la relación de los períodos de maduración del estiércol con las variables evaluadas y de esa manera pronosticar el período de maduración de mayor relevancia en la producción y reproducción de humus y lombrices.

Se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$y \approx \alpha + \beta x + \varepsilon,$$

Donde:

y = variable explicada por el efecto del tiempo de maduración de estiércol bovino.

α = punto de intersección de la pendiente de regresión sobre el eje de la variable explicada.

β = pendiente de regresión que expresa la relación lineal entre la variable explicada y el período de maduración del estiércol.

x = variable explicativa que equivale al tiempo de maduración del estiércol bovino.

ε = error aleatorio de variación

4.7. Análisis químico

El humus producido por cada tratamiento se sometió a análisis químico en el laboratorio de suelos y agua de la Universidad Nacional Agraria utilizando los siguientes métodos:

El método de la mezcla sulfo selenio (Digestión húmeda) para determinar Nitrógeno total, Fósforo Total y Potasio Total.

Para determinar el carbono orgánico total se utilizó el método Sholleberger.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente trabajo permitió obtener resultados que ayudan al fortalecimiento de los sistemas de producción agropecuario y la valoración del comportamiento y adaptación de las lombrices, bajo diferentes tiempos de maduración del sustrato utilizado, así como la producción cuantitativa y cualitativa de humus.

5.1. Proporción de lombrices

Los resultados del análisis estadístico muestran que no existe diferencia significativa ($Pr \leq 0.05$) en cuanto a la proporción de lombrices utilizadas en los cuatro tratamientos, la estimación de las proporciones demuestra que hay promedios superiores de *E. foetida* con respecto a *E. eugeniae*; sin embargo las proporciones fueron homogéneas para todas las unidades experimentales.

Tabla 3. Proporción promedio de Lombrices Californiana (*E. foetida*) y Africana (*E. eugeniae*) utilizadas en el presente ensayo. Camoapa, Nicaragua 2003.

TRATAMIENTOS	OBSERVACIONES	CALIFORNIANA (%)	AFRICANA (%)
A (9 días)	8	83.125 a	16.875 a
B (13 días)	8	80.875 a	19.125 a
C (17 días)	8	76.875 a	23.125 a
D (21 días)	8	78.750 a	21.25 a

Estudio realizado por Espinoza, *et. al.* (1997) en el departamento de Estelí – Nicaragua alcanzaron una proporción de 62 % de lombrices rojas africanas y 38 % californianas; logrando una producción satisfactoria de humus, utilizando como sustrato una mezcla de estiércol bovino y de conejo.

Sánchez (2001), describe a la lombriz africana como más agresiva, y a la roja californiana, como más precoz, es decir, que la producción de huevos es más

rápida en esta última. Posiblemente esa sea la causa de la mayor proporción de lombrices californianas utilizadas en el presente ensayo.

5.2. Peso de lombrices

La tabla 4 muestra los pesos promedio de lombrices obtenidos en cada tratamiento. Los resultados del modelo aditivo lineal muestran que no existe diferencia significativa ($P > 0.6717$) en la producción de las lombrices para los cuatro tratamientos evaluados, esto indica que cualquier período de maduración es adecuado para la producción de las lombrices.

Tabla 4. Peso promedio de lombrices (Kg) por unidad experimental en los tratamientos evaluados. Camoapa, Nicaragua 2003.

Parámetro/Tratamientos	A(9días)	B(13días)	C(17días)	D(21días)
Media	1.12 a*	1.64 a	1.33 a	1.41 a
Desviación estándar	0.95	0.51	0.68	0.55
<i>Producción estimada Ton/ ha</i>	44.8	65.6	53.2	56.4

* Una misma letra indica que no hay diferencia de peso entre los tratamientos evaluados.

Estos resultados son superiores a los reportados por PRODES, (1998), indicando que una hectárea de cultivo de lombrices produce anualmente y después del tercer año, 39 toneladas de lombrices, que convertidas a harina de lombriz, son 7.8 toneladas.

Según PRODES (1998), una lombriz está constituida por 80 % de agua y 20 % de materia seca. CIPAV, (1987) citado por Santillán (1995), reporta una producción inferior a la del presente ensayo, de 4.28 ton /ha/trimestre de materia seca, o sea 21.4 toneladas de lombrices por hectárea utilizando estiércol de vaca.

Legall (1995), en la escuela de agricultura y ganadería de Estelí, obtuvo resultados similares a los del presente ensayo indicando que de una hectárea de cultivo de lombrices bajo condiciones controladas y utilizando estiércol bovino, se obtuvo una producción de 60 toneladas en la Escuela de agricultura y ganadería de Estelí.

5.3. Producción de humus

La producción de abono orgánico, a través de la lombricultura ha sido una actividad que ha venido a disminuir el trabajo que realiza la familia productora con relación a la producción de abono orgánico, usando desechos animales. Actualmente muchas familias están utilizando este tipo de abono para fertilizar sus cultivos a pequeña escala tales como: hortalizas y frutales, aunque algunos lo han utilizado en granos básicos (PRODES, 2002).

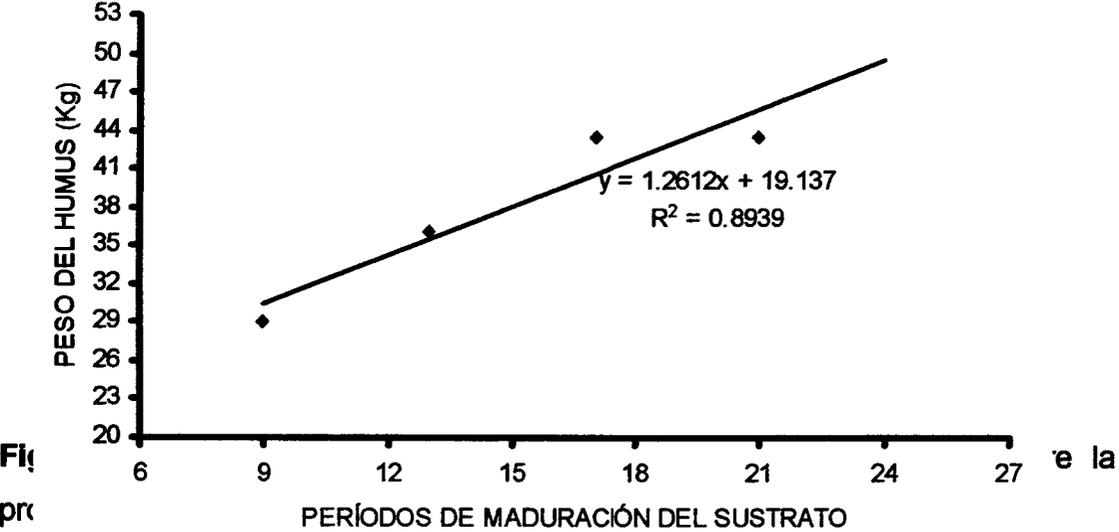
Al someter los datos obtenidos sobre producción de humus al Modelo Aditivo Lineal se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Dicho análisis se describe en la siguiente tabla:

Tabla 5. Modelo Aditivo Lineal de producción de humus por unidad experimental en los tratamientos evaluados. Camoapa, Nicaragua 2003.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	P > F
Tratamientos	3	1,138.825	379.608	4.45	0.0112
Error	28	2,388.939	85.319		
Total	31	3,527.764			

Los datos fueron sometidos a un análisis de regresión lineal, obteniéndose una tendencia positiva con resultado estadístico significativo ($Pr > F$ 0.0545). El análisis indica que a medida que aumenta el período de maduración aumenta la producción de humus (Figura 2) y se acepta la ecuación de regresión para

predecir dicho comportamiento ($Y = 1.2612x + 19.137$) con un coeficiente de determinación de $R^2 = 0.8939$.



PRODES (1998), indica que una hectárea de cultivo de lombrices produce todos los años después del tercer año entre 900 a 1,300 toneladas de lombrihumus.

La producción de humus encontrado en el presente ensayo, se representa en la siguiente tabla:

Tabla 6. Peso promedio de humus (Kg) por unidad experimental en los tratamientos evaluados. Camoapa, Nicaragua 2003.

Parámetro/Tratamientos	A(9días)	B(13días)	C(17días)	D(21días)
Media	38.79	36.19	43.44	43.49
Desviación estándar	3.11	1.84	1.60	2.44
<i>Producción estimada Ton/ ha/ día</i>	<i>17.24</i>	<i>16.08</i>	<i>19.30</i>	<i>19.33</i>

Según Martínez, (1996) con una vaca estabulada se producen 32 Kg de estiércol por día, lo que equivale a 12 toneladas al año, logrando producir como mínimo 7 toneladas de abono al año en una superficie de 10 m² cultivada de lombrices.

Estas constituyen uno de los más importantes grupos, debido a que conforman los verdaderos intestinos del suelo orgánico (Restrepo, 1998, citado por PRODES, 2002). Se encuentran en cantidades que pueden pasar fácilmente los diez millones de ejemplares en una hectárea, lo que equivale a más de dos toneladas de lombrices con gran capacidad para mover hasta 30 toneladas de suelo por hectárea por año, convirtiéndose así en un verdadero arado vivo para el suelo.

5.4. Análisis químico

Al final del ensayo se realizó un análisis químico del humus producido (Anexo 5), los métodos utilizados fueron Mezcla Sulfo Selenio para Nitrógeno total, Fósforo total y Potasio total. Para determinar Carbono Orgánico total se utilizó el método Sholleberger.

Tabla 7. Resultados del análisis químico del humus producido en el presente ensayo. Camoapa, Nicaragua 2003.

Tratamiento / parámetros	N Total (%)	P Total (%)	K Total (%)	C.O. Total (%)	pH
A (9 días)	0.87	0.28	0.66	16.8	7.5
B (13 días)	1.66	0.19	0.65	16.5	7.5
C (17 días)	0.96	0.09	0.57	12.3	7.5
D (21 días)	1.22	0.19	0.49	13.0	7.5

Fuente: LABSA UNA – Managua/2003

En Nicaragua, el INTA (1999), encontró resultados inferiores a los del presente experimento en rangos promedios nitrógeno 0.73 %; en el caso del fósforo 0.30 %, para el caso del potasio 0.54 % y en pH los resultados fueron similares 7.6

Hernández (1990), encontró resultados inferiores a los del presente ensayo entre los rangos promedios Nitrógeno (N) 1.01, en el caso del fósforo (P) 0.23 %, para el caso del (K) 0.13 %, pH 7.2 y superiores en materia orgánica (24%)

Compagnoni y Putzolu, (1990), encontraron resultados superiores al del presente ensayo en rangos promedios en fósforo (P) 2 – 2.5 %, para el caso de potasio (K) 4 – 6 %, para el PH niveles entre 6.7 - 7.2 y M. O rangos entre 55 – 70 % y resultados similares en Nitrógeno (N) niveles entre 1.8 – 2 %.

Legall, (1995) encontró resultados superiores en fósforo (P) rangos entre 2 – 2.5 %, potasio (K) niveles entre 1 – 1.5 %, M O rangos entre 65 – 70 %, y similares a Nitrógeno (N) rangos promedios 1.5 – 2 %.

Infoagro (2003), reporta resultados superiores a los del presente trabajo en: fósforo (P) rangos entre 2 – 8 y para el caso del potasio (K) 1 – 2.5 y similares a los del Nitrógeno (N) 1 – 2.6 y PH niveles de 6.8 – 7.2.

VI. CONCLUSIONES

El presente ensayo ha permitido evaluar el comportamiento de lombrices rojas (*Eisenia foetida* y *Eudrillus eugeniae*) utilizando estiércol bovino. Esto permite llegar a las siguientes conclusiones sobre su adaptación:

- Los datos obtenidos en el presente experimento indican que la producción de lombrices no presenta diferencias significativas al ser sometidas a los tiempos de maduración del sustrato bovino de 9, 13, 17 y 21 días, por lo que en cualquier tiempo de maduración se obtiene el mismo resultado.
- La producción de humus es mayor de 38 kg por unidad experimental a medida que aumenta el tiempo de maduración del sustrato bovino. Posiblemente hay un límite de este efecto porque a medida que aumenta el tiempo de maduración hay una disminución del potencial nutritivo de este y la presencia de algunas plagas que pueden afectar la producción.
- Los resultados del análisis químico del humus producido están en el rango de valores reportados por diversos autores con el uso del mismo y otros sustratos, lo que da seguridad de utilización de éste para la fertilización de áreas de cultivo y estímulo al productor para su explotación.
- Con el presente estudio se ha generado información importante sobre la explotación de lombrices que puede incidir en la posibilidad de incorporación de esta biotecnología en los sistemas de producción para mejorar los rendimientos actuales por la carencia de insumos.

VII. RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente ensayo se recomienda:

- La utilización del periodo de maduración del sustrato bovino de 21 días para la producción de lombrices y humus.
- Realizar nuevos estudios en épocas bien definidas y con períodos de maduración cercanos al evaluado en el tratamiento D (estiércol con un periodo de 21 días), para determinar el comportamiento de las lombrices, debido a que el ensayo se llevo a cabo entre los meses de abril y agosto (verano e invierno).
- En futuros ensayos incluir análisis químico tanto del sustrato suministrado como del humus producido, que permita definir si, este tiene influencia sobre la calidad del abono producido y la producción de lombrices.

VIII. BIBLIOGRAFIA.

- A DE HARO VERA. 1991. Atlas de Zoología: Invertebrados. Javer, Barcelona, España.
- ALAS, M Y SÁNCHEZ, NICARAGUA. 2001. Fomentan Lombricultura en el Departamento de Rivas. Prensa, Rivas, NI 5: 7 A.
- BALMACEDA L. GUZMÁN F. 1996. La Lombricultura para uso agrícola y pecuario. Managua, Nicaragua. 18 p.
- CENTA – FAO. 2000. Manejo integrado de la fertilidad del suelo en zona de laderas. 2do Ed. El Salvador, impresos urgentes. 136 P.
- COMPAGNONI C. Y G. PUTZOLU. 1998. Cría moderna de las lombrices y utilización rentable del humus. 2do Ed. Vecchi. 1. P.
- ESPINOZA, M. ET AL. 1997. Inclusión de tres niveles de estiércol de conejo (40 – 60 – 80 %). En el estiércol bovino (60 – 40 – 20%) para alimentación de lombrices rojas africanas (*Eudrillus eugeniae*). Y rojas californianas (*Eisenia foetida*) tesis Ingeniero agrónomo. Escuela de agricultura y ganadería. Estelí, Nicaragua. 31 p.
- FERRUZI, C. 1994. Manual de lombricultura. Ed. Mundi Prensa, Madrid, España. 138 P.
- FUNDACIÓN HOGARES JUVELNILES CAMPESINOS, 2002. Manual Agropecuario: Tecnologías orgánicas de la granja integral y autosuficiente: Lombriz roja californiana. Bogota, Colombia, Quebecor World. 1191 P.

- HERNÁNDEZ, F. 1998. La lombricultura: Apuntes sobre lombricultura. Boaco, Nicaragua. 47 P.
- INCER BARQUERO, J. 2000. Geografía Dinámica de Nicaragua. Editorial Hispamer, S.A. Managua, Nicaragua. 281 p.
- INSTITUTO DE DESARROLLO RURAL (IDR). 2000. Producción de Lombricultura.
- INFOAGRO, 2003. Agro información: La lombricultura (en línea). DF, México. 17 Jun. 2003. Disponible en www.infoagro.com
- INSTITUTO NICARAGUENSE DE FOMENTO MUNICIPAL (INIFOM), 1995. Producción de lombricultura. Sin notas tipográficas, Boaco, Nicaragua. 6 P.
- INSTITUTO NICARAGÜENSE DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA (INTA). 1999. Manejo integrado de la fertilidad de los suelos de Nicaragua.
- LEGALL, J (1995) Lombricultura. Estelí. Nicaragua. 22 P.
- LÓPEZ, J. 1995. Reutilización de residuos urbanos en agricultura: parámetros de control del compostaje y aplicación del compostaje a residuos orgánicos Madrid, España, AEDOS.
- MARTÍNEZ, C 1996. Potencial de la lombricultura. México. S. E. 140 p.
- MARTÍNEZ, M. 2001. Beneficios de la lombricultura son aprovechados en la Guinea. Prensa, Nueva Guinea, Nicaragua Junio 7: 6 A.
- MINAGRI, 1998. Revolución subterránea. Habana, Cuba. (videocasete). 1 video cinta en VHS (15 min.), sonido, color.

PAGES R. Sin Fecha. Lombricultura; beneficios para los suelos y alimento animal. Habana, Cuba, p 1 – 2

PROYECTO DE DESARROLLO RURAL (PRODES). 1998. Como criar lombrices de tierra. Nueva Guinea. Muelle de los Bueyes – Rama, Nicaragua. 13 p.

PROYECTO DE DESARROLLO RURAL (PRODES). 2002. Lombricultura: descripción, difusión de su tecnología y estudio de su aplicación. Managua, Nicaragua. 70 p.

RECALDE, L 2003. Proyecto: Lombrices californianas (*Eisenia foetida*). (En línea). Argentina. 18 mayo 2003. disponible en monografias.com

SANTILLÁN, R. (1995). Manual de lombricultura. Sin notas tipográficas. 12 p.

SÁNCHEZ, N. 2001. Fomentan Lombricultura en departamento de Rivas. La Prensa. Managua, Nicaragua. enero. 5: 6A.

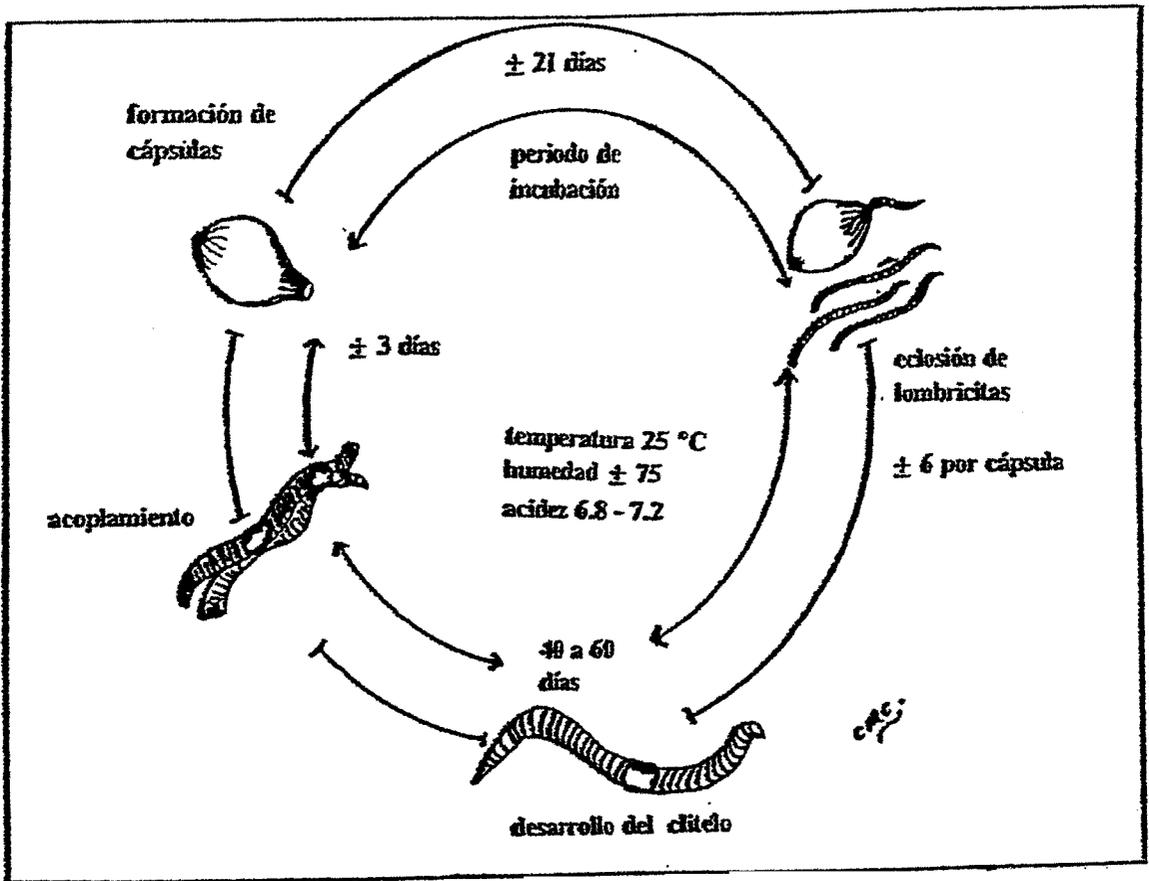
IX. ANEXOS

Anexo 1. Morfología de la lombriz roja



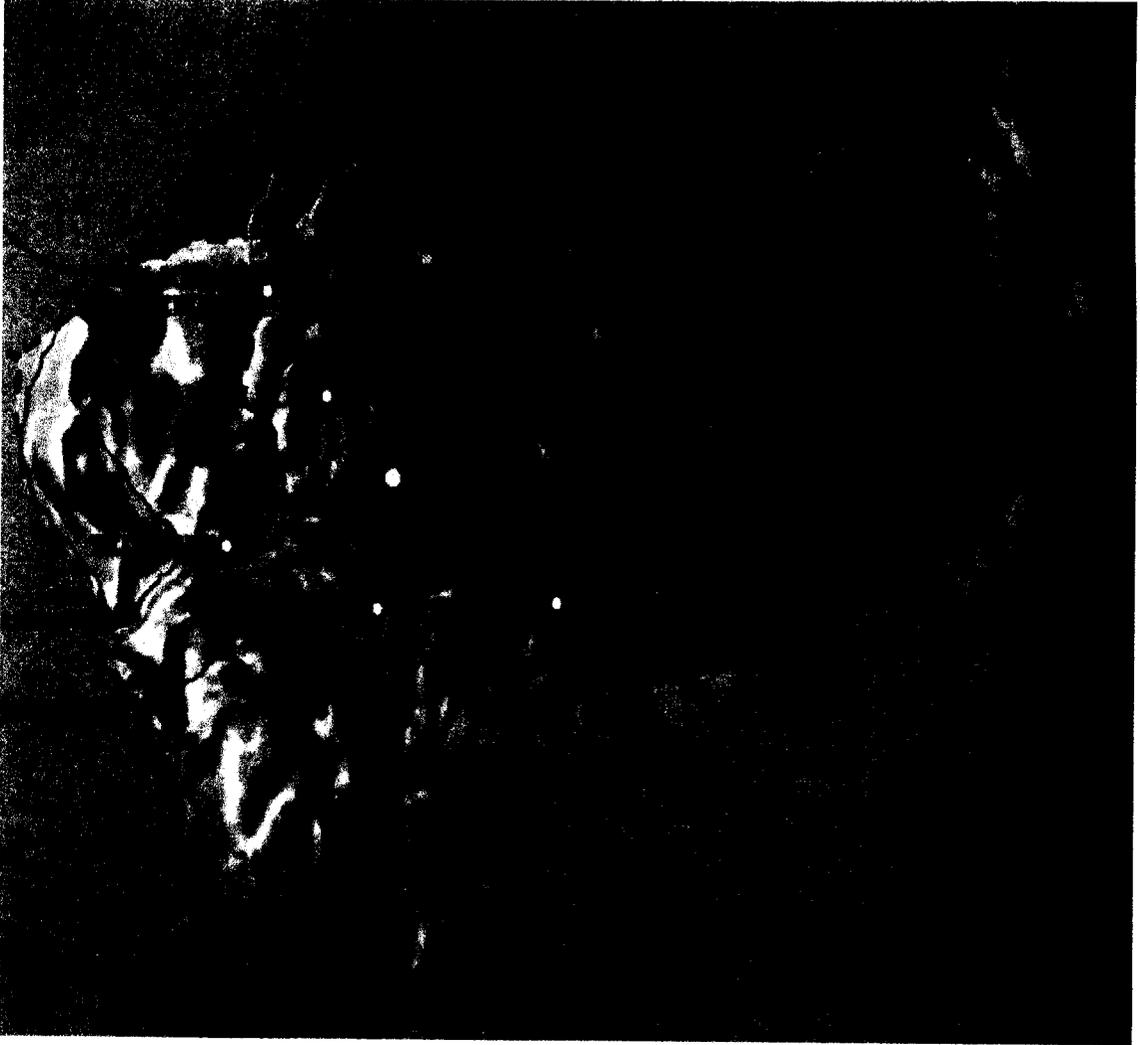
Fuente: Fundación de hogares Juveniles campesinos, 2002

Anexo 2. Ciclo reproductivo de la lombriz roja



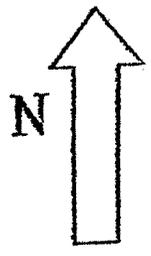
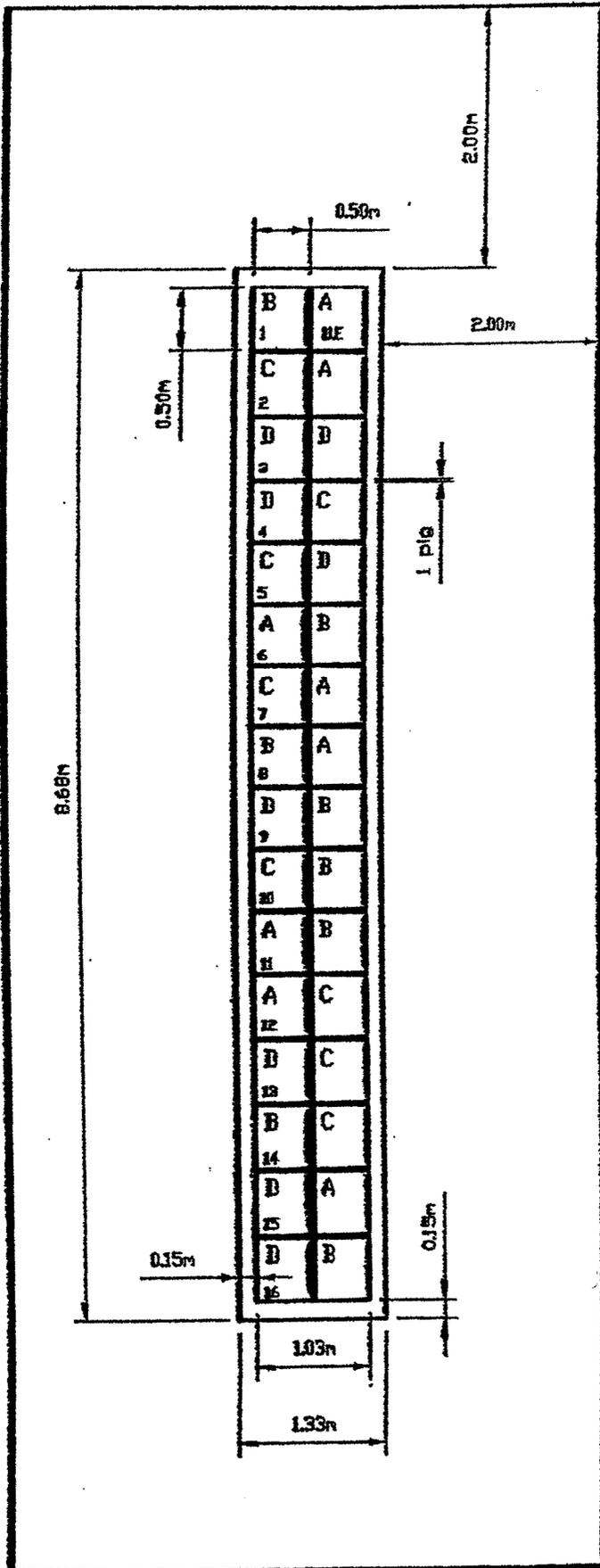
Fuente: Martínez C. 1994 (modificado de Reicnecke, A. et al. 1991)

Anexo 3. Mapa del departamento de Boaco



Fuente: Incer J. (2000)

Anexo. 4 Diseño de Campo



Anexo 5. Análisis químico del humus producido

