

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**  
**ESCUELA DE ZOOTECNIA**

**“EFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA DE LOMBRIZ  
COQUETA ROJA (*Eisenia foetida*), EN PULPA DE CAFÉ, SOBRE LOS  
ASPECTOS PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS”.**

**LUIS GABRIEL MARTÍNEZ MARCHORRO**

**GUATEMALA, MAYO DE 2004**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA DE ZOOTECNIA**

**"EFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA DE LOMBRIZ  
COQUETA ROJA (*Eisenia foetida*), EN PULPA DE CAFÉ, SOBRE  
LOS ASPECTOS PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS".**

**TESIS**

**PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA DE LA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**POR**

**LUIS GABRIEL MARTINEZ MARCHORRO**

**AL CONFERÍRSELE EL GRADO ACADÉMICO DE**

**LICENCIADO EN ZOOTECNIA**

**GUATEMALA, MAYO DE 2,004**

**JUNTA DIRECTIVA**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**  
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

|                    |                                      |
|--------------------|--------------------------------------|
| <b>DECANO:</b>     | <b>Dr. M.V. Mario Llerena</b>        |
| <b>SECRETARIA:</b> | <b>Dra. M.V. Beatriz Santizo</b>     |
| <b>VOCAL I:</b>    | <b>Lic. ZOOT. Carlos Saavedra</b>    |
| <b>VOCAL II:</b>   | <b>Dr. M.V. Fredy González</b>       |
| <b>VOCAL III:</b>  | <b>Dr. M.V. Edgar Bailey</b>         |
| <b>VOCAL IV:</b>   | <b>Br. Estuardo J. Ruano Estrada</b> |
| <b>VOCAL V:</b>    | <b>Br. Daniel Barrios Recinos</b>    |

**ASESORES**

**Ing. Agr. Zoot. Isidro Miranda**

**Lic. Zoot. Gabriel Mendizábal**

**Lic. Zoot. Enrique Corzantes**

**Lic. Zoot. Jorge Sinay**

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

**CUMPLIENDO CON LO ESTABLECIDO POR LOS ESTATUTOS DE  
LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, PRESENTO  
A CONSIDERACIÓN DE USTEDES EL TRABAJO DE TESIS  
TITULADO**

**"EFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA DE LOMBRIZ  
COQUETA ROJA (*Eisenia foetida*), EN PULPA DE CAFÉ, SOBRE  
LOS ASPECTOS PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS".**

**COMO REQUISITO PREVIO A OPTAR**

**AL TITULO PROFESIONAL DE**

**LICENCIADO EN ZOOTECNIA**

## **TESIS QUE DEDICO**

**A DIOS**

**A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**A LA FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**A LA ESCUELA DE ZOOTECNIA**

**A MIS PADRES** Luis Felipe Martínez Bolaños y Verónica Marchorro Valenzuela, por todo el cariño, apoyo y confianza que me han brindado.

**A MIS HERMANOS** Marisol, Susi, Mario y Beto, por toda la ayuda y cariño que han dado a lo largo de mi carrera.

**A MI ESPOSA** Olga Marina Ruíz por todo el amor y apoyo que me brinda siempre.

**A MIS HIJOS** Anghie Gabriela y Juan Felipe, Por darme tanto amor y fuerzas para seguir adelante. (los quiero mucho).

**A MIS SOBRINOS** Josué, Saraí, Katy y Luis Carlos.

**A MIS ABUELOS** Jorge Martínez Rodríguez y María Ernestina Bolaños Salguero Q.E.P.D. y a Nicolas Marchorro y Candida Valenzuela.

**A MIS TIOS Y TIAS** En especial a Gloria, Oscar y Rigoberto Martínez por todo su cariño.

**A MIS PRIMOS (AS)** En especial a Alvaro Martínez, Yanira, Elvira, Gloria, Valentina, Julita, Julio Médina, Abner, Alis, Flor de María, Mariela, Elena, Mariita, Sofí, Brenda, Toño, Elva, Tita, Yovany, Jorge Martínez, Aura y Bety Marchorro.

**A MIS AMIGOS (as)** Alejandra Chávez, Vanesa Centeno, José Carlos Barrientos, Henry Turcios, Oscar Cruz, Maritza Girón, Evelin Médina, Mildred Recinos, Neftalí Médina, Monica Marroquín, Neil Paz, Estela Herrera,

**Carla Morales, René Juárez, Walleska Mos, Adolfo Cahueque, Kenia Pineda, Vilma Calderón, Desiré, Xiomara, Camilo Medina, Miriam, Verónica, Carlos Oseida, Marinéz Pérez, Fredy Isaguirre, Luis Roldán, Bernardo Estrada, Karla, Enma, Susana, Wilfredo Ruíz, Cristina Mazul, Karla, Karen Villaseñor, Olivia Nicolescú, William Hidalgo (y al personal de MFC, ACANA).**

## **AGRADEZCO**

**A DIOS**

**A MI HERMANA MARISOL**

Por todo su cariño y apoyo, mil gracias.

**A MIS COMPAÑEROS  
DE ESTUDIO**

Daniel Macz, Axel Montenegro, Antonieta Ramírez, Nancy Zamora, Wellington Hernández, Tono Rodríguez, Luis Arturo Aguirre, Luis Carlos Ramírez, por todos los buenos momentos compartidos.

**A MIS ASESORES**

Ing. Agr. Zoot. Isidro Miranda  
Lic. Zoot. Gabriel Mendizábal  
Lic. Zoot. Enrique Corzantes, por su apoyo en la elaboración de este trabajo de investigación.

**A MIS CATEDRATICOS**

Por brindarme sus conocimientos y apoyo. En especial a Ing. Miguel A. Gutiérrez, Lic. Robín Ibarra, Lic. Raúl Villeda, Lic. Carlos Muños, Lic. Carlos Saavedra, Dra. Beatriz Santizo, Lic. Rómulo Gramajo, Licda. Nancy Paiz, Licda. Rita Pérez, Dr. Mario Llerena, Ing. Isidro Miranda, Ing. Gilberto Santa María.

**A MIS COLABORADORES**

Olga Marina Ruíz y Barbara López, muchas gracias por su ayuda.

Al municipio de Jocotán Chiquimula.

y a todas las personas que me han apoyado siempre en todos los caminos de la vida que he pasado, en todas las metas que me he propuesto y en todo momento que los he necesitado, **MUCHAS GRACIAS.**

## INDICE

|               |   |           |
|---------------|---|-----------|
| <b>I.</b>     | <b>INTRODUCCION.....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>II.</b>    | <b>HIPOTESIS.....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>III.</b>   | <b>OBJETIVOS.....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>3.1</b>    | <b>General.....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>3.2</b>    | <b>Específicos.....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>IV</b>     | <b>REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>4.1</b>    | <b>La lombricultura.....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>4.2</b>    | <b>Generalidades de la lombriz coqueta roja (<i>Eisenia foetida</i>).....</b> | <b>6</b>  |
| <b>4.3</b>    | <b>Clasificación de la lombriz.....</b>                                       | <b>6</b>  |
| <b>4.4</b>    | <b>Características morfológicas y fisiológicas de la lombriz.....</b>         | <b>7</b>  |
| <b>4.5</b>    | <b>Factores que afectan a las lombrices.....</b>                              | <b>8</b>  |
| <b>4.5.1</b>  | <b>Plagas que amenazan a la coqueta roja.....</b>                             | <b>9</b>  |
| <b>4.6</b>    | <b>Métodos de cría.....</b>   | <b>10</b> |
| <b>4.7</b>    | <b>Humus.....</b>   | <b>13</b> |
| <b>4.8</b>    | <b>Producción de humus.....</b>   | <b>14</b> |
| <b>V.</b>     | <b>MATERIALES Y METODOS.....</b>  | <b>17</b> |
| <b>5.1.</b>   | <b>Localización.....</b>  | <b>17</b> |
| <b>5.2.</b>   | <b>Manejo del experimento.....</b>  | <b>17</b> |
| <b>5.2.1.</b> | <b>Pre-fase (preparación del sustrato).....</b>                               | <b>17</b> |
| <b>5.2.2.</b> | <b>Primera fase (adaptación).....</b>   | <b>18</b> |
| <b>5.2.3.</b> | <b>Segunda fase.....</b>  | <b>18</b> |

|              |   |           |
|--------------|---|-----------|
| <b>5.3</b>   | <b>Diseño Experimental.....</b>   | <b>19</b> |
| <b>5.4</b>   | <b>Tratamientos.....</b>  | <b>19</b> |
| <b>5.5</b>   | <b>VARIABLES EVALUADAS.....</b>   | <b>20</b> |
| <b>5.6</b>   | <b>Análisis Estadístico.....</b>  | <b>20</b> |
| <b>VI.</b>   | <b>Resultados y Discusión.....</b>  | <b>21</b> |
| <b>6.1.</b>  | <b>Porcentaje de adaptación de la coqueta roja en pulpa de café.....</b>                | <b>21</b> |
| <b>6.2.</b>  | <b>Comportamiento reproductivo.....</b>   | <b>22</b> |
| <b>6.3.</b>  | <b>Capacidad de procesamiento.....</b>  | <b>23</b> |
| <b>6.4</b>   | <b>pH y disponibilidad de elementos químicos (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe y Mn.....</b> | <b>28</b> |
| <b>6.5</b>   | <b>Temperatura.....</b>   | <b>26</b> |
| <b>6.6</b>   | <b>Análisis bromatológico de la coqueta roja.....</b>                                   | <b>28</b> |
| <b>VII.</b>  | <b>CONCLUSIONES.....</b>  | <b>29</b> |
| <b>VIII.</b> | <b>RECOMENDACIONES.....</b>   | <b>31</b> |
| <b>IX.</b>   | <b>RESUMEN.....</b>   | <b>32</b> |
| <b>X.</b>    | <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>  | <b>33</b> |
| <b>XI.</b>   | <b>ANEXOS.....</b>  | <b>35</b> |

## INDICE DE CUADROS

|                 |  |
|-----------------|--|
| <b>CUADRO 1</b> | <b>Efecto del periodo de maduración de la pulpa.....21<br/>de café, sobre la adaptación de la coqueta roja.</b>  |
| <b>CUADRO 2</b> | <b>Comportamiento reproductivo; promedios de lombrices jóvenes<br/>y adultas de coqueta roja, en función de la densidad de<br/>siembra.....22</b>                                |
| <b>CUADRO 3</b> | <b>Efecto de la densidad de siembra de la coqueta<br/>roja, sobre su capacidad de procesamiento en<br/>pulpa de café.....24</b>  |
| <b>CUADRO 4</b> | <b>Efecto de la maduración de la pulpa de café y del<br/>vermicompostaje, sobre el pH y la disponibilidad<br/>de elementos químicos en los distintos<br/>tratamientos.....25</b> |
| <b>CUADRO 5</b> | <b>Temperatura promedio del sustrato y del ambiente.....27</b>   |
| <b>CUADRO 6</b> | <b>Análisis bromatológico de la lombriz coqueta roja.....28</b>  |

## INDICE DE ANEXOS

|                        |  |           |
|------------------------|--|-----------|
| <b>Gráfica No. 1.</b>  | <b>Porcentaje de adaptación de la coqueta roja en pulpa de café.....</b>                         | <b>36</b> |
| <b>Gráfica No. 2.</b>  | <b>Comportamiento reproductivo.....</b>  | <b>36</b> |
| <b>Gráfica No. 3.</b>  | <b>Capacidad de procesamiento.....</b>   | <b>37</b> |
| <b>Gráfica No. 4.</b>  | <b>Temperatura promedio del sustrato y del ambiente.....</b>                                     | <b>37</b> |
| <b>Gráfica No. 5.</b>  | <b>Análisis bromatológico de la lombriz coqueta roja.....</b>                                    | <b>38</b> |
| <b>Gráfica No. 6.</b>  | <b>Efecto de la maduración de la pulpa de café y del vermicompostaje sobre el pH.....</b>        | <b>39</b> |
| <b>Gráfica No. 7.</b>  | <b>Efecto de la maduración de la pulpa de café y del vermicompostaje sobre el Calcio.....</b>    | <b>39</b> |
| <b>Gráfica No. 8.</b>  | <b>Efecto de la maduración de la pulpa de café y del vermicompostaje sobre el Potasio.....</b>   | <b>40</b> |
| <b>Gráfica No. 9.</b>  | <b>Efecto de la maduración de la pulpa de café y del vermicompostaje sobre el Cobre.....</b>     | <b>40</b> |
| <b>Gráfica No. 10.</b> | <b>Efecto de la maduración de la pulpa de café y del vermicompostaje sobre el Nitrógeno.....</b> | <b>41</b> |

|                        |   |           |
|------------------------|---|-----------|
| <b>Gráfica No. 11.</b> | <b>Efecto de la maduración de la pulpa de café y del vermicompostaje sobre el Magnesio.....</b>         | <b>41</b> |
| <b>Gráfica No. 12.</b> | <b>Efecto de la maduración de la pulpa de café y del vermicompostaje sobre la materia orgánica.....</b> | <b>42</b> |

## I. INTRODUCCIÓN

Cada vez es más problemático resolver las necesidades alimenticias de la creciente población mundial. La lombricultura es una actividad zootécnica centrada en la crianza de lombrices, las que posteriormente se utilizan con diversos fines. La lombriz se utiliza como herramienta de trabajo para la transformación de desechos orgánicos, como lo es la pulpa de café. En las lombrices hay una alternativa viable y sustentable que poco a poco toma mayor importancia para cubrir las necesidades de alimentación básica, su costo es bajo y ofrece además de alimento para el consumo humano y animal, por su alto valor protéico, una forma de fertilización de tierras totalmente natural y económica.

La harina de lombriz coqueta roja, contiene el 60 al 80% de proteína cruda, lo que la ubica como uno de los alimentos de mayor calidad que se pueda encontrar en la naturaleza, por esta razón, en alimentación animal se utiliza para la elaboración de alimentos balanceados para aves, peces, ranas (en forma de harina ó en forma viva), por lo que la producción comercial de lombriz se debe manejar como cualquier tipo de producción animal, con las ventajas de que no contraen enfermedades y tienen fácil manejo de producción. En otras latitudes existen productores de tipo comercial que utilizan productos como lo son el humus, la harina de lombriz y la lombriz viva a diferente costo, dependiendo de la calidad del producto. Las lombrices ingieren diariamente una cantidad de comida equivalente a su propio peso y excretan el 60% transformado en humus de lombriz ó vermicompost, que es un abono orgánico bastante bueno.

Una lombriz puede producir diariamente unos 0.3 g de humus, con lo que en pequeñas superficies se pueden obtener grandes cantidades de humus. La coqueta roja, produce altos contenidos de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio magnesio y micro elementos en cantidades suficientes como para hacer de un terreno de regular fertilidad a uno de mejor condición. Las lombrices maduras son muy prolíficas, se aparean semanalmente, poniendo un cocón por lombriz cada diez días éstos, denominados también huevos, eclosionan a las 2 ó 3 semanas de

puestos y dan lugar entre 2 y 20 lombrices cada uno. Estas recién nacidas alcanzan su madurez sexual luego de 6 a 10 semanas. La longevidad de la coqueta roja, se estima en alrededor de 15 ó 16 años.

Este trabajo busca contribuir al conocimiento del vermicompostaje, evaluando el efecto de la densidad de las lombrices para determinar sus aspectos productivos y reproductivos, además determinar el periodo óptimo de maduración de la pulpa de café para la siembra de la lombriz, determinar la disponibilidad de elementos químicos y materia orgánica presentes en el vermicompost y la composición bromatológica de la lombriz.

## II. HIPÓTESIS

- ✓ La densidad de siembra de la coqueta roja en pulpa de café afecta cuantitativamente el crecimiento poblacional y su capacidad de procesamiento de la materia orgánica.

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1 General**

- ❖ Generar información sobre el manejo de la lombriz coqueta roja, sobre desechos orgánicos, y así reducir la contaminación ambiental que resulta del mal manejo de estos.

#### **3.2 Específicos**

- ❖ Evaluar el efecto de la densidad de siembra de la coqueta roja en pulpa de café, sobre el crecimiento poblacional y la capacidad de procesamiento.
- ❖ Determinar el periodo adecuado de maduración de la pulpa de café, para la adaptación de la coqueta roja.
- ❖ Determinar la magnitud de los cambios que sufre la pulpa de café, provocados por la densidad de siembra de la coqueta roja, en términos de: pH, disponibilidad de elementos químicos (N, P, K, Ca, Mg) y de materia orgánica.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1. La lombricultura

La lombricultura es una actividad zootécnica centrada en la crianza de lombrices, las que posteriormente se utilizan con diversos fines. La crianza de lombriz se utiliza como herramienta de trabajo para la transformación de desechos orgánicos, como lo es la pulpa de café, se basa en la utilización de lombrices de tierra adaptadas a vivir en condiciones de cautiverio, con capacidad para procesar una gama de materiales orgánicos, tales como estiércol, rastrojos de cultivos, residuos de agroindustria, y otros. Transformándolos en dos productos básicos: humus de lombriz, que es rico en nitratos, fosfato, carbonatos de potasio y proteína de origen animal (León et al, 1992)

Para muchas regiones de América, donde se produce gran cantidad de desechos orgánicos, entre ellos la pulpa de café, la factibilidad de hacer un programa de lombricultura es algo más que realidad. La pulpa de café representa alrededor del 43% del peso fresco, equivalente al 28% en base seca mientras que el pergamino representa el 12% del grano seco. (WORMS ARGENTINA, 1999).

La pulpa de café es arrojada a ríos y quebradas de las zonas cafetaleras, contaminándolos y algunas veces causando la obstrucción de éstos ríos y quebradas lo cual deriva en derrumbes y avalanchas, causando estragos y pérdidas económicas y de vidas humanas. Si se transformasen estos desechos a través de la lombriz, produciendo lombricompost (humus de lombriz), con el cual podríamos aplicar 3 Kg de humus por planta cada 3 meses, se reducirían los costos de producción del café. (WORMS ARGENTINA, 1999).

La carne de lombriz se transforma, mediante distintos sistemas de secado, en una harina de altísimo valor proteico. Esta harina se utiliza, en alimentación humana, como complemento proteico en la elaboración de hamburguesas,

picadillos y embutidos. En alimentación animal, se emplea para preparar alimentos balanceados para aves, cerdos, peces, etc. También se emplea la lombriz viva, como alimento para peces y ranas. (WORMS ARGENTINA, 1999).

#### 4.2. Generalidades de la lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida*)

- Descubierta en California en 1954
- Color rosa oscuro intenso
- Longevidad de 16 años
- Producción por lombriz al año: 1500 lombrices
- Producción de humus 60%.
- Condiciones ambientales: 19-26 C°, humedad 85%, pH 6.5-7.5
- Teme a la luz
- No contrae enfermedades

#### 4.3. Clasificación de la Lombriz (*Eisenia foetida*)

Martínez (1996) menciona que dentro de las especies del grupo annelida está *Eisenia foetida*, la cual es utilizada mayormente para el procesamiento de desechos orgánicos a nivel de finca e industria. *Eisenia foetida*, conocida como lombriz roja californiana, se clasifica de la siguiente manera:

Reino: Animal  
 Subreino: Metazoos  
 Phylum: Protostomia  
 Grupo: Annelida  
 Orden: Oligochaeta  
 Familia: Lumbricidae  
 Género: Eisenia  
 Especie: Foetida

#### 4.4. Características morfológicas y fisiológicas de la lombriz

El cuerpo de la lombriz es cilíndrico y alargado, constituido por dos tubos concéntricos: la pared del cuerpo y el tubo digestivo, separados por el celoma está dividido en segmentos llamados metámeros o somitos. El primer somito de la parte anterior es la boca, donde se encuentra el prostomio, estructura carnosa que sobresale delante de ella. El último somito que se encuentra en la parte posterior es el ano (Martínez, 1996).

El color de la coqueta roja es variable, comúnmente con franjas transversales, que cubren cada segmento, de color púrpura, rojo oscuro o rojo castaño. Entre cada segmento y más angostas que las rojas, se reconocen franjas de color amarillo. El diámetro de la lombriz varía entre 3 a 5 mm. de largo entre 30 y 130 mm; puede tener entre 80 a 131 segmentos o metámeros. (Morales, 2000).

*Eisenia foetida* es hermafrodita imperfecta, por lo que necesita acoplarse con otra lombriz para el intercambio de semen. La lombriz roja californiana llega a su madurez sexual (adulta) a los tres meses y su longitud y coloración varían; vive un promedio de 16 años, se acopla cada siete días, estas lombrices son muy prolíficas. Se aparean semanalmente, poniendo un huevo por lombriz cada diez días, refiriéndonos siempre a lombrices adultas. Los huevos eclosionan a las 2 ó 3 semanas de puestos y dan a luz entre 2 y 20 lombrices cada uno. Estas recién nacidas alcanzan la madurez luego de 6 a 10 semanas. Son inmunes a las enfermedades y tienen una increíble capacidad de regeneración. La longevidad de esta especie se estima en alrededor de 15 ó 16 años. Cuando la cría se realiza con todos los cuidados se obtienen mejores resultados. (LOMBRICULTURA EN MÉXICO, 1999).

El sistema digestivo de la lombriz consiste en una cavidad bucal, faringe, esófago donde están las glándulas calcáreas cuya función es secretar carbonato

de calcio para neutralizar los ácidos orgánicos presentes en el alimento, el buche entre los segmentos 15 a 16 donde se almacena el alimento, una molleja entre los anillos 17 y 19 y el intestino que va desde el anillo 20 hasta el orificio anal. Durante el proceso de digestión hay un incremento de hasta 1000 veces el número de microorganismos en el material resultante. Se ha demostrado que las excretas de las lombrices tienen una diversidad de especies fungosas mayor que la del suelo donde se encuentran las lombrices y el incremento se da después de pasar el alimento por el intestino. (Ferruzi, 1994).

La acción de la lombriz en su proceso digestivo produce un agregado notable de bacterias que actúan sobre los nutrientes macromoleculares, elevándolo a estados directamente asimilables por las plantas, lo cual se manifiesta en notables respuestas de las cualidades organolépticas de frutos y flores, como así también resistencia a los agentes patógenos. (Ferruzi, 1994).

El humus de lombriz favorece la formación de micorrizas, acelerando el desarrollo radicular y los procesos fisiológicos de brotación, floración, madurez, sabor y color de las plantas y frutos. Así también la acción de la lombriz, en su contacto físico con el sustrato transmite con su mucosa protección ante plagas y patógenos, como también la protección a heladas. La acción microbiana emergente del humus de lombriz hace asimilable para las plantas materiales inertes como fósforo, calcio, nitrógeno, potasio y magnesio. Entre otras características fisiológicas de la lombriz californiana está que sus glándulas calcíferas segregan iones de calcio, contribuyendo a la regulación del equilibrio ácido básico, tendiendo a neutralizar los valores del pH. (Ferruzi, 1994).

#### **4.5. Factores que afectan a las lombrices**

La sobrevivencia, crecimiento y reproducción exitosa de las lombrices depende de: la humedad, temperatura, clase y fuente del sustrato, pH y compuestos químicos. La humedad y la temperatura del suelo afectan la población

y el nivel de actividad de las lombrices, debido al estrés producido por la pérdida de agua corporal que puede llegar al 60% del peso/día. La temperatura no debe exceder de los 25 °C. Cuando el estiércol está en fase de fermentación puede alcanzar de 70 °C a más. Estas temperaturas tan elevadas, así como el grado de acidez y los gases que se desprenden durante la fermentación provocan la muerte de las lombrices (León *et al*, 1992).

Los desechos orgánicos que consume *Eisenia foetida* deben cumplir con los requisitos siguientes:

- La materia orgánica suministrada no debe tener niveles de proteína superiores al 19% porque el exceso produce una intoxicación proteica. (WORMS ARGENTINA, 1999).
- Se deben controlar las fermentaciones, pues la liberación de amoníaco altera el proceso digestivo de la lombriz y se dificulta la oxigenación del lecho. (WORMS ARGENTINA, 1999).
- La lombriz 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 Síndrome proteico: se debe a que cuando a la lombriz se le suministra sustratos con altos contenidos en proteína, no son asimilados y se presentan inflamaciones en todo el cuerpo, y mueren en pocas horas. (WORMS ARGENTINA, 1999).

#### **4.5.1. Plagas que amenazan a la coqueta roja.**

**Pájaros:** las aves pueden acabar poco a poco con un lombricero situado al aire libre, pero esta plaga se puede controlar poniendo una red sobre la cama de las lombrices. (LOMBRICES ROJAS, 2001).

**Hormigas:** Las hormigas rojas son depredadores naturales de las lombrices, son atraídas principalmente por la secreción azucarada que la lombriz produce, se pueden controlar sin usar productos químicos, con tan sólo mantener la humedad de la cama en 80%.(LOMBRICES ROJAS, 2001).

**Planaria:** es la plaga de mayor importancia dentro de los criaderos de lombrices. Es un gusano plano que puede medir de 5 a 50 mm, de color café oscuro, con rayas longitudinales de color café. La planaria 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 un buen manejo del sustrato regulando el pH de 7.5 a 8. En pH bajos las planarias se desarrollan y comienzan su actividad de depredador natural de las lombrices. (LOMBRICES ROJAS, 2001).

**Ratones:** el ratón es otra plaga muy peligrosa para el cultivo de lombrices, pero se pueden controlar al igual que las hormigas manteniendo la humedad en un 80%.(LOMBRICES ROJAS, 2001).

**Topos:** son una amenaza en cultivos al aire libre por ello debe instalarse una lona resistente en la base de la cuna. (LOMBRICES ROJAS, 2001).

#### 4.6. MÉTODOS DE CRÍA

En general, podemos decir que la *Eisenia foetida* puede criarse en cualquier lugar. Lo más común es el criadero al aire libre, haciendo cunas de 1 a 2 m de ancho por el largo que se desee. Una cuna no es más que un espacio rectangular delimitado por maderas, ladrillos, bloques de cemento o cualquier elemento que sirva de contención. Pero tampoco esto es imprescindible, puesto que se puede simplemente apilar el alimento sobre el suelo e introducir en él las lombrices. (WORMS ARGENTINA, 1999).

La comida que se les brinde debe ser materia orgánica parcial o totalmente descompuesta, de no ser así, las altas temperaturas generadas durante el proceso de fermentación (hasta **75°C**), matarán a las lombrices. El proceso de fermentación se realiza de diversas maneras y según la materia utilizada. Por lo general, se emplea una mezcla de estiércol de vaca o caballo, con otro residuo celulósico, como paja, hierba, etcétera. No obstante, puede usarse cualquier materia orgánica, como pasto, hojas, papeles, cartones, cáscaras, maderas y otras, en el curso de maduración la mezcla alcanza altas temperaturas que matan los gérmenes patógenos. Una acción sucesiva de bacterias y hongos, convierte a la mezcla en una sustancia color castaño oscuro, inodora y apta para alimentar a las lombrices. (WORMS ARGENTINA, 1999).

La comida debe proporcionárseles periódicamente y en cantidad suficiente para satisfacer sus requerimientos. Una vez establecido el lugar para la cría y luego de haber armado la cuna, se cubre con una capa de paja o pasto seco. Posteriormente se le agrega el compuesto orgánico debidamente humedecido y finalmente se agregan las lombrices sobre la superficie, quienes por sí mismas se introducirán en el sustrato. (WORMS ARGENTINA, 1999).

A partir de este momento se debe poner cuidado en cuatro detalles:

- Proporcionarles el alimento necesario, humedecido y con el debido grado de descomposición. Calcular la cantidad de comida es muy fácil: si hay tres kilogramos de lombrices, deben incorporarse tres kilogramos de alimento humedecido por día. (WORMS ARGENTINA, 1999).
  
- Mantener la humedad de la cuna. En general, si el alimento está humedecido correctamente, la cuna mantiene una humedad

relativamente estable. Si es necesario, se puede regar la cuna con una regadera. (WORMS ARGENTINA, 1999).

- Cuidar el pH. Es conveniente que esté próximo a 7. Para medirlo se pueden usar unas cintas muy económicas que venden las farmacias. Si el nivel no es el conveniente, no hay que asustarse, ya que el pH se corrige de manera muy sencilla. (WORMS ARGENTINA, 1999).
  
- Controlar la temperatura. Nos referimos esencialmente al calor y al frío intenso. Los que dificultan el normal desenvolvimiento de las lombrices. Siempre es recomendable cubrir las cunas con una capa de paja o pasto, que además de proteger de las temperaturas extremas, ayuda a conservar la humedad. (WORMS ARGENTINA, 1999).

Aproximadamente a los dos meses de comenzada la actividad, la población de lombrices habrá aumentado al doble, entonces será tiempo de duplicar el espacio de la cuna y también la cantidad de alimento diario. Cuando transcurran otros dos meses, deberá duplicar nuevamente el espacio y el alimento y así, sucesivamente hasta que decida realizar su primera “cosecha”. Momento en el que puede vender hasta el 50 % de la población sin riesgos, ya que en dos meses se habrá duplicado nuevamente. Entonces, cada dos meses (o menos si las condiciones de cría son óptimas), puede repetir la venta. A medida que transcurre el tiempo, la cuna contendrá mayor cantidad de humus. Puede extraerlo y almacenarlo hasta que decida comercializarlo. (WORMS ARGENTINA, 1999).

#### 4.7. HUMUS

Humus es el nombre con el que se designa a la capa superior del suelo, que es muy rica en microorganismos y en materia orgánica descompuesta. Todo suelo debe contener humus para ser considerado fértil. Las tierras fértiles contienen materia orgánica, minerales, agua y aire, si bien la materia orgánica es la de menor presencia, es la que mejora las propiedades físico-químicas del suelo y favorece el desarrollo de los cultivos. La presencia de humus en proporciones del 1 ó 2 % es suficiente para que un suelo sea fértil. Pero el proceso natural de formación de humus puede llevar años. Por esto, estudiosos de todo el mundo han analizado las posibilidades para la producción de esta sustancia de manera acelerada. (LOMBRICULTURA EN MÉXICO, 1999).

Las lombrices de la especie *Foetida*, o lombriz roja californiana, ingieren grandes cantidades de materia orgánica descompuesta. De esta ingesta, hasta un 60 % se excreta en una sustancia llamada humus de lombriz, lombrincompuesto o vermicompuesto, que constituye un sustrato ideal para la proliferación de microorganismos útiles, las lombrices transforman los minerales no asimilables presentes en los desechos y residuos animales, en nitratos y fosfatos directamente asimilables por las plantas. El humus de lombriz es inodoro, no se pudre ni fermenta. En los análisis químicos realizados al humus de lombriz se le detecta la presencia de hasta un 5 % de nitrógeno, 5 % de fósforo , 5 % de potasio, un 4 % de calcio, una carga bacteriana de 2 billones por gramo y un pH entre 7 y 7,5. (LOMBRICULTURA EN MÉXICO, 1999).

De todos los estudios realizados se concluye que el lombrincompuesto es un fertilizante orgánico de altísima calidad, acción prolongada, fácil y económica producción. (LOMBRICULTURA EN MÉXICO, 1999).

#### **4.8. Producción de Humus**

La producción de lombricompost está directamente ligada a la cantidad de lombrices en actividad y al cuidado que se les proporcione. Un núcleo de 10.000 lombrices, es capaz de producir 50 Kg de humus mensualmente durante los primeros meses. Pero tomando en cuenta el aumento en la población de lombrices, al cabo de un año la producción asciende a una cantidad que oscila entre 1,5 y 2,5 toneladas mensuales. Y si continúa manteniendo su población de lombrices, en seis meses más podrá recolectar unas 20 toneladas métricas mensuales. Cuanto mayor sea el número de lombrices, mayor será la producción de humus y las ganancias. Para que la producción sea realmente eficiente, deben considerarse algunos aspectos relacionados con el hábitat y la alimentación de las lombrices. (WORMS ARGENTINA, 1999).

En el Centro de Investigación Nacional de Colombia se iniciaron estudios para definir el uso de la lombriz roja californiana, como organismo vivo que acelere el proceso de descomposición de la pulpa de café, material que alcanza volúmenes superiores a un millón de toneladas por año, y que tiene poca utilización en el proceso agronómico del cultivo, a pesar de la constitución química que la hace un adecuado abono orgánico. (Arango, 1991).

Una observación preliminar se realizó de la siguiente manera: en una superficie de un metro cuadrado, se colocó directamente en el terreno pulpa de café descompuesta por el sistema de volteos periódicos, encima se colocó un kilogramo de lombriz roja californiana y luego se colocó pulpa fresca hasta completar 80 kg, en este primer ensayo, adicionando periódicamente la fuente alimenticia, se observó que la lombriz roja se adaptaba rápidamente a la pulpa de café como único sustrato alimenticio, produciendo aproximadamente 50 kg de humus al final de 100 días de alimentación. (Arango, 1991).

En un segundo ensayo se evaluó la potencialidad de la pulpa de café como medio que permitiese la multiplicación de la lombriz roja. Se realizó evaluando la población de esta especie al cabo de tres meses, en tres sustratos alimenticios diferentes: pulpa de café fresca, estiércol de vacuno y una mezcla de estos materiales 1:1 en peso, habiendo partido de 400 individuos de lombrices rojas. La población de lombrices no presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos o sustratos alimenticios estudiados y la tendencia fue a septuplicarse la población; por la cual se deduce que tanto la pulpa de café como el estiércol de vacuno permitieron su establecimiento y multiplicación. (Arango, 1991).

En una tercera observación, el tiempo de descomposición de un metro cúbico de pulpa de café (de un día de despulpada, 270 kg aproximadamente, con una humedad del 85%), fue de 80 días utilizando 5 kg de lombriz roja californiana. Con el humus obtenido en esta última experiencia se realizó una prueba exploratoria en almácigos de café. Al utilizar el humus puro, se observaron síntomas reversibles atribuidos al alto pH del medio, al adicionar humus producido por lombrices, estos síntomas desaparecieron en pocos días. (Arango, 1991).

Para la cosecha de lombrices es necesario que las cunas estén llenas de alimento consumido, y se realiza en distintas formas según el tipo de cultivo, en cunas se debe retrasar la alimentación por lo menos 4 días y luego se ofrece alimento en cantidad normal, con lo que la lombriz se concentra en la superficie y al cabo de 2 o 3 días, una vez poblada la superficie se procede a retirarlas manualmente, procedimiento que se repite dos veces más para separar la mayoría de la población de lombrices, si la cría se realiza en bastidores, la cosecha es mucho más sencilla ya que éstos tienen la parte inferior formada por una tela metálica, y colocándolos uno encima de otro se consigue la separación de las lombrices del humus sin intervención manual. (LOMBRICULTURA EN MÉXICO, 1999).

Una vez cosechadas las lombrices se procede a retirar el vermicompost, que se extiende sobre un plástico o piso y se deja que la humedad baje hasta un 40%. Una vez seco se tamiza y puede envasarse en bolsas de polietileno, que tengan aireación, de diferentes tamaños para su venta. Si no se usa al instante, se puede almacenar bajo sombra, cuidando que la humedad no baje del 40%, puesto que todavía hay actividad microbiana que es la que le da calidad al vermicompost, como uno de los mejores fertilizantes orgánicos del mundo. (LOMBRICULTURA EN MÉXICO, 1999).

La carne de lombriz tiene un alto contenido de proteínas y todos los aminoácidos esenciales, superando a la harina de pescado y soja. La harina de lombrices se utiliza en alimentación de peces, aves y otros animales domésticos, incluso en la alimentación humana. También se usa en la alimentación de cerdos, observándose una mejor conversión alimenticia. Experiencias de países productores de lombrices, nos dicen que complementando la alimentación de las gallinas de patio con tres lombrices diarias se logra un aumento significativo en la producción de huevos. (LOMBRICULTURA EN MÉXICO, 1999).

## **V. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1. Localización**

El presente estudio se realizó en el municipio de La Villa de Jocotán, Chiquimula, ubicado a 14°49'10" de Latitud Norte, y Longitud Oeste 89°23'25", colinda al Norte con el municipio de La Unión del departamento de Zacapa, al Sur con los municipios de Olopa y San Juan Ermita, Chiquimula, al Este con los municipios de Camotán y Esquipulas, Chiquimula, y al Oeste con los municipios de Chiquimula y San Juan Ermita. Según Cruz S. (1982), Jocotán se ubica dentro de la zona de vida bosque húmedo sub-tropical (cálido), Con una altitud de 457.42 msnm. La precipitación pluvial anual varía de 1000 a 1350 mm. distribuida en los meses de mayo a noviembre. La temperatura media anual varía entre 20 y 26 °C y la humedad relativa es del 70%.

### **5.2. Manejo del Experimento**

La ejecución del estudio se realizó en las fases siguientes:

#### **5.2.1. Pre-fase (Preparación del sustrato)**

Esta se desarrolló en el periodo diciembre/2001 – enero/2002. Cuatro semanas antes de iniciar la prueba de adaptación, se comenzó a recolectar la pulpa de café fresca; (alrededor de 100 kg) a intervalos de 7 días entre cada colecta, hasta tener los diferentes periodos de maduración necesarios para cada tratamiento. La pulpa recolectada se regó y volteó semanalmente, para mantener la humedad y reducir la temperatura del proceso.

### 5.2.2. Primera fase: (Adaptación)

En esta fase se evaluó el efecto de tres periodos de maduración de pulpa de café (14, 21 y 28 días), sobre la adaptación de las lombrices, la cual tuvo una duración de 48 horas. Para esta prueba se realizaron cinco repeticiones por tratamiento haciendo un total de quince unidades experimentales (U.E), que fueron cunas de block revestidas de nylon de polietileno, con las dimensiones siguientes: 40x60x80 cm, las que permanecieron cubiertas con paja durante el experimento.

Al momento de tener la pulpa de café con los diferentes periodos de maduración, se procedió a depositarla (5 kg de pulpa) en las cunas o aboneras, inmediatamente se colocaron 50 lombrices por unidad experimental U. E. en la superficie del sustrato de cada cuna y al transcurrir 48 horas, se contó el número de lombrices vivas de cada sustrato. Sobre la base de los resultados que se obtuvieron se calculó el porcentaje de adaptación mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de adaptación} = \frac{\text{NLI} - \text{NLE}}{\text{NLI}} \times 100$$

NLI: Número de lombrices inoculadas

NLE: Número de lombrices encontradas a las 48 horas.

### 5.2.3. Segunda Fase:

Esta fase se realizó en el periodo marzo/2002 – mayo/2002; utilizando cuatro densidades de siembra, (tratamientos), 100, 200, 300 y 400 lombrices adultas por U.E. en pulpa de café, cada una con cuatro repeticiones y se utilizó la misma infraestructura y la pulpa de café con el periodo de maduración de 28 días, ya que en este tratamiento se registró el mayor número de lombrices adaptadas al sustrato (99.6%). Como sustrato se colocó en cada abonera 5 kg de pulpa de café madura y para los siguientes dos meses de duración del experimento se suministro la cantidad de alimento según el consumo de las lombrices en cada

U.E; el alimento se ofreció húmedo, diariamente se registró la temperatura ambiental y se midió el pH de las aboneras semanalmente. La cosecha se realizó en los últimos días del mes de mayo, en donde se pesó el material contenido en las cajas, se realizó el conteo de lombrices jóvenes y lombrices adultas y posteriormente se pesaron.

Al concluir la cosecha y el pesaje; se tomaron muestras de humus de cada tratamiento y se llevaron al Laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la USAC, para determinar el contenido de elementos químicos por cada tratamiento y se tomó una muestra de lombrices para determinar su valor nutricional, el cual se realizó en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

### **5.3. Diseño Experimental**

En el presente trabajo se utilizó un diseño completamente al azar, con 4 tratamientos y 5 repeticiones.

El modelo estadístico que se utilizó fue el siguiente:

$$Y_{ij} = M + A_i + E_{ij}.$$

Donde

$$i = 1, 2, \dots, t$$

$$j = 1, 2, \dots, r$$

$Y_{ij}$  = variable respuesta obtenida de la  $ij$ -ésima unidad experimental

$M$  = efecto de la media general

$A_i$  = efecto de la  $i$ -ésima densidad de lombrices

$E_{ij}$  = error experimental asociado a la  $ij$ -ésima unidad experimental.

### **5.4 Tratamientos**

Para este trabajo se evaluaron 4 tratamientos, los cuales consisten en 4 densidades de siembra: 100, 200, 300 y 400 lombrices adultas por U.E.. en pulpa de café, cada una con 5 repeticiones; haciendo un total de 20 U.E.

### **5.5. Variables evaluadas**

- Comportamiento reproductivo: Lombrices jóvenes y adultas producidas.
- Capacidad de procesamiento: gramos de vermicompost producido/gramo de lombriz/día (g V/g L/día)
- pH en el sustrato, semanalmente.
- Temperatura: registro de temperaturas del medio ambiente y del sustrato durante la fase experimental

### **5.6. Análisis Estadístico**

Para la primer variable se realizó un análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis.

Para la variable Capacidad de procesamiento, se utilizó un análisis de varianza y la prueba de Tuckey.

Para las variables pH y temperatura se hizo un análisis descriptivo.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Primera- Fase

#### 6.1. Porcentaje de adaptación de la coqueta roja en pulpa de café

El cuadro 1 y anexo 1 presentan el efecto del periodo de maduración de la pulpa de café, sobre la adaptación o sobre vivencia de las lombrices. Se detectó diferencia entre los tratamientos a través de la ecuación porcentaje de adaptación, determinando que el periodo de maduración de la pulpa de café que presentó mejores resultados fue el de 28 días, ya que en este periodo se registró el mayor número de lombrices adaptadas al sustrato (99.6%).

Cuadro 1. Efecto del periodo de maduración de la pulpa de café, sobre la adaptación de la coqueta roja.

| Periodo de maduración de la pulpa de café (en días) | Adaptación (%) |
|---|----------------|
| 14  | 7.2            |
| 21  | 84.4           |
| 28  | 99.6           |

Fuente: Libreta de campo

Las lombrices fueron inoculadas a partir de los 14 días de fermentación de la pulpa ya que la temperatura no debe exceder de los 26°C, debido a que en los primeros días la pulpa de café alcanza temperaturas superiores a los 70°C y el grado de acidez y los gases que se desprenden durante la fermentación provocan la muerte de las lombrices (León et al, 1992).

En el primer periodo de maduración (14 días), la temperatura aun era demasiado elevada (43°C) para la sobrevivencia de las lombrices, lo que provocó un alto porcentaje de muertes y de migración de las lombrices, ya que solamente se obtuvo un 7.2% de adaptación; el periodo de maduración de 21 días dio

buenos resultados (84.4% de lombrices adaptadas), pero estos fueron superados por el periodo de 28 días de maduración (99.6% de lombrices adaptadas); debido a que este sustrato presentó una temperatura media de 24 °C y un pH entre 7 y 8; condiciones que favorecen el buen desempeño de las lombrices.

Investigaciones realizadas en Colombia por Aristizabal y Montoya en 1991, en la Universidad Nacional Seccional de Medellín, utilizando pulpa de café en tres diferentes estados: pulpa de cinco días de despulpado, pulpa de cincuenta días y pulpa de cinco meses de despulpado. Se encontró que: en la adaptación de las lombrices al sustrato no hubo limitante, no obstante se halló mayor eficiencia reproductiva en la pulpa de café de 50 días de despulpada que en la pulpa de cinco días.

## Segunda Fase:

### 6.2. Comportamiento reproductivo

En la variable comportamiento reproductivo, el efecto de la densidad de siembra de la coqueta roja sobre el incremento de lombrices jóvenes y adultas se presentan en el cuadro 2 y anexo 2.

Cuadro 2. Comportamiento reproductivo; promedios de lombrices jóvenes y adultas de coqueta roja, en función de la densidad de siembra.

| Variable          | TRATAMIENTOS |         |         |         |
|-------------------|--------------|---------|---------|---------|
|                   | Trat. 1      | Trat. 2 | Trat. 3 | Trat. 4 |
| Lombrices Adultas | 111 d        | 227 c   | 319 b   | 418 a   |
| Lombrices Jóvenes | 521 d        | 1240 c  | 1657 b  | 2090 a  |
| Total             | 632 d        | 1467 c  | 1976 b  | 2508 a  |

Medias con la misma letra no difieren significativamente (P<0.05)

Según el análisis estadístico realizado, las densidades de siembra 100, 200, 300 y 400, tienen diferencia ( $P < 0.05$ ) en el comportamiento reproductivo de las lombrices (lombrices jóvenes y adultas), ya que a medida que se incrementó la densidad de siembra de lombrices, se incrementó el porcentaje de la población. Se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal- Wallis, obteniendo que las densidades de siembra tienen una relación directa con el crecimiento poblacional, es decir que la densidad de 400 fue mejor que la de 300 y esta mejor que la de 200. Con esto se deduce que la cantidad mas alta de siembra, utilizada en este estudio, no llega al límite de densidad en el espacio de  $0.48 \text{ m}^2$  que puede soportar la vida de las lombrices, es decir que las necesidades alimenticias y de espacio no se ven afectada por la competencia con otras lombrices acelerando únicamente el tiempo en que se agotan los recursos en el sistema donde se desarrolla la lombriz. En el período de dos meses, en un espacio de  $0.48 \text{ m}^2$ , la tendencia de la población fue a sextuplicarse, de lo cual se deduce que las lombrices se establecen y multiplican satisfactoriamente en la pulpa de café con un período de maduración, temperatura, pH y humedad adecuada.

### **6.3. Capacidad de procesamiento**

La capacidad de procesamiento de la pulpa de café por la lombriz coqueta roja por efecto de las diferentes densidades de siembra se presenta en el cuadro 3 y en la gráfica No. 3 de anexos, en donde el análisis estadístico detectó diferencias ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos, mostrando una disminución de la capacidad de procesamiento a medida que se incrementó la densidad de siembra de las lombrices, pasando de 0.41 a  $0.26 \text{ gV/gL/día}$ .

Cuadro 3. Efecto de la densidad de siembra de la coqueta roja sobre su capacidad de procesamiento en pulpa de café.

| Densidad de siembra | Humus producido<br>Lb. | gV/gL/día |
|---------------------|------------------------|-----------|
| 100                 | 5.58                   | 0.41 a    |
| 200                 | 9.68                   | 0.36 b*   |
| 300                 | 13.08                  | 0.32 b*   |
| 400                 | 14.03                  | 0.26 c    |

- Medias con la misma letra no difieren significativamente ( $P>0.05$ ), en cuanto a la capacidad de procesamiento.

gV/gL/día: Gramos de vermicompost producidos por gramos de lombriz por día.

Ferruzi (1994) afirma que la coqueta roja ingiere cantidades diarias de alimento equivalentes a su propio peso vivo (alrededor de 1g), excretando el 60% en forma de humus o vermicompost y el 40% restante es utilizado por la lombriz para su funcionamiento, esto se da si las condiciones ambientales y de alimentación son favorables. En cuanto al porcentaje de conversión de alimento a humus, los resultados que se obtuvieron en este estudio, (50-55% de conversión de alimento a humus) se asemejan a los resultados reportados por Ferruzi (1994), (60% de conversión de alimento consumido a humus), pero en cuanto a la producción de vermicompost por lombriz diariamente difiere de lo reportado por el autor (0.60 gV/gL/día), ya que en este estudio la producción de vermicompost por lombriz al día fue mas baja, siendo 0.41g. el resultado mas alto (tratamiento 1) y 0.26 g. el resultado más bajo (tratamiento 4), los tratamientos 2 y 3 no presentaron diferencias estadísticas significativas.

Según lo reportado por Martínez (1996) la producción de vermicompost por lombriz al día coincide con los resultados de este trabajo, ya que él reporta que una lombriz es capaz de producir 0.3 g de vermicompost al día, ya que en este estudio los resultados se encuentran entre 0.26 y 0.41 g. de vermicompost por lombriz al día. En las densidades de siembra de lombrices mas altas, el alimento que éstas ingieren es destinado a su reproducción, o sea que a medida que la

población de lombrices aumenta, la producción de humus disminuye, esto no quiere decir que se vuelvan mas lentas sino que del total de alimento consumido la mayor parte se destina a la reproducción y no a la producción de humus, por lo que en densidades más bajas las lombrices tienen una mayor capacidad de procesamiento.

#### 6.4. pH y disponibilidad de elementos químicos (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe y Mn).

El efecto de la maduración de la pulpa de café y del vermicompostaje sobre el pH y la disponibilidad de elementos químicos en la pulpa de café madura procesada y no procesada se presentan en el Cuadro 4 y anexos 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12.

Cuadro 4. Efecto de la maduración de la pulpa de café y del vermicompostaje sobre el pH y la disponibilidad de elementos químicos en los distintos tratamientos.

| Trat                | pH  | %          |       |            |            | Ppm |     |       |      | %     |      | *C/N   |
|---------------------|-----|------------|-------|------------|------------|-----|-----|-------|------|-------|------|--------|
|                     |     | P          | K     | Ca         | Mg         | *Cu | *Zn | *Fe   | *Mn  | *M.O  | N    |        |
| Pulpa, sin procesar | 7.0 | 0.036      | 1.22  | 3.18       | 0.28       | 20  | 65  | 11300 | 315  | 11.98 | 1.59 | 4.4:1  |
| T-100               | 7.7 | 0.015<br>3 | 0.885 | 0.134<br>2 | 0.047<br>3 | 0.5 | 1.0 | 5.5   | 17.5 | 36.62 | 1.61 | 13.2:1 |
| T-200               | 7.7 | 0.022<br>2 | 1.34  | 0.074<br>9 | 0.034<br>4 | 0.5 | 0.0 | 5.5   | 7.5  | 35.95 | 1.84 | 11.3:1 |
| T-300               | 7.6 | 0.019<br>3 | 1.15  | 0.106<br>1 | 0.046<br>8 | 0.5 | 0.5 | 7.0   | 15.0 | 35.95 | 1.79 | 11.6:1 |
| T-400               | 7.4 | 0.021<br>5 | 1.09  | 0.096<br>7 | 0.044<br>7 | 0.5 | 0.5 | 4.5   | 11.5 | 36.62 | 1.86 | 11.4:1 |

\* Información adicional.

Fuente: Laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía, USAC.

El pH de la pulpa de café madura no procesada fue ligeramente inferior al de los tratamientos. Aranda (1992) citado por Siles Calvo (1997), menciona que la lombriz coqueta roja al procesar cualquier tipo de materia orgánica, incrementa el pH del vermicompost. La disponibilidad de los elementos P, K, Ca y Mg, en la pulpa de café madura no procesada (0.036, 1.22, 3.18 y 0.28 respectivamente), fue superior a los tratamientos ya que según los resultados de laboratorio el porcentaje de estos elementos en los diferentes tratamientos fue menor; lo cual nos indica que las lombrices necesitan material orgánico rico en estos elementos para satisfacer sus necesidades fisiológicas y reproductivas. En lo que se refiere al porcentaje de nitrógeno, la pulpa de café madura no procesada presenta 1.59% de N, siendo superada por los cuatro tratamientos evaluados, que van de 1.61 a 1.86%, dicho aumento de este elemento se atribuye al nitrógeno liberado de los cuerpos muertos de algunas lombrices.

#### **6.5. Temperatura**

La temperatura del sustrato aumenta cuando se da el proceso de fermentación. En el caso de este estudio la fermentación se dio antes de los 28 días previos al inicio del experimento. Durante el experimento no se detectaron variaciones debidas a la densidad de siembra de las lombrices y se presenta los datos en el cuadro 5 y anexo 4.

Cuadro 5. Temperatura promedio del sustrato y del ambiente.

| <b>TEMPERATURA PROMEDIO SEMANAL</b> |                  |                  |                  |                  |             |
|-------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------|
| <b>EN °C</b>                        |                  |                  |                  |                  |             |
| Semana                              | Tratamiento<br>1 | Tratamiento<br>2 | Tratamiento<br>3 | Tratamiento<br>4 | Temp.. Amb. |
| Del 17-03 al 24-03                  | 24.23            | 24.90            | 24.65            | 24.90            | 26.60       |
| Del 24-03 al 31-03                  | 24.80            | 24.65            | 24.65            | 24.50            | 27.41       |
| Del 01-04 al 07-04                  | 24.90            | 24.95            | 24.62            | 24.90            | 27.41       |
| Del 08-04 al 14-04                  | 24.53            | 24.55            | 24.50            | 24.50            | 27.43       |
| Del 15-04 al 21-04                  | 24.48            | 24.22            | 24.35            | 24.27            | 28.04       |
| Del 22-04 al 28-04                  | 24.28            | 24.09            | 24.18            | 24.28            | 27          |
| Del 29-04 al 04-05                  | 24.56            | 24.73            | 24.44            | 24.68            | 29.56       |
| Del 05-05 al 11-05                  | 24.50            | 24.69            | 24.70            | 24.60            | 28.55       |

Fuente: Libreta de campo

De acuerdo al monitoreo semanal de la temperatura del sustrato, para medirla se utilizó un termómetro, que va de 20 a 110 grados centígrados, el cual se introdujo en el centro de cada unidad experimental, y se encontró que no existe efecto de la densidad de siembra de las lombrices (100, 200, 300 y 400), sobre la temperatura del sustrato, pero la temperatura del sustrato sí afecta el comportamiento de las lombrices; por lo que esta se debe de mantener entre 19 y 26 °C, durante los dos meses que duró el experimento la temperatura del sustrato se mantuvo en 24 °C. esta temperatura mostró un comportamiento aleatorio dependiendo principalmente de la temperatura ambiental, puesto que la temperatura del sustrato fue mas baja que la del ambiente, posiblemente debido a

factores como la humedad del sustrato y la sombra de las camas. (León *et al*, 1992).

### 6.6. Análisis bromatológico de la lombriz coqueta roja.

La harina de lombriz coqueta roja, contiene el 60 al 80% de proteína cruda, lo que la hace uno de los alimentos de mayor calidad que se pueda encontrar en la naturaleza. En el cuadro 6 y en la gráfica No. 5 de anexos se presentan los resultados del análisis de la coqueta roja.

Cuadro 6. Análisis bromatológico de la lombriz coqueta roja.

| Agua<br>% | M. S.<br>% | E. E.<br>% | F. C.<br>% | Proteína<br>% | Cenizas<br>% | E.L.N.<br>% |
|-----------|------------|------------|------------|---------------|--------------|-------------|
| 86.34     | 13.66      | 8.59       | 3.42       | 73.13         | 13.69        | 1.17        |

- Información adicional para enriquecer el trabajo.

Fuente: Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Veterinaria y Zootecnia de la USAC

En este estudio el porcentaje de proteína fue de 73.13%, porcentaje que se encuentra dentro de lo reportado por la literatura; (LOMBRICULTURA EN MÉXICO, 1999).

La harina de lombriz supera en contenido proteico a cualquier alimento o materia prima utilizado para la elaboración de alimentos balanceados para animales; como por ejemplo, la harina de pescado que es uno de los alimentos más ricos en proteína contiene un porcentaje de 55%, porcentaje que es inferior al de la harina de lombriz, el porcentaje de cenizas (13.69%) y de grasas (8.59%) es alto, y el porcentaje de fibra cruda (3.42%) es bajo; por esta razón, en alimentación animal representa una gran alternativa, para la elaboración de alimentos balanceados para aves, peces, ranas, cerdos, etc. (LOMBRICULTURA EN MÉXICO, 1999).

## VII. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se efectuó el presente trabajo, se concluye que:

- 1.- Al incrementarse el periodo de maduración de la pulpa de café, se mejora el porcentaje de adaptación de las lombrices, obteniéndose el mejor resultado en el periodo de maduración de 28 días.
- 2.- El incremento de la densidad de siembra de lombriz coqueta roja, guarda una relación directamente proporcional respecto al incremento poblacional, pero es inversamente proporcional a la capacidad de procesamiento.
- 3.- La densidad de siembra de 400 lombrices/0.48 m<sup>2</sup> mostró mejores resultados en cuanto a la reproducción y la densidad de 100 lombrices/0.48 m<sup>2</sup> fue superior en la capacidad de procesamiento de la pulpa de café.
- 4.- El pH de la pulpa de café madura no procesada fue ligeramente inferior al de los demás tratamientos.
- 5.- El P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, y Mn, fueron similares entre los 4 tratamientos con pulpa madura procesada, pero fueron inferiores al porcentaje encontrado en la pulpa de café madura no procesada y el porcentaje de N fue mayor en los 4 tratamientos con pulpa de café madura procesada.
- 6.- El humus producido por las lombrices posee un porcentaje superior de materia orgánica, que la pulpa de café no procesada.

- 7.- Las lombrices no incrementan el contenido de elementos químicos del sustrato, pero sí incrementan el contenido de materia orgánica en el suelo.

## VIII. RECOMENDACIONES

- 1.- Utilizar pulpa de café con un periodo mínimo de maduración de 28 días, antes de suministrarla a las lombrices.
- 2.- Cuando las metas del lombricompostaje, están inclinadas a aumentar la población de la lombriz coqueta roja, se recomienda utilizar densidades de siembra altas (0.9 kg de lombriz/ m<sup>2</sup>).
- 3.- Cuando las metas del lombricompostaje, sea la producción de humus de lombriz o lombricompost, se deben utilizar densidades de siembra bajas (0.2 - 0.6 kg de lombriz/ m<sup>2</sup>).
- 4.- Por su alto valor nutricional, se recomienda utilizar a la lombriz coqueta roja, en forma viva ó de harina, en alimentación animal.

## IX. RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo en el municipio de la villa de Jocotán, del departamento de Chiquimula, con el objetivo de reducir el efecto negativo ambiental que provocan los sistemas de producción agrícola, como el cultivo de café. Se evaluó el efecto de la densidad de siembra de la lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida*) en pulpa de café, para determinar sus aspectos productivos (capacidad de procesamiento de la pulpa de café y la producción de humus) y reproductivos (crecimiento de la población), y la disponibilidad de elementos químicos (N, P, K Ca, Mg) en la pulpa de café madura no procesada y en el humus producido por las lombrices.

La ejecución de este estudio se realizó en diferentes fases. Se desarrolló una pre-fase, la cual consistió en la recolección de la pulpa de café fresca hasta tener tres periodos de maduración (en donde el mejor periodo de maduración fue el de 28 días), para dar inicio a la primera fase, la cual consistió en la adaptación de las lombrices al sustrato y por último se realizó la segunda fase del experimento; en la cual se evaluaron cuatro densidades de siembra de lombriz, las cuales fueron: 100, 200, 300 y 400 lombrices por unidad experimental, cada una con cinco repeticiones. A medida que se incrementó la densidad de siembra de la de la lombriz coqueta roja, se incrementó el porcentaje de la población, es decir que la densidad de siembra de 400 lombrices/0.48 m<sup>2</sup> mostró mejores resultados en cuanto a la reproducción y la densidad de 100 lombrices/0.48 m<sup>2</sup> fue superior en la capacidad de procesamiento de la pulpa de café.

El pH de la pulpa de café madura no procesada fue ligeramente inferior al de los tratamientos. La disponibilidad de elementos químicos P, K, Ca Y Mg, en la pulpa de café madura no procesada (0.036, 1.22, 3.18 y 0.28%) respectivamente, fue superior a los tratamientos y en cuanto al porcentaje de N, éste fue superior en los tratamientos con lombriz (1.61-1.86%), que en la pulpa de café madura no procesada (1.59%). En conclusión puede afirmarse que la densidad de lombriz coqueta roja en pulpa de café, afecta el comportamiento reproductivo, la capacidad de procesamiento, el pH y la disponibilidad de elementos químicos.

## X. BIBLIOGRAFÍA

Arango Bernal, LG; Dávila Arias MT. 1991. Descomposición de la pulpa de café por medio de lombrices rojas californianas. Cenicafe, Avances Técnicos (Co.) No. 161: 4.

Cruz S, JR. de La. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. p.19

García Pérez, RE.; Rodríguez Neave, F. 1990. Contribución al conocimiento de las lombrices de tierra en la región de Chapingo. México, s.n. p.15, 70,92-95.

Ferruzi, C. 1994. Manual de lombricultura. Madrid, Mundi Prensa. p. 16.

La Lombricultura. 1998. (en línea). Consultado 4 sept. 2001. Disponible en <http://internet:www.Vermiculture.v8.com>

León, S. 1992. Cultivo de lombrices (*Eisenia foetida*) utilizando compost y excretas animales. Agronomía costarricense. Costa Rica, 16 (1): 23-28.

Lombrices Rojas. 2001. (en línea). Consultado 4 sept. 2001. Disponible en <http://com.ar/preguntas-mas-frecuentes-sobre-l.htm>.

Lombricultura. 2001. (en línea). Consultado 4 sept. 2001. Disponible en <http://Pergamino:virtual.com.ar/indice.htm>.

Lombricultura en México. 2001. (en línea). Consultado 4 sept. 2001. Disponible en <http://Personal3iddeo.esplantaslombricultura.htm>.

Martínez Cerdas, C. 1996. Potencial de la lombricultura. México, s.n. p.123.

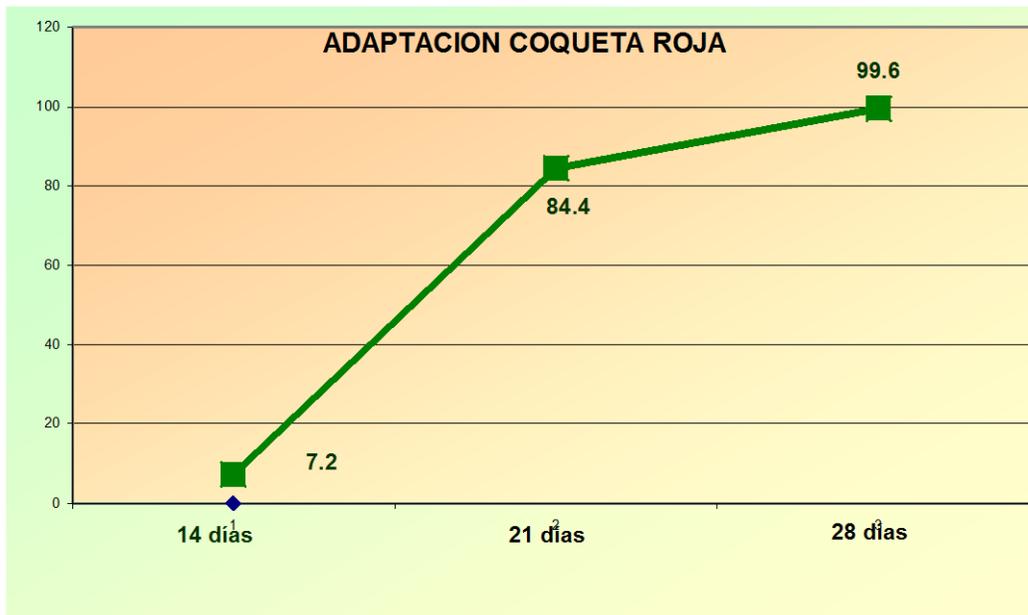
Morales Rodríguez, JA. 2000. Efecto de la densidad de siembra de lombriz Coqueta roja (*Eisenia foetida*), en bovinasa para la producción de vermicompost. Tesis Lic. Zoot. Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de San Carlos de Guatemala p. 6.

Siles Calvo, J. 1997. Producción de abono orgánico con pulpa de café mediante el lombricompostaje. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. p 4 -25.

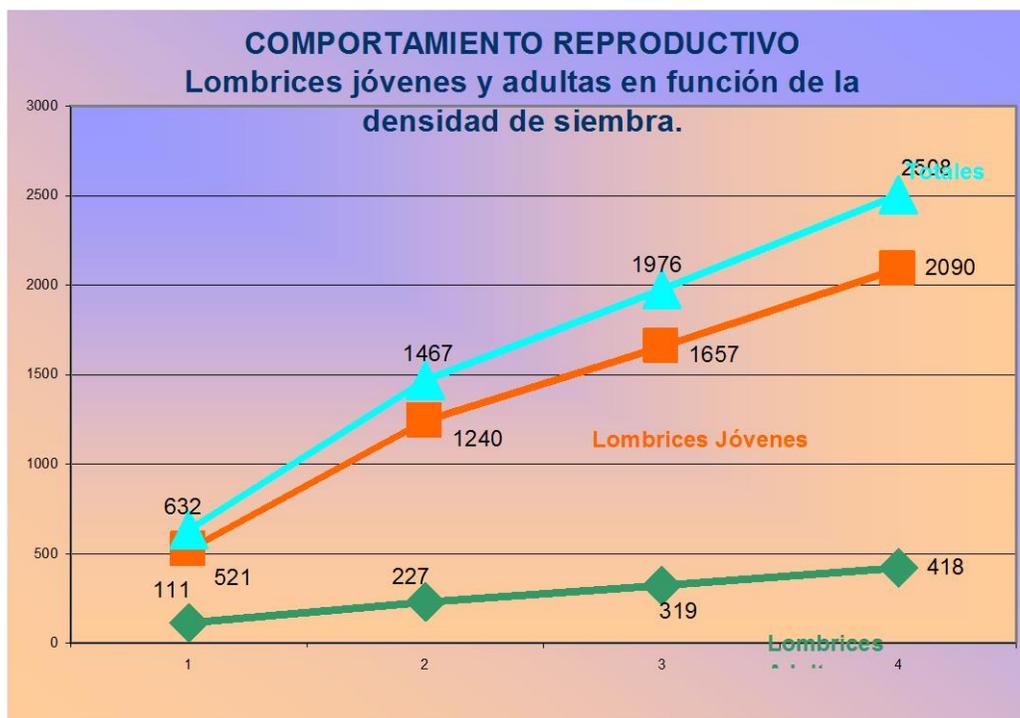
Valdez, OR. 1997. Evaluación de 5 fuentes de materia orgánica en el cultivo de la lombriz coqueta roja. (*Eisenia foetida*) Tesis Ing. Agr. Guatemala. Universidad Rafael Landivar, Facultad de Ciencias Agrícolas. p 58 .

Worms Argentina. 1999. (en línea). Consultado 4 sept. 2001. Disponible en [http://www.com"lombricultura.html](http://www.com).

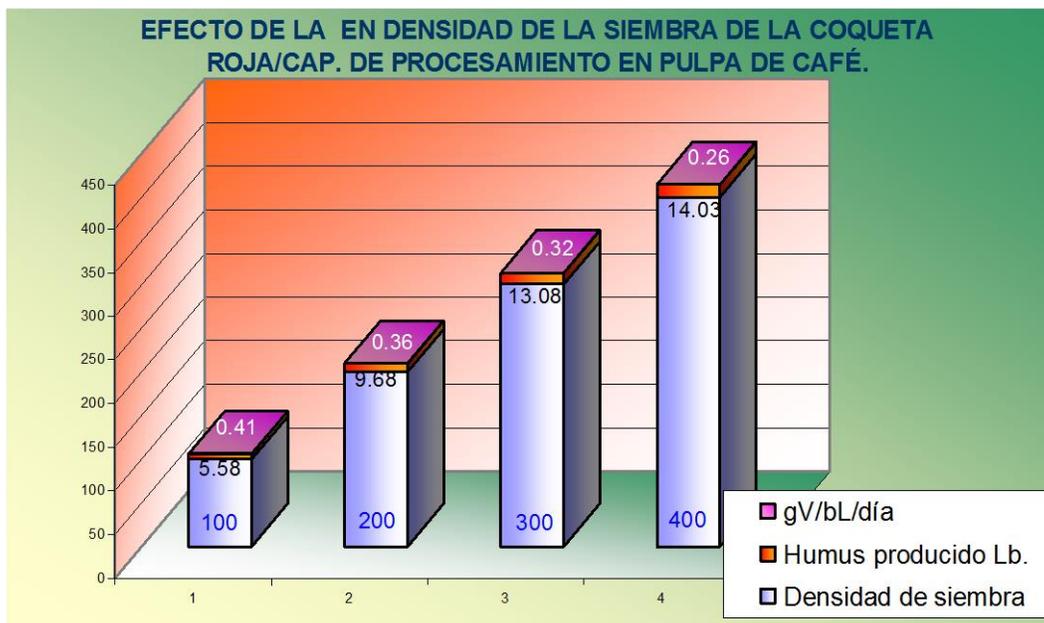
## **XI. ANEXOS**



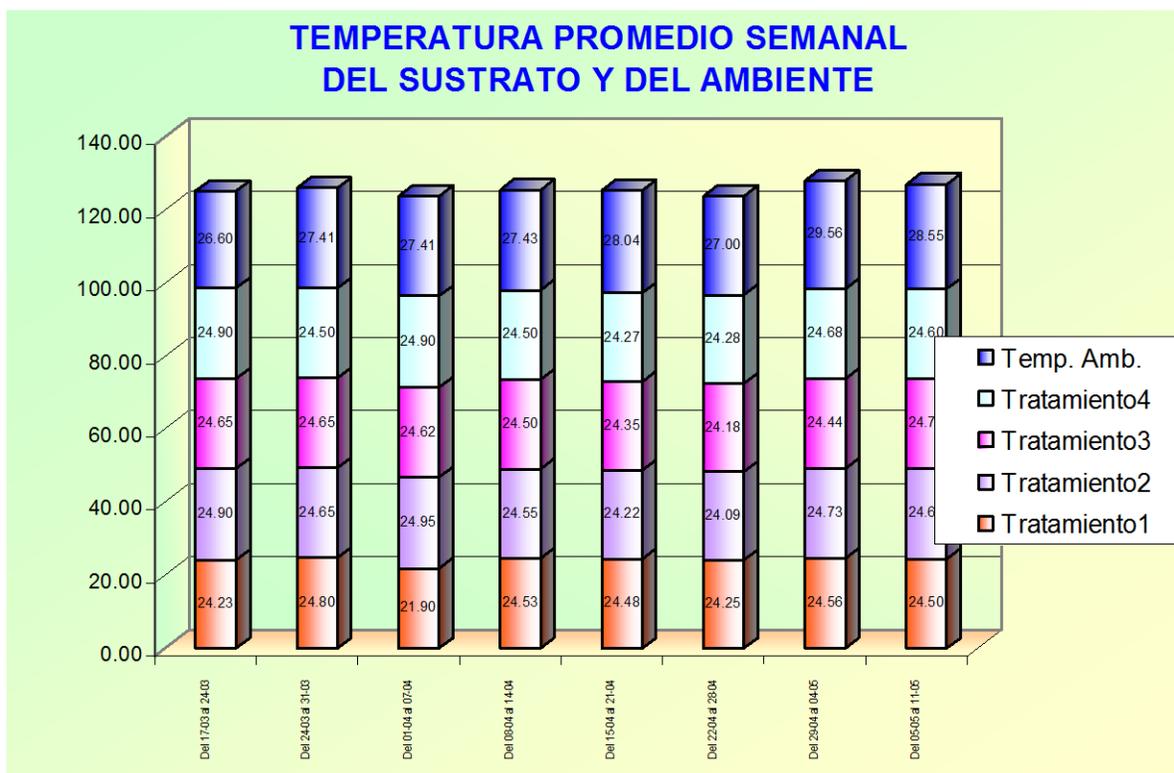
**Gráfica No. 1. Porcentaje de adaptación de la coqueta roja en pulpa de café**



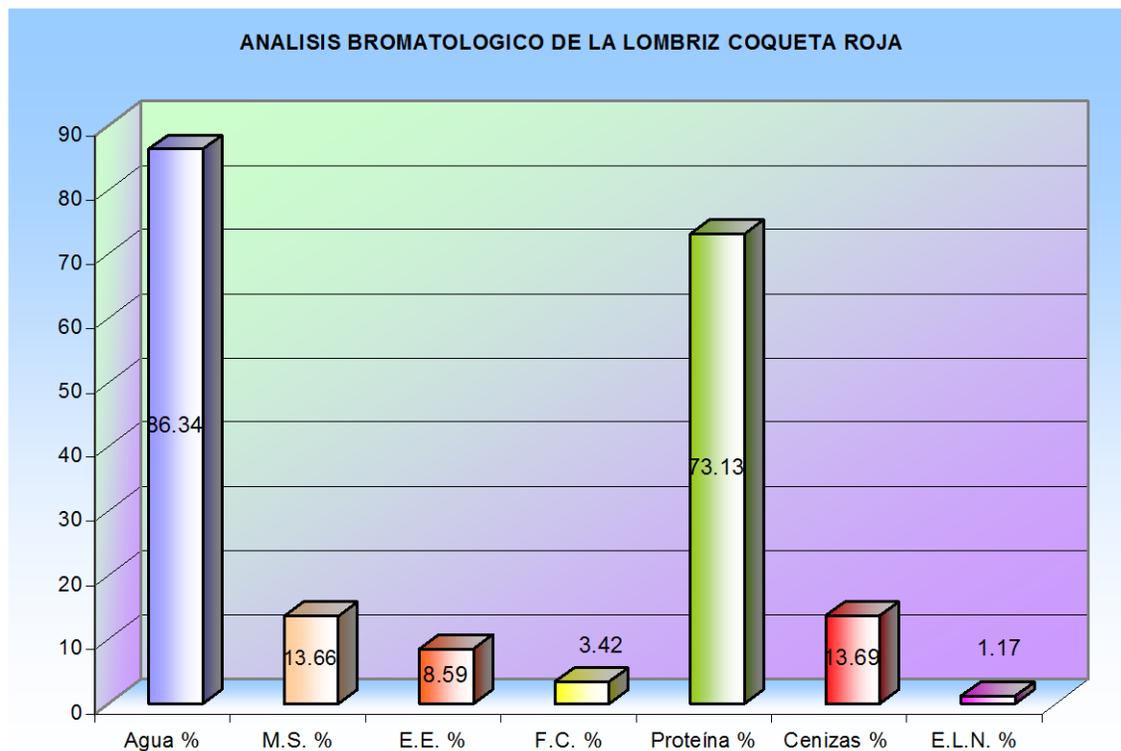
**Gráfica No. 2. Comportamiento reproductivo**



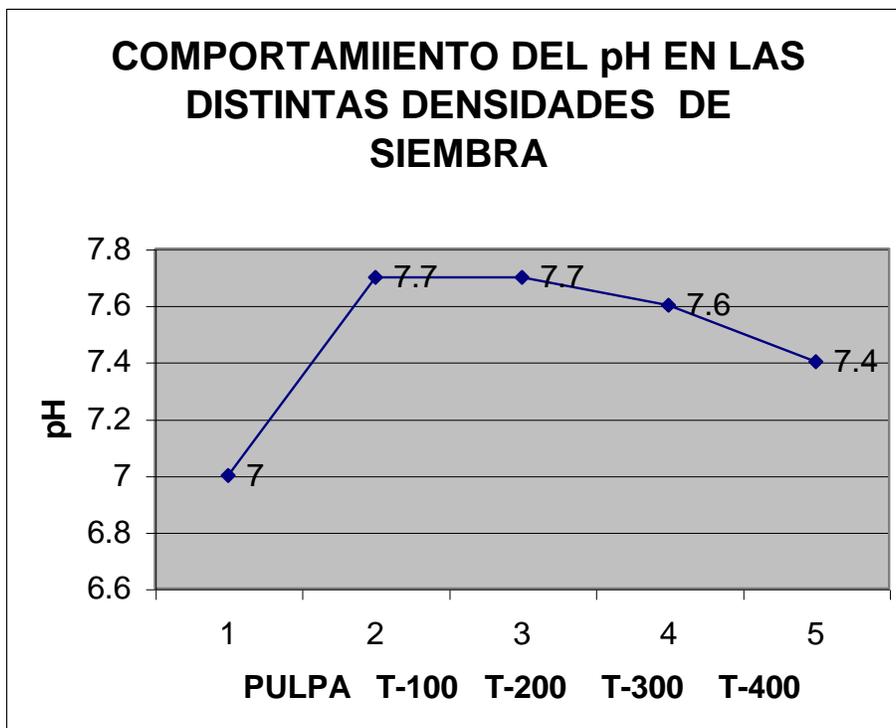
**Gráfica No. 3. Capacidad de procesamiento.**



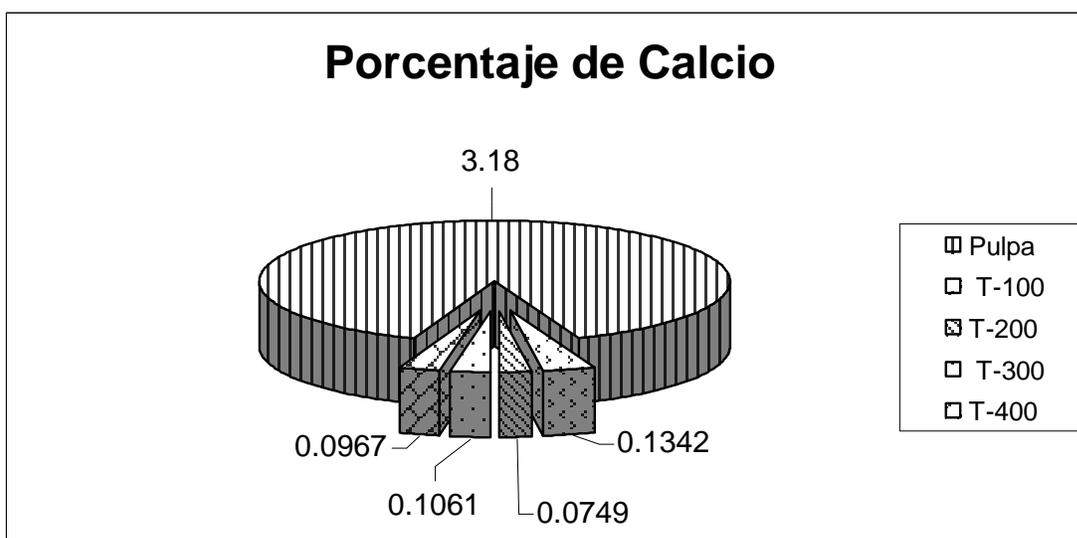
**Gráfica No. 4. Temperatura promedio del sustrato y del ambiente**



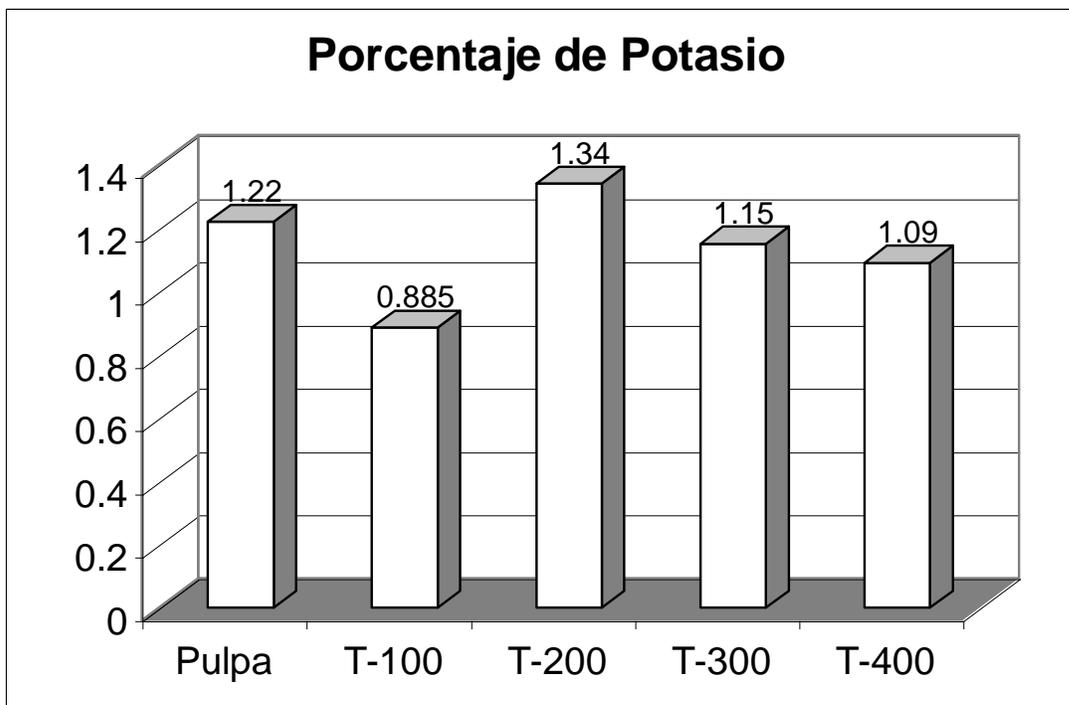
**Gráfica No. 5. Análisis bromatológico de la lombriz coqueta roja**



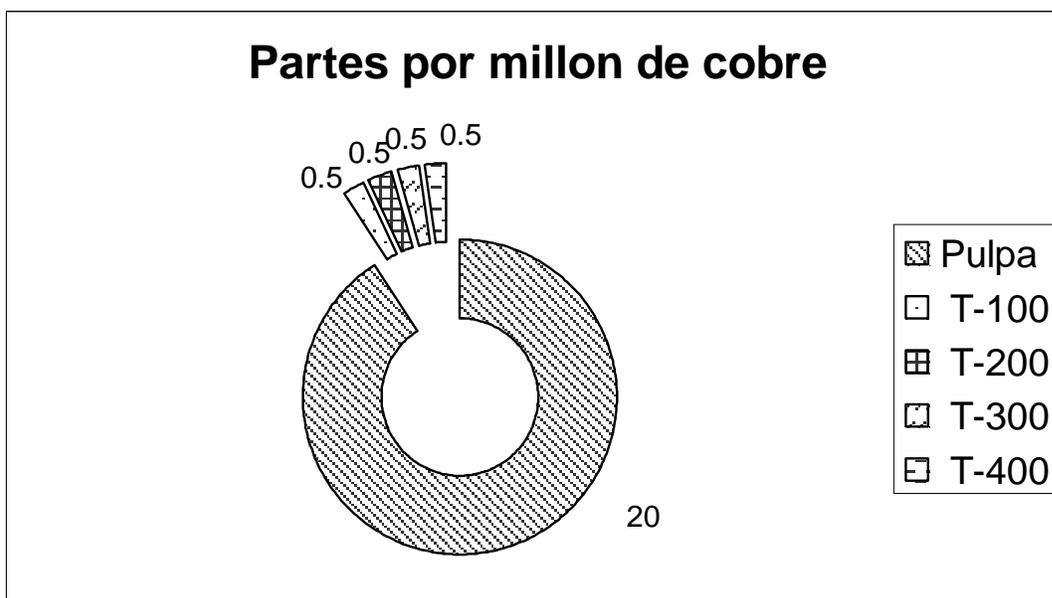
**Gráfica No. 6. Efecto de la maduración de la pulpa de café y del vermicompostaje sobre el pH.**



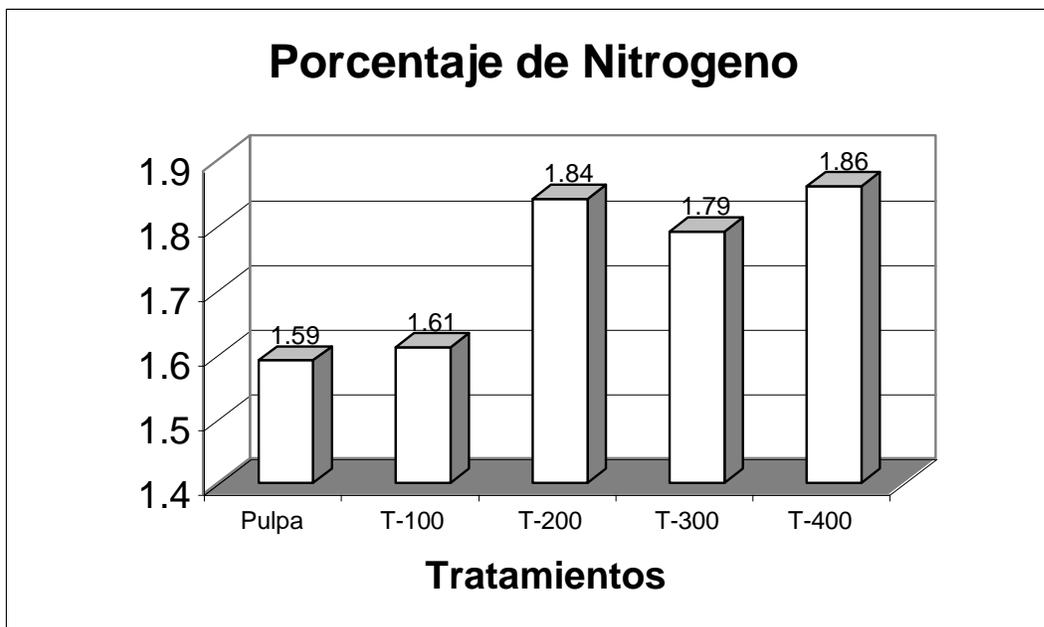
**Gráfica No. 7. Efecto de la maduración de la pulpa de café y del vermicompostaje sobre el Calcio.**



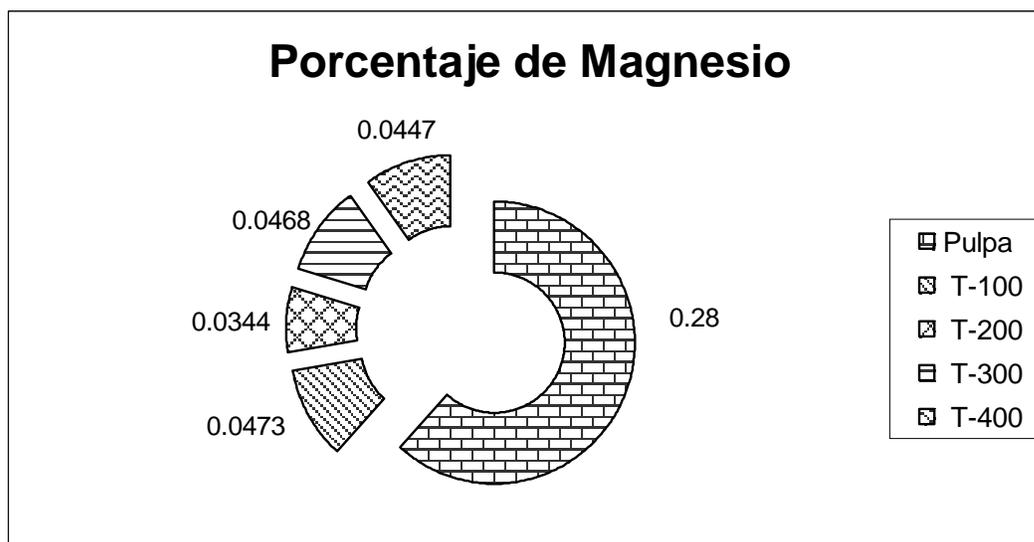
**Gráfica No. 8. Efecto de la maduración de la pulpa de café y del vermicompostaje sobre el Potasio**



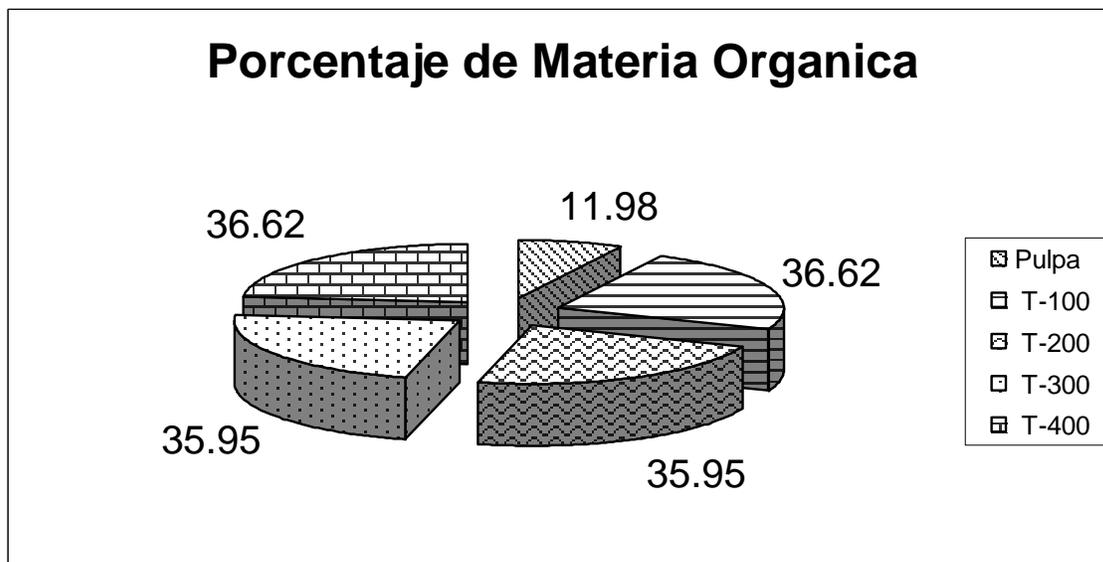
**Gráfica No. 9. Efecto de la maduración de la pulpa de café y del vermicompostaje sobre el Cobre.**



**Gráfica No. 10. Efecto de la maduración de la pulpa de café y del vermicompostaje sobre el Nitrógeno.**



**Gráfica No. 11. Efecto de la maduración de la pulpa de café y del vermicompostaje sobre el Magnesio.**



**Gráfica No. 12. Efecto de la maduración de la pulpa de café y del vermicompostaje sobre la materia orgánica.**