

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN AGRONOMÍA

EFFECTO DE LA LOMBRIZ COQUETA ROJA (*Eisenia foetida*, Lumbricidae) SOBRE
LA CALIDAD NUTRICIONAL DE SEIS SUSTRATOS; CHAJUL, QUICHÉ (2002)
ESTUDIO DE CASO

OSCAR ROMEO ZACARIAS DE PEDRO
CARNET 990614-24

QUETZALTENANGO, AGOSTO DE 2015
CAMPUS DE QUETZALTENANGO

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN AGRONOMÍA

EFFECTO DE LA LOMBRIZ COQUETA ROJA (*Eisenia foetida*, Lumbricidae) SOBRE
LA CALIDAD NUTRICIONAL DE SEIS SUSTRATOS; CHAJUL, QUICHÉ (2002)
ESTUDIO DE CASO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR
OSCAR ROMEO ZACARIAS DE PEDRO

PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

QUETZALTENANGO, AGOSTO DE 2015
CAMPUS DE QUETZALTENANGO

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIA: ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

MGTR. POMPILIO ALEJANDRO SOLÓRZANO ADOLFO

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

ING. JOSÉ DANIEL TISTOJ CHAN
ING. MARCO ANTONIO ABAC YAX
ING. MIGUEL MANUEL OSORIO LÓPEZ

AUTORIDADES DEL CAMPUS DE QUETZALTENANGO

DIRECTOR DE CAMPUS: P. MYNOR RODOLFO PINTO SOLIS, S.J.

SUBDIRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JOSÉ MARÍA FERRERO MUÑIZ, S.J.

SUBDIRECTOR ACADÉMICO: ING. JORGE DERIK LIMA PAR

SUBDIRECTOR ADMINISTRATIVO: MGTR. ALBERTO AXT RODRÍGUEZ

SUBDIRECTOR DE GESTIÓN GENERAL: MGTR. CÉSAR RICARDO BARRERA LÓPEZ

Quetzaltenango, 28 de febrero 2015

Honorable Consejo
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Universidad Rafael Landívar

Distinguidos Miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he revisado el informe Final de Estudio de Caso del estudiante: Oscar Romeo Zacarías de Pedro, con carné **No.99061424**, titulado: **“EFECTO DE LA LOMBRÍZ COQUETA ROJA (*Eisenia foetida*, Lumbricidae) SOBRE LA CALIDAD NUTRICIONAL DE SEIS SUSTRATOS; EN CHAJUL, QUICHÉ. 2002”**, el cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la facultad para ser aprobado, por lo que solicito sea revisado por la terna que designe el Honorable Consejo de Facultad, previo a su autorización de impresión.

Deferentemente

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and a final flourish, positioned above a horizontal line.

Ing. Agr. Pompilio Alejandro Solórzano Adolfo
Colegiado No. 3594



Universidad
Rafael Landívar
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 06330-2015

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Estudio de Caso del estudiante OSCAR ROMEO ZACARIAS DE PEDRO, Carnet 990614-24 en la carrera LICENCIATURA EN AGRONOMÍA, del Campus de Quetzaltenango, que consta en el Acta No. 0688-2015 de fecha 21 de agosto de 2015, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EFFECTO DE LA LOMBRIZ COQUETA ROJA (*Eisenia foetida*, Lumbricidae) SOBRE LA CALIDAD NUTRICIONAL DE SEIS SUSTRATOS; CHAJUL, QUICHÉ (2002)

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 28 días del mes de agosto del año 2015.


ING. REGINA CASTAÑEDA PUENTES, SECRETARIA
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar



Agradecimientos

A la Asociación Chajulense: Por permitirme realizar mi trabajo de investigación y facilitar los recursos para ejecutarla.

A la Asociación Nacional del Café:

Por permitirme conocer todo el mundo extraordinario del Café, el cual me ha abierto oportunidades de trabajo en toda Latinoamérica.

A mi Asesor Ing. Agr. Alejandro Solórzano:

Por su valiosa asesoría, revisión y corrección del presente estudio de caso.

Al Ing. Agr. Delmar Cruz:

Por su valiosa asesoría y corrección del presente estudio de caso.

Al Ing. Edgar Edú López:

Por su valiosa asesoría y revisión del presente estudio de caso.

Dedicatoria

A Dios Todo Poderoso: Por su amor, fidelidad y misericordia inconfundible hacia mí y El que me ha permitido llegar hasta este momento muy importante de mi vida.

A mis Padres: Por darme el don de la vida y por ser mi guía en todo momento. En especial a mi padre Fernando Zacarias (QEPD) que era su sueño verme como un profesional universitario.

A mi Esposa: Por estar conmigo siempre y quien me apoyo y alentó para continuar, cuando parecía que me iba a rendir, este triunfo también es de ella.

A mis Hijos: Por soportar mis ausencias y apoyarme en todo momento, que este triunfo sirva de ejemplo para ellos y les aliente a seguir adelante y poder cumplir sus metas personales.

A mi Suegra: Por su amor y apoyo moral hacia mí y por estar disponible para mi familia en todo momento.

Índice

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Lombricultura.....	3
2.1.1 La lombriz coqueta roja	3
2.1.2 Características generales de la lombriz coqueta roja.....	4
2.1.3 Especies conocidas de lombrices	5
2.1.4 Clasificación taxonómica	6
2.1.5 Hábitos	7
2.1.6 Adecuación de la infraestructura	7
2.1.7 Siembra de la lombriz	9
2.2 El Sustrato.....	10
2.2.1 Prueba de supervivencia	12
2.2.2 Almacenamiento temporal del sustrato.....	12
2.2.3 Frecuencia y cantidad de alimento	13
2.2.4 Mantenimiento del lombricultivo.....	14
2.2.5 Recolección de los productos	16
2.2.6 Características del lombricompost o vermicompost	18
2.2.7 Utilización del lombricompost y la lombriz.....	20
III. CONTEXTO	22
3.1 Descripción del Contexto	22
IV. JUSTIFICACIÓN	24
V. OBJETIVOS.....	25
5.1 Objetivo General.....	25
5.2 Objetivos Específicos	25
VI. METODOLOGÍA	26
6.1 Diseño de Instrumentos Y Procedimientos	26
6.2 Proceso de Recolección de Datos	26
6.2.1 Cronograma	26
6.3 Variables de Respuesta.....	27
6.4 Análisis de Información.....	28
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
7.1 Proceso de Intervención	29

7.2	Valor Nutricional	30
7.2.1	Potencial de Hidrogeno (pH).....	30
7.2.2	Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)	32
7.2.3	Contenido de Nitrógeno (N)	32
7.2.4	Contenido de Fósforo (P)	33
7.2.5	Contenido de Potasio (K).....	34
7.2.6	Contenido de Calcio (Ca)	35
7.2.7	Contenido de Magnesio (Mg).....	37
7.2.8	Contenido de Materia Orgánica (MO)	38
7.2.9	Cuadro conciliatorio de las medias de los tratamientos	39
7.3	Porcentaje de Producto Aprovechable.....	41
7.4	Comportamiento Poblacional De Las Lombrices	42
7.5	Rentabilidad	45
VIII.	CONCLUSIONES.....	47
IX.	RECOMENDACIONES	48
X.	BIBLIOGRAFÍA.....	49
XI.	ANEXOS	51

Índice de Cuadros

No.	Contenido	Pág.
1.	Valores de pH obtenidos en las cuatro repeticiones y los 6 tratamientos del estudio.....	31
2.	Cuadro conciliatorio de las medias de los tratamientos por variable y calificadas por Tukey, para determinar el mejor contenido de las variables evaluadas.....	40
3.	Porcentaje de producto aprovechable obtenido a partir de los diferentes tratamientos utilizados.....	41
4.	Rentabilidad en la obtención de lombricompost, calculado en cada tratamiento estudiado.....	45
5.	Estructura de los costos de producción por cada repetición.....	46
6.	Valores de Relación Carbono/Nitrógeno, que corresponde a la media de las 4 repeticiones de los diferentes tratamientos.....	51
7.	Análisis de Varianza (ANDEVA) de la relación Carbono/Nitrógeno, para determinar significancia estadística entre los tratamientos.....	51
8.	Análisis de contenido de Nitrógeno en porcentaje, los datos representados corresponden a la media de cada una de las repeticiones..	52
9.	Análisis de Varianza (ANDEVA) del Nitrógeno, para determinar significancia estadística entre los tratamientos.....	52
10.	Prueba múltiple de medias, Tukey al 5% para determinar el tratamiento con mejor contenido de Nitrógeno.....	52
11.	Análisis de contenido de Fósforo en porcentaje, los datos representados	

	corresponden a la media de cada una de las repeticiones.....	53
12.	Análisis de Varianza (ANDEVA) del Fósforo.....	53
14.	Análisis de contenido del Potasio en porcentaje, los datos representados corresponden a la media de cada una de las repeticiones.....	54
15	Análisis de Varianza (ANDEVA) del Potasio.....	54
16.	Prueba múltiple de medias, Tukey al 5% para determinar el tratamiento con mejor contenido de Potasio.....	54
17.	Análisis de contenido de Calcio (Ca) en porcentaje, los datos representados corresponden a la media de cada una de las repeticiones...	55
18.	Análisis de Varianza (ANDEVA) del Calcio (Ca), para determinar significancia estadística entre los tratamientos.....	55
19.	Análisis de contenido de Magnesio (Mg) en porcentaje, los datos representados corresponden a la media de cada una de las repeticiones..	56
20.	Análisis de Varianza (ANDEVA) del Magnesio.....	56
21.	Prueba múltiple de medias, Tukey al 5%, para determinar el tratamiento con mejor contenido de Magnesio.....	56
22.	Análisis de contenido de Materia Orgánica en porcentaje, los datos representados corresponden a la media de cada una de las repeticiones..	57
23.	Análisis de Varianza (ANDEVA) de la Materia Orgánica.....	57
24.	Prueba múltiple de medias, Tukey al 5%, para determinar el tratamiento con mejor contenido de Materia Orgánica.....	57
25	Resultados de análisis del lombricompost obtenido.....	58

Índice de Figuras

No.	Contenido	Pág.
1.	Anatomía interna de la lombriz, en el cual se muestran sus partes internas y su ubicación dentro del cuerpo.....	4

Índice de Graficas

No.	Contenido	Pág.
1.	Valores de pH del lombricompost obtenido.....	30
2.	Comportamiento poblacional de lombriz coqueta roja durante el estudio...	43
3.	Porcentaje de incremento poblacional de lombriz coqueta roja.....	44

**EFFECTO DE LA LOMBRIZ COQUETA ROJA (Eisenia foetida, Lumbricidae)
SOBRE LA CALIDAD NUTRICIONAL DE SEIS SUSTRATOS; CHAJUL, QUICHÉ
(2002)**

Resumen

El presente estudio determinó el efecto de la lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida*) sobre la calidad nutricional en seis sustratos para la elaboración de lombricompost. Este estudio se desarrolló con información de la Asociación Chajulense ubicado en el municipio de Chajul, Quiché. El estudio de caso nace de la práctica de una agricultura tradicional sin uso de insumos especializados en la región; se aborda esta problemática con el objetivo de mejorar la productividad en el cultivo del café orgánico para los productores de la Asociación Chajulense. Los sustratos evaluados fueron: estiércol bovino, estiércol equino, pulpa de café, desechos de cocina (restos de frutas y vegetales), mezcla de estiércol bovino más pulpa y mezcla de estiércol equino más pulpa. Como unidad de experimental se utilizaron cajas plásticas como lechos o camas con dimensiones de 0.50 metros de largo, 0.50 metros de ancho y 0.40 metros de alto con tapadera. Los sustratos fueron evaluados a través de un diseño de bloques al azar con 6 tratamientos y 4 repeticiones. Las variables evaluadas fueron: Valor nutricional (análisis de laboratorio), porcentaje de producto aprovechable, comportamiento poblacional de las lombrices y rentabilidad. Al analizar los resultados finales del estudio se determinó que la utilización de la pulpa de café mezclado con estiércol equino, como sustrato para producir lombricompost constituye el mejor sustrato con alto valor nutricional para producir abono orgánico y poderlo utilizar en la fertilización del cultivo del café, ya que reporta valores altos en nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica, además este mismo sustrato también presenta uno de los mejores porcentajes de conversión en lombricompost así como un incremento poblacional mayor de lombrices al final del estudio.

I. INTRODUCCIÓN

Guatemala, es un país que ha demandado en los últimos 50 años, miles de toneladas de fertilizantes químicos, con el objetivo de mejorar la fertilidad de los suelos y consecuentemente para tener sostenibilidad en la productividad de los cultivos de subsistencia, como el maíz, frijol y arroz así como también a los cultivos económicamente importantes como el café, el hule, la caña de azúcar, los frutales y las hortalizas de exportación; sin embargo el uso irracional de este insumo ha llevado al deterioro del suelo, perdiendo así su fertilidad por la acidificación que provocan y por la afección a los microorganismos que descomponen la materia orgánica, por lo tanto existe una notable baja en la productividad de los cultivos.

Esta práctica convencional que se basa en el uso de los fertilizantes sintéticos ha venido a sustituir la gama de abonos orgánicos existentes y que en antaño se utilizaban en la agricultura tradicional, dentro de los que se pueden mencionar los compostajes con materiales reciclables de las granjas locales, la utilización de abonos verdes especialmente de la familia de las leguminosas, el uso de purines naturales y el lombricompost (abono procesado por la lombriz coqueta roja *Eisenia foetida*). Bajo estos argumentos técnicos la utilización de abonos orgánicos es imprescindible para recuperar la fertilidad natural del suelo, mediante el mejoramiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos, así como lograr una diversidad de los microorganismos que mineralizan la partícula de suelo y la materia orgánica, con el objetivo de aumentar la productividad de los cultivos de una manera sustentable.

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo como una alternativa más de la fertilización orgánica para los agricultores del municipio de Chajul, que en su mayoría son pequeños productores de café orgánico certificado, ya que este cultivo representa el rubro más importante en su economía familiar, ya que el uso de abonos orgánicos son una alternativa en el cual se aprovechan los materiales disponibles en las comunidades rurales

Actualmente la lombricultura, es una técnica bien estudiada y difundida en Guatemala, principalmente por entes gubernamentales como el Ministerio de Agricultura así como otras iniciativas privadas como la ONGs Alternativas Tecnológicas (ALTERTEC), Fulimagro Lombricultura en Chimaltenango, Finca El Faro en Quetzaltenango, Finca la Pascua en Ciudad de Guatemala, etc. Su práctica se fundamenta en crear productos especializados para la agricultura orgánica con el fin de desarrollar planes productivos factibles desde el punto de vista técnico y económico. Este estudio permitirá a los agricultores de Chajul, especialmente a los productores de café orgánico; tener otra alternativa más para la fertilización orgánica de sus cafetales y así producir un café de alta calidad; competitivo en el mercado internacional, a un menor costo, además los resultados de esta investigación pueden tomarse como base para diseñar un buen plan de fertilización en la agricultura orgánica guatemalteca.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Lombricultura

La lombricultura, se define como la técnica de criar intensivamente lombrices en cautiverio, las cuales están en disposición de transformar con su proceso digestivo, enormes cantidades de desechos orgánicos en humus; es una actividad sencilla que cualquier agricultor puede emprender, con la ventaja de acelerar el proceso de descomposición de los desechos orgánicos que posee en su finca y obtener lombricompost y lombrices para utilización en la misma finca (Turcios, 1995).

2.1.1. La lombriz coqueta roja

La lombriz coqueta roja, se define como un anélido cilíndrico de boca bilabiada, el lado superior formado por el ribete del primer segmento y el inferior por el del segundo segmento. Cada anillo del cuerpo contiene cerdas no visibles y unos o dos poros, carecen de ojos; entre los anillos 32 y 38 se encuentran un ensanchamiento o prominencia denominada clitelio, esta parte tiene importancia en el proceso de reproducción. Las lombrices son animales hermafroditas, cada individuo porta los órganos reproductores masculinos y femeninos, pero es necesario el apareamiento para que se realice la fecundación. En el acoplamiento se realiza un intercambio recíproco de espermas (Fuentes, 1997).

La lombriz “Coqueta Roja” (*Eisenia foetida*) es una de las 1,600 clases de lombrices de tierra que existen en el mundo. Y es el resultado del cruce entre la lombriz de tierra (*Lumbricus terrestris*) y la lombriz maloliente (*Helodrilus foetidus*) que vive en el abono orgánico.

La coqueta segrega por su piel un líquido viscoso que le ayuda a deslizarse, es una sustancia que tiene enzimas y es parecida a la saliva. Estas enzimas empiezan a

descomponer la materia orgánica. Esta lombriz trabaja en los primeros 35 centímetros de la superficie del suelo, allí en donde se encuentra la mayoría de raíces (60%).

Las lombrices poseen 6 riñones, lo que le permite comer y aprovechar casi todo; tiene 5 corazones y su sangre contiene la substancia llamada hemoglobina, que es la que le da color rojo, igual que a la de los humanos. La Coqueta respira por la piel y no tiene ojos. Su cuerpo es sensible a la luz, especialmente a los rayos ultravioleta de la luz solar, los cuales la pueden matar inmediatamente (Castillo, 1992).

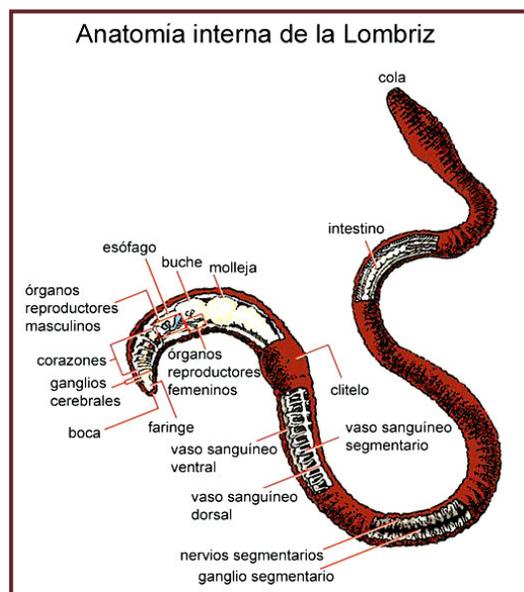


Figura 1. Anatomía interna de la lombriz, en el cual se muestran sus partes internas y su ubicación dentro del cuerpo (Castillo, 1992).

2.1.2. Características generales de la lombriz roja

La longitud media de la lombriz roja californiana adulta está comprendida entre 5 y 9 cm con un diámetro de 3 a 5 mm, tamaño que alcanza a los 7 meses de edad. El peso es de un gramo aproximadamente; una lombriz consume diariamente una cantidad de residuos orgánicos equivalente a su peso o a la mitad, según las condiciones de vida.

El 60 % de lo que ingiere se convierte en abono y lo restante lo utiliza para su metabolismo y generar tejidos corporales. La lombriz de tierra vive alrededor de 4 años, la roja 16 años. La fecundación de la terrestre es a cada 45 días mientras que la roja a cada 7 días. También hay más nacimientos entre las lombrices rojas; aproximadamente de 2 a 20 lombrices por cocón o huevo, contra 1 a 4 entre las terrestres (De Sanzo y Ravera, 2000).

2.1.3. Especies conocidas de lombrices

Las pocas especies de lombrices que pueden explotarse en cautividad esta la lombriz roja de California, de la cual se han obtenido por selección, varios tipos, que se pueden explotar en terrenos al aire libre de cualquier zona de clima mediterráneo sin necesidad de ningún tipo de alojamiento fijo.

Cuando las condiciones del medio son favorables, esta lombriz ingiere diariamente una cantidad de comida equivalente a su propio peso, del cual excreta un 60 a 100% en forma de humus. A diferencia de la lombriz común, que tiende a alejarse del lugar donde inicialmente se ha instalado, la lombriz roja no se aleja de sus alojamientos, salvo en el caso de que surjan condiciones muy desfavorables. La lombriz roja no deposita sus deyecciones sobre la superficie del suelo, con lo cual no existe la posibilidad de que una parte de estas sea arrastrada por el viento o por el agua (Fuentes, 1997).

Existen cerca de 2,000 especies de lombrices descritas en el ámbito mundial y se estiman 1,000 más sin describir, pero de todas ellas solo unas cuantas son utilizables para la crianza en residuos orgánicos, debido a que se encuentran diferencias ecológicas y fisiológicas que determinan el tipo de ambientes y sustrato donde ellas se pueden desarrollar (Ortega, 1999).

En este sentido se han llegado a considerar 3 grupos básicos:

1. Las endógenas u oligohúmicas; son aquellas comedoras de tierra y se encuentran permanentemente en las capas inferiores del suelo.
2. Las anésicas o mesohúmicas; son las que más se observan en la naturaleza por encontrarse en las capas más superficiales de los suelos y que son las responsables de la movilización de la hojarasca y la materia orgánica de los suelos.
3. Las polihúmicas; estas se encuentran adaptadas para desarrollarse en sitios de alta concentración y acumulación de materia orgánica tales como, hojarasca en descomposición y sedimentos orgánicos.

2.1.4. Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica de la lombriz coqueta roja o lombriz roja californiana, es la siguiente: (Turcios, 1995).

Phyllum:	Anélidos
Clase:	Clitelados
Orden:	Oligochaeta
Familia:	Lombricidae
Género:	Eisenia
Especie:	<i>Eisenia foetida</i>
Nombre común:	Lombriz roja californiana ó lombriz coqueta roja

2.1.5. Hábitos

Las lombrices se desarrollan en cualquier tipo de suelo, sin importar los grados de acidez que este presente. En particular prefiere suelos húmedos y frescos, con pH cercano al neutro, ricos en materia orgánica. Consume toda clase de residuos orgánicos en descomposición ya sean animales o vegetales; les perjudica tanto la falta como el exceso de humedad, en el agua se asfixian mientras la falta de humedad las dejan inactivas, lo que en ambos casos les provoca la muerte en corto tiempo. Es adaptable a todos los campos, lugares, ciudades y ambientes; deposita su excremento de manera pareja sobre y dentro del primer metro de profundidad (López y Mendoza, 1999).

2.1.6. Adecuación de la infraestructura

a) Ubicación del lombricultivo

El lugar del lombricultivo debe estar libre de la luz de sol y protegido de algunos animales, como sapos, pájaros, ratas, ciempiés, hormigas, milpiés y ardillas, los cuales son enemigos naturales de la coqueta roja. El lombricultivo puede hacerse en cualquier clima, sin embargo, en climas cálidos se logra mayor producción en menor tiempo. Las lombrices requieren un lugar fresco y tranquilo, donde exista humedad adecuada, oscuridad y buena alimentación (Castillo, 1992).

El lugar donde se va a establecer la explotación o el lombricultivo debe de reunir las siguientes condiciones:

- a) Superficie plana, pero con una ligera pendiente que permita la evacuación del agua de lluvia. El agua retenida bajo los lechos es muy peligrosa para la lombriz.
- b) Fácil acceso para los vehículos que han de transportar el alimento.

- c) Disponibilidad de agua para el riego de los lechos.
- d) Posibilidad de encontrar en los alrededores la materia orgánica que ha de servir como alimento a las lombrices.
- e) Terreno desprovisto de árboles frutales, ya que los tratamientos fitosanitarios de los mismos provocarían el envenenamiento de las lombrices. También son perjudiciales los árboles resinosos, castaños, nogales y encinas, ya que tanto las resinas como los taninos son venenosas para las lombrices. Es conveniente orientar las filas de lechos en la misma dirección de los vientos dominantes (Fuentes, 1997).

b) Camas o lechos

Los lechos o camas pueden colocarse al aire libre, sin necesidad de estar protegidos por ningún tipo de cubierta. Estos lechos consisten simplemente en un montón de sustancias orgánicas colocadas directamente sobre el terreno, procurando que estos montones estén alineados y separados unos de otros con el fin de facilitar el suministro de alimento. Normalmente cualquier explotación de cría de lombrices destina la mitad del espacio disponible a los lechos y la otra mitad sirve para almacenar las sustancias orgánicas utilizadas por aquellas como alimento (Fuentes, 1997).

Las camas o lechos constituyen el espacio en el cual se realiza el proceso de lombricultura. Se pueden utilizar lepas de madera, tablas usadas, ladrillos, block, cañas de bambú, etc., estas deben construirse de 1 metro de ancho y la longitud según la disponibilidad del terreno; en general, se acostumbran módulos de 2 a 3 metros de largo. La altura de la cama más usual es de 40 cm. El espacio entre camas puede ser de 50 centímetros. Algunos lombricultores emplean cajas o canastillas plásticas.

En el interior de la cama se recomienda piso de cemento, tela plástica o algún material que permita aislar el cultivo del suelo para evitar ataques de posibles plagas (planarias,

sanguijuelas, hormigas). El piso construido con una pendiente entre 2 y 5% y al 1% evita la inundación de la cama cuando se utiliza riego.

Es recomendable ponerle techo porque aísla el cultivo de la lluvia directa y del sol; proporciona sombra y mejores condiciones para el trabajo de la lombriz. Puede construirse en teja de cartón o de zinc. La altura puede ser de uno 2.5 a 3 metros. Además es conveniente cerrar la caseta con malla o cualquier material disponible para evitar la entrada de aves y otros depredadores (Dávila y Ramírez, 1996).

Cuando se crían lombrices californianas a la intemperie es muy importante ubicarlas en un lugar sombreado ya que la temperatura al sol es mucho más alta que los registros ambientales. Los árboles de hojas caducas son lo más apropiados para este fin porque sus hojas protegen a las cunas de la radiación solar durante la estación estival y se caen durante el invierno cuando se necesita calor. Quedan descartados los árboles resinosos (pinos) y aquellos que contengan tanino (nogales, castaños) ya que sus hojas resultan tóxicas para las lombrices (De Sanzo y Ravera, 2000).

2.1.7. Siembra de la lombriz

a) Cantidad inicial

El lombricultivo se inicia depositando el pie de cría en las camas o lechos, asegurándose que esta capa inicial sea aproximadamente de 10 a 15 cm. Si es necesario, para completar esta altura se puede depositar en el fondo de la cama, pulpa descompuesta y luego colocar encima el pie de cría. Así se asegura que la lombriz roja disponga de un medio para refugiarse si las condiciones del alimento no son adecuadas.

Debido a que la lombriz roja es un animal muy prolífico, no es conveniente empezar el lombricultivo con la cantidad total de lombriz necesaria; preferiblemente se aconseja multiplicarla en la propia finca (Dávila y Ramírez, 1996).

2.2. El Sustrato

El sustrato, es la primera capa de lecho, sobre el cual se incorporan las lombrices. El sustrato, que constituye la base del lecho, se forma con sustancias orgánicas, siendo lo más conveniente que tenga una cantidad de celulosa entre el 20 y el 25% y al 1%. El espesor del sustrato será de unos 15 centímetros en verano y 25 centímetros en invierno.

Habrá que tener la precaución de utilizar sustrato semi-descompuesto, cuya temperatura no exceda de los 25 grados centígrados. Cuando el sustrato está en fase de fermentación, su temperatura puede alcanzar los 70 u 80 grados centígrados o incluso más. El sustrato se puede colocar directamente sobre el terreno cuando éste es suficientemente impermeable, aunque es preferible colocarlo sobre una lámina de material plástico que evite su contacto directo con el terreno, lo cual facilitara la recogida del humus.

Una vez colocado el sustrato sobre el terreno se riega con agua potable hasta que todo el sustrato quede bien empapado; esta operación tiene dos finalidades:

- Reducir la acidez del sustrato, cuando este; la tenga demasiado elevada.
- Arrastrar el ácido úrico contenido en la urea del sustrato.

La incorporación de lombrices al sustrato (inseminación) se realiza después de hecho la prueba de supervivencia de las lombrices en ese sustrato. Y su incorporación se hace a la luz del día, preferentemente durante las primeras horas de la mañana, con el fin de incitar a las lombrices a introducirse con más rapidez en el sustrato (Fuentes, 1997).

La lombriz coqueta roja se alimenta en cualquier sustrato, es decir; toda materia orgánica muerta sin ningún valor para el hombre y nunca causa daño a las plantas vivas.

Si se entierran en toda clase de basura, estiércol de animales, rastrojo de milpa, paja de trigo, cascara de frijol, todos los desperdicios animales y vegetales que puedan descomponerse o se les proporcionan como alimento, ellas lo transforman y enriquecen al suelo con su excreta (Turcios, 1995).

Se debe de tener el cuidado de utilizar sustratos contaminados, como la pulpa de café tratada con insecticidas químicos para el control de la broca del café, en este caso es necesario esperar por lo menos 15 días para llevarla al lombricultivo (Dávila y Ramírez, 1996).

La materia orgánica o sustrato a transformarse puede ser: estiércol (de equino o de bovino), pulpa de café, residuos de banano (tallos, hojas y fruta), residuos de cultivos o pastos. Todos los materiales en forma simple o mezcla de ellos, pueden ser transformados por las lombrices coqueta roja, siempre que sean pre fermentados por término de 15 días, para evitar altas temperaturas (López y Mendoza, 1999).

Las lombrices de la especie (*Eisenia foetida*) o lombriz roja californiana ingieren grandes cantidades de materia orgánica descompuesta (sustrato). De esta ingesta, hasta el 60% se excreta en una sustancia llamada humus de lombriz, lombricompost o vermicompost, 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 o fosfatos directamente asimilables por las plantas (Ortega, 1999).

Los gusanos de tierra (lombrices) consumen residuos animales y vegetales en proceso de descomposición, es decir, pre-digeridos por microorganismos especializados; bacterias, hongos y otros. Estos degradan las proteínas y la celulosa transformándolas en sustancias más simples de fácil asimilación (por ejemplo los aminoácidos, resultantes de la digestión aeróbica de las proteínas), también se nutren con diminutos hongos y por supuesto, los antibióticos que se encuentran en ellos que le sirven al animal para inmunizarse y crecer. Cuando la lombriz elimina mediante la excreción,

las moléculas de estos antibióticos, dejará una masa bacteriana antibiotizada, compuestos bioestimulantes que estaban contenidos en el citoplasma de los hongos y microorganismos fúngicos en disminución. Se calcula la presencia de 2 billones de bacterias por gramo de vermicompost o lombricompost (De Sanzo y Ravera, 2000).

2.2.1. Prueba de supervivencia

Antes de incorporar las lombrices al sustrato o de suministrar nuevo alimento hay que hacer la prueba de supervivencia de las lombrices. Esta prueba se realiza en una caja de madera, de dimensiones aproximadas de 30x30x20 centímetros, en donde se echa una capa de cinco a diez centímetros de espesor y se riega de modo que quede bien humedecido, aunque no encharcado, y a continuación se colocan sobre él, 20 lombrices adultas. Conviene que las lombrices se introduzcan solas, sin recubrirlas con el sustrato. Esta operación se realiza a la luz de día, lo que induce a las lombrices a introducirse con rapidez. Si alguna lombriz se ha muerto, es señal de que el desecho orgánico que se quiere utilizar no reúne las condiciones adecuadas, por lo que habrá que esperar más tiempo para la correcta fermentación o maduración del mismo (Fuentes, 1997).

2.2.2. Almacenamiento temporal del sustrato

Para mantener el lombricultivo con alimentación constante se debe tener una fosa cubierta que permita la disponibilidad de sustrato en las épocas fuera de cosecha del cultivo principal.

Aunque la capacidad de la fosa depende de la distribución de la cosecha, en general se debe almacenar alrededor del 30% del sustrato en el año. El lombricultivo puede alimentarse con pulpa de café hasta de una semana, que no esté caliente, pero es más práctico utilizar la que tiene mayor tiempo de almacenamiento en la fosa (Dávila y Ramírez, 1996).

2.2.3. Frecuencia y cantidad de alimento

Después de pasados unos treinta días de la incorporación de las lombrices al sustrato hay que empezar a suministrar comida, que consiste, preferentemente, en estiércol de diferentes especies animales, especialmente de equino o de bovino. Antes de suministrar cualquier clase de comida hay que hacer con ella la prueba de supervivencia de las lombrices. El espesor de la capa de alimento añadido en cada suministro depende de la época del año. Desde marzo a octubre esta capa será de ocho a diez centímetros, procurando no sobrepasar ese espesor para evitar posibles fermentaciones y el recalentamiento consiguiente.

En los meses de frío la lombriz roja no se aletarga, sino que continua, su producción, aunque con menor intensidad que durante los meses de calor. Durante este periodo que abarca desde los meses de noviembre a febrero, ambos inclusive, la distribución del alimento se hace extendiendo sobre la superficie del lecho una capa de 10 a 15 centímetros de espesor (Fuentes, 1997).

La cantidad a suministrar de alimento estará de acuerdo al peso de las lombrices sembradas en el lugar. Si se colocó un kilogramo de lombrices se necesita 1 kilogramo de alimento por día; las lombrices ingieren a diario su propio peso. El alimento se aplica en surcos de 5 centímetros separado de 5 centímetros entre surcos. No es conveniente tapar toda la superficie del cantero (Ortega, 1999).

Se pueden alimentar una o dos veces por semana, dependiendo de la densidad de lombrices y el tipo de alimento, es recomendable efectuar la alimentación con pulpa de café una vez por semana. La cantidad del alimento está relacionada directamente con el consumo por parte de la lombriz. Considerando que se han observado consumos equivalentes a la mitad del peso de lombrices por día, es importante llevar registros de la alimentación y del funcionamiento general del lombricultivo (Dávila y Ramírez, 1996).

2.2.4. Mantenimiento del Lombricultivo

a) Control de humedad

Es necesario evitar los riegos excesivos de la humedad, pues cuando la humedad es muy elevada se provoca una compactación de los lechos, lo que dificulta la aireación y además, se produce un lavado de parte de las proteínas, con la consiguiente pérdida de valor alimenticio. El riego se facilita instalando equipos de riego por aspersión o de riego por goteo. La humedad del medio es óptimo cuando al apretar un puñado de material totalmente húmedo no caen gotas de agua (Fuentes, 1997).

Es importante preparar el alimento antes de llevarlo a las camas de lombrices remojándolo si es necesario hasta que quede totalmente humedecido, que no drene o escurra. Esto corresponde aproximadamente a un rango de 80 a 85% y al 1% de humedad. También se deben remojar las camas para conservar esta humedad. Este riego puede hacerse con agua limpia o preferiblemente con aguas residuales del beneficio.

Dependiendo de las condiciones ambientales y del espesor de la capa de sustrato con lombrices, puede hacerse un riego de un máximo de 1,000 cc/metro² por día, pero es preciso observar que no se presente humedad. La lombriz puede vivir en un medio con menor grado de humedad, pero su actividad disminuye porque le resulta más trabajoso asimilar el alimento, ya que ellas no tienen dientes (Dávila y Ramírez, 1996).

El material a suministrar debe ser húmedo, para evitar que se reseque el cuerpo de las lombrices (estas respiran a través de su piel) y para que ingieran más fácilmente los alimentos. Sin embargo, no debe ser en exceso, porque provocaría que las lombrices se ahoguen (López y Mendoza, 1999).

b) Control de la temperatura

Durante los meses fríos hay que controlar la temperatura de los lechos. La temperatura óptima se sitúa alrededor de los 19 ó 20 grados centígrados. Cuando ésta descienda por debajo de 14 grados centígrados se debe aumentar la capa de alimento aportado en la superficie de los lechos, con el fin de aislarlos de la temperatura del exterior, si fuera preciso se cubrirán los lechos con sacos de yute, pero no con laminas de material plástico u otros productos impermeables, que impiden el paso de aire. También se pueden cubrir los lechos con paja de cereales pero resultan incómodas las operaciones para poner y quitar la paja.

Cuando la temperatura desciende por debajo de siete grados centígrados las lombrices se aletargan y por consiguiente, no comen ni se reproducen; además de que se profundizan y no trabajan. El calor excesivo también perjudica a la lombriz. El riego rebaja la temperatura del medio ambiente durante los días calurosos (Fuentes, 1997).

La temperatura del material debe oscilar entre 18 y 25 grados centígrados, pero puede soportar hasta 30 grados centígrados. Por arriba de esta temperatura, pueden morir las lombrices (López y Mendoza, 1999).

c) Control del pH

El valor del pH del sustrato inicial y complementario debe estar comprendido entre 6.5 y 7.5 siendo los valores óptimos 6.8 y 7.2 para controlar el pH de una sustancia orgánica se puede utilizar papel tornasol; para la prueba se toma una muestra del sustrato húmedo y se le introduce el papel tornasol en el centro. Se deja reposar unos 30 segundos comprobándose que la tira ha cambiado de color, se le compara con una escala de colores donde cada uno responde a un grado distinto de pH. También existen aparatos llamados peachimetro que permiten medir directamente el pH, basta con introducir una punta en el material y un indicador con una aguja permitirá hacer una lectura con regular exactitud.

Cuando se requiere rebajar rápidamente la acidez del sustrato se añade carbonato cálcico, a razón de 300 gramos por metro cuadrado o la utilización de cal dolomítica a razón de 0.5 kilogramos por metro cuadrado en forma incorporada (De Sanzo y Ravera, 2000).

2.2.5. Recolección de los productos

a) Sistema de cosechar lombrices y lombricompost

El método más sencillo para cosechar lombrices, consiste en colocar la mezcla (lombrices y lombricompost) sobre una superficie que tenga zanjas; por ejemplo tejas colocadas hacia arriba. De esta forma, las lombrices se irán al fondo de la teja para evitar la luz solar y entonces, se separan esta del lombricompost. Al fondo de la teja se formará un nudo de lombrices y se podrán cosechar y también se podrán utilizar.

Las lombrices pueden usarse directamente como alimento para animales o para la producción de lombricompost, el cual puede fertilizar los terrenos y producir pasto para ellos. Para cosechar el lombricompost, es necesario dejar a las lombrices sin alimentación y riego durante una semana. Después de este tiempo, se les coloca comida en un rincón o en dos extremos de la cama; como las lombrices están hambrientas, todas ellas se reúnen para comer en estos lugares y entonces es fácil cosechar el lombricompost. El lombricompost todavía puede contener capullos, lombrices pequeñas y unos pocos adultos que tendrán un efecto positivo en el terreno, al mejorar la estructura y fertilidad del mismo (Castillo, 1992).

Para la extracción de lombrices, se debe considerar un ciclo de producción de 3 meses, cuando falten de 7 a 15 días para realizar la cosecha se alimenta a las lombrices con un cebo para atraer al mayor número de las mismas a la superficie de la cuna y proceder a su extracción, el cebo consiste en mezclar el material con un 3% de grasa refinada rayada, también se puede emplear borra de café o melaza.

Para extraer las lombrices se coloca sobre la cuna entre 3 y 4 cm. de cebo, se moja y se lo cubre con media sombra, al cabo de 72 horas se llenará de lombrices.

Una vez retirada la mayor parte de la población de lombrices de la cuna, se extrae el humus inmediatamente. Es importante tener presente que para que la actividad sea rentable las cunas deben manejarse como unidades de producción de humus con un ciclo de tres meses, al cabo del cual el lombricompuesto es extraído rápidamente aunque no esté totalmente listo. Por cada tonelada de alimento que se coloca en una cuna en el periodo productivo, se extrae media tonelada de humus en tres meses de actividad (De Sanzo y Ravera, 2000).

La separación de la lombriz y la cosecha del lombricompuesto se pueden hacer dos o tres veces al año, dependiendo de la velocidad de descomposición de la pulpa de café. Cuando el sustrato llega a la altura máxima de la cama, se suspende la alimentación y el riego durante una semana, para obligar a las lombrices consumir todo el material que no se ha transformado. A la semana siguiente, se extiende una malla plástica sobre la cama y se alimenta de nuevo; una semana después se retira la malla con la capa superior donde ha subido la lombriz. Dependiendo de la cantidad de lombrices, puede ser necesario repetir esta operación hasta tres veces. Las lombrices separadas se utilizan para ampliar el cultivo, como pie de cría para nuevos lombricultivos o como fuente de proteína para alimentación animal (Dávila y Ramírez, 1996).

b) Cosecha de las cápsulas o cocones

Cuando el lombricultivo está expuesto al sol, debe aflojarse y amontonarse el primer pie de material, situándolo en forma de volcán. Las lombrices se irán hacia abajo, pues poseen puntos en su cuerpo que son sensitivos a la luz. Después de 5 o 10 minutos puede recogerse la tierra de encima del volcán, que estará llena de capsulas y de lombrices (Turcios, 1995).

2.2.6. Características del lombricompost, vermicompost o humus de lombriz

El humus de lombriz (vermicompost), es inodoro, no se pudre ni fermenta y su apariencia general es similar a la borra del café. En los análisis químicos realizados al humus de lombriz se detecta la presencia de hasta un 5% y al 1% de nitrógeno, 5% y al 1% de fósforo, 5% y al 1% de potasio, un 4% de calcio, una carga bacteriana de 2 billones por gramo y un pH de 7 y 7.5 de todos los estudios realizados se concluye que el lombricompost es un fertilizante orgánico de altísima calidad, de acción prolongada, de fácil y económica producción (Ortega, 1999).

Cuando se retira el humus de lombriz de los lechos tiene una humedad de un 80%; para cribarlo y seleccionarlo, esta humedad se tiene que reducir a un 50 o 60%. El humus de lombriz es un abono muy eficaz, pues, además de poseer todos los elementos nutritivos esenciales, contiene una flora bacteriana riquísima, que permite la recuperación de sustancias nutritivas retenidas en el terreno, la transformación de otras materias orgánicas y la eliminación de muchos elementos contaminantes. El alto contenido de ácidos húmicos aporta una amplia gama de sustancias fitorreguladoras del crecimiento de las plantas.

El humus de lombriz es neutro, por lo cual crea un medio desfavorable para la proliferación de ciertos parásitos. De ahí su interés por emplearlo en cultivos que se encuentren parasitados (Fuentes, 1997).

El humus de lombriz es un abono rico en hormonas, sustancias producidas por el metabolismo secundario de las bacterias, que estimulan los procesos biológicos de la planta. Estos agentes reguladores del crecimiento son:

1. La auxina, que provoca el alargamiento de las células de los brotes, incrementa la floración, la cantidad y dimensión de los frutos.

2. La Giberelina, favorece el desarrollo de las flores, la germinabilidad de las semillas y aumenta la dimensión de algunos frutos.
3. La Citoquinina, retarda el envejecimiento de los tejidos vegetales, facilita la formación de los tubérculos y la acumulación de almidones en ellos.

El humus de lombriz o vermicompost es un abono orgánico por excelencia que tiene las siguientes características:

- a) Es un material de color oscuro, con un agradable olor a mantillo del bosque.
- b) Es limpio, suave al tacto y su gran bioestabilidad evita su fermentación o putrefacción.
- c) Contiene una elevada carga enzimática y bacteriana que aumenta la solubilización de los nutrientes haciendo que pueden ser inmediatamente asimilables por las raíces.
- d) Durante el trasplante previene enfermedades y evita el estrés por heridas o cambios bruscos de temperatura y humedad.
- e) Favorece la formación de micorrizas.
- f) Aumenta la resistencia de las plantas a las plagas y enfermedades.
- g) Inhibe el desarrollo de bacterias y hongos que afectan a las plantas.
- h) Favorece la absorción radicular.
- i) Debido a su pH neutro y otras cualidades favorables aporta y contribuye al mantenimiento y al desarrollo y diversificación de la micro flora y micro fauna del suelo.
- j) Regula el incremento y la actividad de los nitritos del suelo.
- k) La acción microbiana del humus de lombriz hace asimilable para las plantas minerales como el fósforo, calcio, potasio, magnesio y oligoelementos.
- l) Transmite directamente del terreno a la planta hormonas, vitaminas, proteínas y otras fracciones humificadoras.
- m) Absorbe los compuestos de reducción que se han formado en el terreno por compresión natural o artificial.

- n) Aumenta la porosidad de los suelos aumentando la aireación.
- o) Su color oscuro contribuye a la absorción de energía calórica.
- p) Facilita y aumenta la eficacia del trabajo mecánico del terreno.
- q) Por los altos contenidos de ácidos húmicos y fulvicos mejora las características químicas del suelo.
- r) Aumenta la resistencia a las heladas.

(De Sanzo y Ravera, 2000).

El humus de Lombriz está compuesto principalmente por carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno y en menor proporción elementos minerales. Por otra parte, estos elementos varían en cantidad, dentro del material húmico, dependiendo de las características químicas de los sustratos que le dieron origen.

El humus presenta un efecto homeostático (tapón), ya que modera los cambios de acidez y neutraliza los compuestos orgánicos tóxicos que llegan a él por contaminación (Ortega, 1999).

2.2.7. Utilización del lombricompost y la lombriz

El lombricompost obtenido se utiliza como abono en huertas, viveros y en hortalizas. Se ha encontrado que la mezcla de una parte de lombricompost con tres partes de suelo es la más adecuada para la preparación de almácigos de café.

Las lombrices separadas se utilizan para ampliar el cultivo, como pie de cría para nuevos lombricultivos o como fuente de proteína para alimentación animal como concentrados (Dávila y Ramírez, 1996).

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. También se usa

la lombriz viva, como alimentos para peces y ranas, tanto en acuarios como criaderos, sin dejar de mencionar su condición de carnada en el mercado de la pesca.

En la industria farmacéutica se utiliza el colágeno presente en las lombrices y a partir del líquido celomático, se han elaborado antibióticos. La medicina también ha puesto en estudio este anélido por su capacidad de regeneración de los tejidos y su inmunidad (Ortega, 1999).

El humus de lombriz, por ser un material elaborado, se puede aplicar superficialmente o enterrado y mezclado con el suelo. En cultivos permanentes o transitorios hay que tener el cuidado que el abono quede en la zona de raíces; no al pie de la planta. (Bolaños, 2002).

El lombricompost aumenta la permeabilidad y la retención hídrica de los suelos, disminuyendo el consumo de agua en los cultivos. Por este motivo, además de sus propiedades como fertilizante, se está empleando en canchas de golf para disminuir el alto consumo de agua que tienen estas instalaciones (De Sanzo y Ravera 2000).

III. CONTEXTO

3.1 Descripción del Contexto

El presente estudio que determinó el efecto de la lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida*) sobre la calidad nutricional en seis sustratos para la elaboración de lombricompost, se desarrolló con información que pertenece a la Asociación Chajulense que se encuentra ubicada geográficamente en las coordenadas 15º 50´ 50" latitud norte y 91º 03´ 58" longitud oeste, a una altitud de 1,991 metros sobre el nivel del mar, en jurisdicción del municipio de Chajul, departamento de Quiché que colinda al norte con México, al este con el Municipio de Uspantán, al sur con San Juan Cotzal y al oeste con Nebaj, Quiché y Sta. Cruz Barillas de Huehuetenango.

Según Holdrige, L. (1983), este municipio se encuentra ubicado en la zona de vida Bosque muy húmedo tropical, con precipitación pluvial anual promedio de 5,500 milímetros. Simmons, C.; Tarano, J.; Pinto, J. (1959) determina que los suelos pertenecen a las Tierras Calizas Altas del Norte, los usos de la tierra son variables, pero entre los más importantes se encuentran los cultivos de café y cardamomo.

El estudio de caso nace de la práctica de una agricultura tradicional sin uso de insumos especializados, es por eso que la productividad de los cultivos económicamente importantes que se trabajan en la región, especialmente el café orgánico era muy bajo, al nivel de catorce quintales por hectárea. A partir de esta premisa se pensó en evaluar algunos sustratos como materia prima para producir abono orgánico utilizando la lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida*), para determinar cuál de ellos es el más eficaz nutricionalmente, para poderlo utilizar como propuesta en la fertilización orgánica para los productores de café de la Asociación Chajulense, considerando que el lombricompost es un abono especializado que mejora considerablemente la nutrición de los suelos, lo cual redundará positivamente en la productividad de los cultivos a un menor costo. Los sustratos evaluados fueron: 1. estiércol bovino, 2. estiércol equino, 3. pulpa de café, 4. desechos de cocina (restos de frutas y vegetales), 5. mezcla de

estiércol bovino más pulpa y 6. mezcla de estiércol equino más pulpa, como unidad de experimental se utilizaron cajas plásticas como lechos o camas con dimensiones de 0.50 metros de largo, 0.50 metros de ancho y 0.40 metros de alto con tapadera. Los sustratos fueron evaluados a través de un diseño de bloques al azar con 6 tratamientos y 4 repeticiones.

Estas evaluaciones fueron coordinadas y dirigidas por el personal de la Asociación Nacional del Café radicado en Chajul, Quiché y el personal de la Unidad Técnica de la Asociación Chajulense, para determinar cuál de los sustratos era el más eficaz para mejorar la productividad en el cultivo de café orgánico.

IV. JUSTIFICACIÓN

El uso de abonos orgánicos en la región se remonta desde hace aproximadamente 20 años, dado que los productores de la Asociación Chajulense, quienes pertenecen al Municipio de Chajul, Quiché; han practicado en estos últimos años la agricultura orgánica de una manera rudimentaria y sin uso de insumos especializados que los ayuden a mejorar la productividad de los cultivos. Posteriormente sigue una etapa de agricultura orgánica semitecnificada con el uso de algunos insumos tradicionales como lo es la abonera o el compost producido aeróbicamente, sin embargo este tipo de manejo no tuvo influencia directa en el incremento de la productividad de los cultivos.

Considerando esto, del material orgánico que se disponen en las pequeñas parcelas de los productores de café (*Coffea arabica*) de la Asociación Chajulense, fue necesario realizar esta evaluación para determinar el efecto de la lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida*) sobre 6 sustratos diferentes, con el propósito de crear mecanismos alternos para aumentar la productividad, mediante el uso de un lombricompost eficiente y de alto valor nutricional.

La utilización de lombricompost o abono de lombrices es una técnica sencilla que cualquier agricultor puede emprender y que es adecuada para recuperar suelos con baja fertilidad; ya que con la utilización de este material se incrementa el proceso de mineralización de la materia orgánica así como el aumento de los microorganismos benéficos que desdoblán las partículas de arcilla, logrando con ello una humificación natural del suelo, la cual se manifiesta considerablemente en la mejora de las condiciones físicas, químicas y biológicas del mismo, que al final redunda en la mejora de la productividad de los cultivos, especialmente el cultivo del café.

Teniendo en cuenta la importancia de esta práctica en el aumento de la productividad de los diferentes cultivos, es imprescindible retomar la información generada de la evaluación del efecto de la lombriz coqueta roja sobre seis sustratos diferentes para la producción de abono, ya que inicialmente se realizó la investigación, pero no se han dado a conocer los resultados, por lo tanto es necesario realizar el presente estudio de caso.

V. OBJETIVOS

5.1 Objetivo General

Determinar el efecto de la lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida*) sobre la calidad nutricional de seis sustratos para la producción de abono orgánico en el municipio de Chajul, departamento del Quiché.

5.2 Objetivos Específicos

Determinar el valor nutricional del lombricompost obtenido en los diferentes sustratos evaluados.

Determinar el porcentaje aprovechable de los diferentes sustratos evaluados.

Determinar el comportamiento poblacional de la lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida*) en los diferentes sustratos.

Determinar la rentabilidad de cada uno de los sustratos evaluados.

VI. METODOLOGÍA

6.1 Diseño de Instrumentos y Procedimientos

Para el desarrollo del estudio, inicialmente se realizó una reunión con el Coordinador de la Unidad Técnica de la Asociación Chajulense para dar a conocer la propuesta de estudio y la metodología a seguir para la recolección de datos, con el fin de obtener la autorización correspondiente en el uso de los datos para el estudio. Inicialmente se hicieron revisiones directas en los archivos, se analizaron los cuadros obtenidos de los resultados de la evaluación y se discutieron los datos para determinar las conclusiones y recomendaciones del estudio, finalmente se realizó el informe final del estudio.

6.2 Proceso Recolección De Datos

Los datos del estudio fueron recolectados a través de la revisión directa de los documentos internos de la Asociación Chajulense, principalmente de la Unidad Técnica. Nuevamente se analizaron, clasificaron y ordenaron los datos de la evaluación para determinar, los resultados, las conclusiones y recomendaciones de este estudio.

6.2.1 Cronograma

ACTIVIDAD	MES		
	ENERO	FEBRERO	MARZO
Gestión de información	X		
Diseño de Instrumentos y procedimientos	X		
Revisión de documentos y registros de la Organización	X		
Sistematización de información	X		
Clasificación de los datos		X	X
Análisis de la información		X	X
Informe y presentación del Estudio de Caso			X

6.3. Variable de Respuesta

6.3.1. Valor nutricional

La calidad del humus de lombriz de cada uno de los sustratos en estudio, se determinó por el resultado del análisis de una muestra que se envió al Laboratorio de análisis de suelos, plantas y agua –ANALAB-, de la Asociación Nacional del Café.

6.3.2. Porcentaje de producto aprovechable

Esta variable se calculó en base al peso total del sustrato inicial menos el peso total de abono de lombrices obtenido.

6.3.3. Comportamiento poblacional de las lombrices

El comportamiento poblacional de lombrices en cada unidad experimental se realizó por medio de conteos directos de lombrices vivas y de todos los tamaños a cada 30 días.

6.3.4. Rentabilidad

La rentabilidad del lombricompost, se calculó en base a los costos fijos tomando en cuenta los precios vigentes de los sustratos utilizados, el precio de la lombriz, el precio del lombricompost en el mercado local y el costo de la mano de obra. Con estas variables se realizó un análisis de rentabilidad de cada uno de los tratamientos.

6.4. Análisis de La Información

Con la información obtenida de los registros de la organización, se procedió a su ordenamiento, análisis y sistematización, para concluir con la elaboración del informe de estudio de caso, según la metodología estandarizada para este fin.

Los resultados del análisis del laboratorio de cada uno de los abonos obtenidos, se utilizaron para calcular la calidad nutricional del humus de lombriz, se sometieron a un Análisis de Varianza (ANDEVA) y se realizaron pruebas de comparación múltiples de media con el método Tukey al encontrar significancia entre los tratamientos, tomando en cuenta el pH, la Relación Carbono/Nitrógeno, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Materia orgánica.

Para la rentabilidad económica se realizó un análisis de costos basado en la rentabilidad de los tratamientos como criterio de decisión. Se consideraron parámetros como costos de la lombriz, costo de la materia prima, costo de mano de obra y costo de materiales utilizados.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Proceso de Intervención

En la región de Chajul, Quiché, especialmente los productores de café orgánico, socios de la Asociación Chajulense, han practicado una caficultura sin uso de insumos especializados para la fertilización orgánica, anteriormente han utilizado compost tradicional o materia orgánica sin procesar, lo que redundaba en una baja productividad, debido a la calidad de estos insumos utilizados que no contienen todos los nutrientes que requiere la planta de café.

El objetivo inicial de este proyecto es lograr una mejora en la productividad del cultivo del café de los agremiados de la Asociación Chajulense, mediante la utilización de insumos especializados como el lombricompost, el cual contiene altos valores nutricionales que requiere el cultivo. Cuando el estudio estuvo en marcha, fueron socializados los resultados a los productores y desde allí, se empiezan a establecer pequeños proyectos individuales de lombricultivos, donde el productor aprovecha los subproductos del café (pulpa de café y aguas mieles), el estiércol de ganado vacuno y equino y los desperdicios vegetales que se producen en su propia parcela, debido a que el productor se dio cuenta que utilizando el lombricompost, mejora considerablemente las características físicas, químicas y biológicas del suelo, lo cual redundaba positivamente en la productividad del cultivo. Este estudio sirvió para difundir la importancia del lombricompost y lo beneficioso que es para la práctica de la caficultura orgánica en la región, es por eso que ahora es evidente que cada productor está consciente de la necesidad de producir lombricompost y utilizarlo en su cultivo de café.

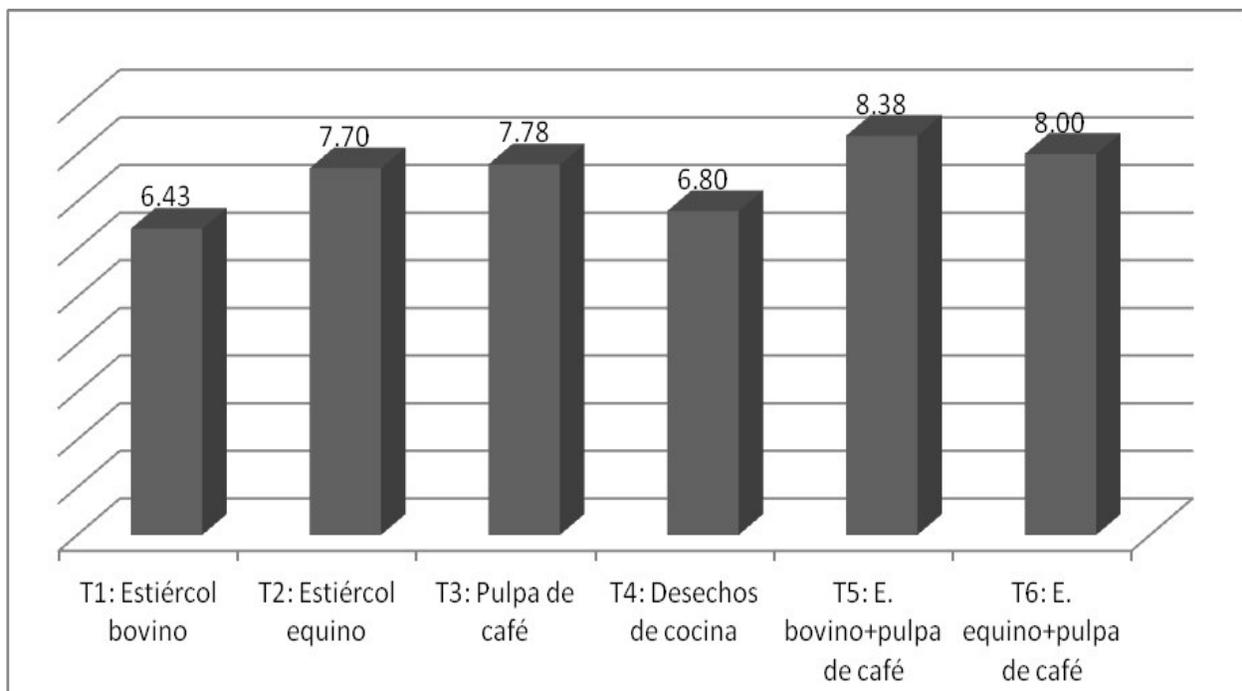
Con el objetivo de analizar de forma técnica y objetiva los resultados de cada uno de los abonos obtenidos durante el desarrollo del presente estudio y para brindar a los productores de café orgánico de la región, recomendaciones factibles de producción de lombricompost de alta calidad; se presentan y discuten los siguientes resultados.

Todos los valores que se presentan a continuación, corresponden al análisis de cada uno de los tratamientos, realizado al final del estudio.

7.2. Valor Nutricional

7.2.1. Potencial de hidrógeno (pH)

Este valor constituye el Hidrógeno libre en la solución del suelo proveniente de diferentes fuentes como su liberación por la absorción de otros elementos nutrientes por medio del sistema radicular y de las cargas negativas intercambiables retenidas en las arcillas del suelo. En el siguiente cuadro se pueden observar los valores obtenidos después del estudio.



Gráfica 1. Valores de pH del lombricompost obtenido, 3 meses después de iniciado el estudio, cada barra representa el promedio de las 4 repeticiones utilizadas en el estudio.

Para esta variable no se presenta el Análisis de Varianza (ANDEVA), ya que en el estudio solo se compararon, pero para este caso no es indicador para decidir, si el lombricompost es de calidad alta o baja. Como se observa en la gráfica uno, el menor valor es de 6.43 para el lombricompost de estiércol bovino y el mayor es para el de estiércol bovino más pulpa con 8.38. Aunque todos están altos para el requerimiento del cultivo del café, los suelos de las plantaciones del cultivo normalmente se encuentran con pH bajo (4.00 a 5.00) por lo que, la aplicación del lombricompost relativamente neutralizaría este valor para dejarlo entre 5.00 y 6.00, después de ciertos procesos químicos que ocurren en el suelo, condición que permite la absorción de la mayoría de los elementos nutricionales y por ende, mejoraría la productividad.

Cuadro 1. Valores de pH obtenidos en las cuatro repeticiones y los 6 tratamientos del estudio.

No.	Tratamiento	REPETICIONES				Total	Promedio
		I	II	III	IV		
1	Estiércol Bovino	5.80	6.20	6.70	7.00	25.70	6.43
2	Estiércol Equino	7.70	8.80	7.20	7.10	30.80	7.70
3	Pulpa de Café	6.80	6.60	8.70	9.00	31.10	7.78
4	Desechos de cocina	6.10	7.00	7.60	6.50	27.20	6.80
5	E. Bovino +Pulpa	8.20	8.00	8.20	9.10	33.50	8.38
6	E. Equino + Pulpa	6.00	8.60	8.90	8.50	32.00	8.00
	Total	40.60	45.20	47.30	47.20	180.30	
		6.77	7.53	7.88	7.87	30.05	

En el cuadro uno, se observan los valores obtenidos al final del estudio y su promedio respectivo, los cuales sirvieron para elaborar la gráfica uno.

7.2.2. Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)

La relación Carbono/Nitrógeno es la cantidad de Carbono por unidad de Nitrógeno contenida en los tejidos de las plantas y en un material orgánico. A medida que el material es más maderable, mayor será la relación. Por ejemplo, para un aserrín esta relación debe ser aproximadamente 500/1 y para una gallinaza descompuesta debería ser alrededor de 7/1. Para el lombricompost debería ser entre 10 y 25, valores que pueden variar según los materiales utilizados para su producción (Benavides, 2009).

En el Análisis de Varianza (ANDEVA) realizado no se reporta significancia estadística entre tratamientos por lo que no se realizó la prueba múltiple de comparación de medias. Todos los tratamientos presentaron valores normales dentro del rango adecuado de relación C/N 10 a 25, (Anexo 1).

En el anexo uno, cuadro seis, se observan los valores obtenidos de la relación C/N siendo el menor promedio de 13.70 que corresponde al tratamiento cuatro (desechos de cocina) y la mayor relación C/N obtenida es de 23.23 que corresponde al tratamiento cinco (estiércol bovino+pulpa de café).

7.2.3. Contenido de Nitrógeno (N)

El nitrógeno tiene un lugar especial en la nutrición no sólo debido a su elevado requerimiento por las plantas sino porque está casi completamente ausente en la roca madre de la cual se forman los suelos. La presencia de nitrógeno en el suelo se da casi totalmente por el resultado de la acción biológica, por adición de abono artificial o por fertilización natural (resultante de las descargas eléctricas atmosféricas). El nitrógeno es de extraordinaria importancia en las plantas porque es un constituyente de proteínas, ácidos nucleicos y muchas otras sustancias importantes.

El requerimiento de este elemento por parte de las plantas de café para una producción promedio de la zona de 650 kg de café pergamino seco por hectárea, es de 97.50 kg

por hectárea de nitrógeno elemental. El resultado del análisis del lombricompost obtenido, representa el contenido de nitrógeno en porcentaje y en forma de fertilizante disponible para la planta y será necesario hacer 2 ó 3 aplicaciones por año a razón de 1.5 kg por planta de café en producción para cubrir parte de la demanda de éste elemento (Benavides, 2009)

El Análisis de Varianza (ANDEVA) indica que el coeficiente de variación está levemente por encima del valor aceptable, con 21.73% y que hay alta significancia estadística al 5% y al 1% por lo que se realizó una prueba de comparación de medias, que a su vez ordenó los tratamientos en dos grupos, el primero identificado con la literal A, donde se ubica solo el tratamiento tres (pulpa de café) como el mejor, con una media de 3.18% y el segundo grupo identificado con la literal B, donde están todos los demás tratamientos con medias diferentes pero inferiores a la del tratamiento tres (pulpa de café) y sin diferencia estadística entre ellos (Anexo 2).

Las muestras enviadas al laboratorio para determinar el valor del nitrógeno fueron manipuladas según el protocolo del laboratorio de análisis de suelos, plantas y agua –ANALAB- de la Asociación Nacional del Café, las cuales fueron recolectadas y enviadas en bolsas especiales que el laboratorio brinda para garantizar la integridad de las mismas.

7.2.4. Contenido de Fósforo (P)

La absorción de fósforo ocurre como ión fosfato inorgánico monovalente o divalente. Gran parte del fosfato en la planta existe en forma orgánica pero es probable que se transporte principalmente en estado inorgánico. El fosfato se retiene firmemente en el complejo mineral del suelo en la misma forma que el potasio, y su absorción por las plantas es obstaculizada por un exceso de calcio. El fósforo desempeña una función indispensable en el metabolismo energético; la elevada energía de la hidrólisis del pirofosfato y diversos enlaces de fosfato orgánico se utilizan para impulsar reacciones químicas.

Para una producción promedio de 650 kg de café pergamino seco por hectárea, el requerimiento de fósforo por parte de las plantas de café es de 16.24 kg por hectárea como P_2O_5 . El resultado del análisis del lombricompost producido en el estudio, varía según el sustrato utilizado; el contenido de fósforo se expresa en porcentaje y en forma de fertilizante disponible para la planta y será necesario hacer 2 ó 3 aplicaciones por año a razón de 1.5 kg por planta de café en producción para cubrir parte de la demanda de éste elemento (Asociación Nacional del Café –ANACAFÉ-, 2001)

En el anexo tres, cuadro once se observan que los valores promedios de los tratamientos 2 (estiércol equino) y 6 (mezcla estiércol equino+pulpa de café), reportaron mayor porcentaje de contenido de fósforo con 0.67% y 0.60% respectivamente y tienen en común que provienen de estiércol equino, mientras que el tratamiento que reportó menor porcentaje de éste elemento, es el tratamiento tres (pulpa de café) con 0.36% porque en el cafetal en producción el contenido de fósforo dentro de la planta, es bajo.

En el anexo tres, cuadro doce, el coeficiente de variación fue de 13.45% que indica que hay varianza entre los tratamientos en relación a esta variable, por lo tanto existe alta significancia estadística al 5% y al 1% por lo que se realizó una prueba de comparación de medias, que a su vez ordenó los tratamientos en varios grupos siendo el más importante el de la literal A formado solamente por el tratamiento dos (estiércol equino), por contener el mayor porcentaje de fósforo.

7.2.5. Contenido de Potasio (K)

El potasio es requerido en grandes cantidades por las plantas y una deficiencia de este elemento puede ser frecuente en suelos ligeros o arenosos debido a su solubilidad y a la facilidad con la que éstos puedan lavarse. Por lo regular se presenta en cantidades suficientes en suelos arcillosos, donde está firmemente retenido. El potasio es el catión que prevalece en plantas y puede estar implicado en el mantenimiento del balance de las células. El potasio no parece tener función estructural en las plantas, pero desempeña numerosos papeles catalíticos.

Para producir 650 kg de café pergamino seco por hectárea, se requieren aproximadamente 113.76 kg de potasio como K_2O por hectárea. El resultado del análisis del lombricompost producido en el estudio, varía según el sustrato utilizado. Para cubrir en parte la demanda de éste elemento para la producción de café, será necesario hacer 2 ó 3 aplicaciones por año a razón de 1.5 kg por planta, actividad con la cual, además del aporte de nutrientes, se favorece la recuperación de suelos y mejoramiento del suelo en general (ANACAFÉ, 2001)

En el anexo cuatro, cuadro catorce se muestra el contenido promedio de potasio en porcentaje para cada uno de los tratamientos y se observa claramente que el tratamiento tres (pulpa de café) es superior a todos los demás, debido a que la planta de café extrae del suelo grandes cantidades de éste elemento para distribuirlo en todos sus órganos y tejidos y por lo tanto la pulpa contiene mucho potasio.

En el anexo cuatro, cuadro quince se muestra que existe alta significancia estadística al 5% y al 1% aunque el coeficiente de variación está fuera del rango adecuado. Se realizó una prueba de comparación de medias que separó a los tratamientos en tres grupos que comparten características pero estadísticamente son diferentes. El tratamiento tres (pulpa de café) se ubicó solo, en el grupo identificado con la literal A lo que lo hace diferente y superior a todos los demás con una media de 1.52% de potasio.

7.2.6. Contenido de Calcio (Ca)

Este elemento es abundante en la mayoría de los suelos y las plantas raramente muestran su deficiencia en condiciones naturales. Las soluciones nutritivas les suministran mucho calcio, pero recientemente se ha advertido que en realidad se desarrollan bien con concentraciones muy bajas, siempre que se hagan algunos ajustes en la composición del medio nutritivo. Esto puede ser de gran importancia en la agricultura pues la aplicación de fertilizantes es costosa y el lavado de la sobre-fertilización es una fuente mayor de contaminación. Las altas concentraciones de

calcio, que tienden a precipitar muchas sustancias, pueden ser importantes al impedir los efectos tóxicos de otras sales que podrían estar presentes en exceso.

El calcio es importante en la síntesis de pectina de la lámina media de la pared celular. También está involucrado en el metabolismo o formación del núcleo y las mitocondrias. Así pues, es un elemento de extraordinaria importancia para la mayoría de las plantas por lo que una reducción severa determina el deterioro y muerte de éstas. Las regiones meristemáticas son las primeras afectadas porque una reducción de calcio impide la formación de nuevas paredes celulares, con lo que se imposibilita la división de las células.

La producción promedio de la zona de estudio es de 650 kg de café pergamino seco por hectárea, para lo cual, la plantación de café requiere aproximadamente 9.76 kg de calcio como CaO por hectárea. En el análisis de laboratorio del lombricompost se observa este valor en porcentaje y todos los tratamientos presentan valores altos de este nutriente por lo que con 2 aplicaciones de 1 kg por planta se cubriría en alto porcentaje la demanda de la plantación de café (Domínguez, 2002).

El Análisis de Varianza (ANDEVA) realizada para esta variable indica que no hay significancia estadística entre tratamientos y tampoco entre repeticiones y en ninguna de las probabilidades, por lo que se considera que todos los tratamientos son estadísticamente iguales y por lo tanto, no hay necesidad de realizar ninguna prueba de comparación de medias (Anexo cinco).

En el cuadro diecisiete del anexo cinco se reportan los valores obtenidos siendo el menor valor promedio de calcio obtenido es de 1.52% que corresponde al tratamiento dos (estiércol equino) y el mayor valor promedio obtenido es de 2.15% de calcio en forma de CaO.

7.2.7. Contenido de Magnesio (Mg)

En los suelos, el magnesio es mucho menos abundante que el calcio, y la deficiencia de magnesio no es rara en plantas que se cultivan en suelos arenosos y ligeramente ácidos. El magnesio desempeña importantes funciones en la planta. Parece estar implicado en la estabilización de partículas ribosómicas, al enlazar las sub-unidades que forman el ribosoma.

El magnesio es un activador, mediante uno o más de estos mecanismos, de muchas reacciones de transferencia de fosfato (excepto fosforilasas), de enzimas implicadas en la síntesis de ácidos nucleicos y también de muchas enzimas que involucran transferencia de dióxido de carbono: reacciones de carboxilación y descarboxilación. Como tal, el magnesio es decisivo en las reacciones de metabolismo energético, así como en la síntesis de constituyentes del núcleo, cloroplasto y ribosoma. Finalmente, el magnesio constituye una parte integrante de la molécula de clorofila y es, por lo tanto, esencial en la fotosíntesis (Domínguez, 2002).

Si se toma en cuenta la producción promedio de la zona de estudio que es de 650 kg de café pergamino seco por hectárea, la plantación de café requiere aproximadamente 5.21 kg de magnesio como MgO por hectárea. Los valores de magnesio son relativamente bajos en el análisis de laboratorio, pero de igual manera, la planta de café no requiere de grandes cantidades de este elemento para desarrollar todo su potencial productivo por lo que con 2 aplicaciones de 1 kg por planta se cubriría un alto porcentaje la demanda (ANACAFE, 2001).

En el cuadro diecinueve del anexo seis, el coeficiente de variación es de 16.80% y se determinó que hay alta significancia estadística al 5% y al 1% de probabilidad de error entre los tratamientos.

La prueba de comparación de medias ubica a los tratamientos uno (estiércol bovino), dos (estiércol equino) y seis (estiércol equino+pulpa) como los mejores y con valores

similares de contenido de magnesio (grupos A y AB), pero al mismo tiempo separa al tratamiento uno (estiércol bovino) con el valor más alto y por lo tanto el mejor entre todos. Los tratamientos cinco (estiércol bovino+pulpa), tres (pulpa de café) y cuatro (desechos de cocina) fueron ubicados, uno en cada grupo diferente (B, C y D) inferior a los primeros dos grupos (anexo seis, cuadro veintiuno).

7.2.8. Contenido materia orgánica (MO)

La materia orgánica es esencial para la fertilidad y la buena producción agrícola. Los suelos sin materia orgánica son suelos pobres y de características físicas inadecuadas para el crecimiento de las plantas.

Cualquier residuo vegetal o animal es materia orgánica, y su descomposición lo transforma en materiales importantes en la composición del suelo y en la producción de plantas. La materia orgánica bruta es descompuesta por microorganismos y transformada en materia adecuada para el crecimiento de las plantas y que se conoce como humus. El humus es un estado de descomposición de la materia orgánica, o sea, es materia orgánica no totalmente descompuesta.

Tiene esencialmente las siguientes características: a) Es insoluble en agua y evita el lavado de los suelos y la pérdida de nutrientes, b) Tiene una alta capacidad de absorción y retención de agua. Absorbe varias veces su propio peso en agua y la retiene, evitando la desecación del suelo, c) Mejora las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos. Los suaviza; permite una aireación adecuada; aumenta la porosidad y la infiltración de agua, d) Es una fuente importante de nutrientes, a través de los procesos de descomposición con la participación de bacterias y hongos, e) Absorbe nutrientes disponibles, los fija y los pone a disposición de las plantas.

La materia orgánica fija especialmente nitrógeno (NO_3 , NH_4), fósforo (P_0_4) calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na) y otros, mantienen la vida de los organismos del suelo, esenciales para los procesos de renovación del recurso y aumenta la

productividad de los cultivos en más del 100% si a los suelos pobres se les aplica materia orgánica.

La materia orgánica es indispensable para todo tipo de suelo de cultivo y la incorporación por medio del lombricompost es cada vez más la mejor opción. No importa la productividad de los cultivos pues lo más importante es la aplicación o incorporación en los suelos agotados para obtener todos los beneficios descritos anteriormente (André, 1991).

El Análisis de Varianza (ANDEVA), realizado determinó que el coeficiente de variación fue de 8.89% y se determinó que existe alta significancia estadística entre los tratamientos (cuadro veintitrés, anexo siete).

En el cuadro veinticuatro, anexo siete, se puede observar el ordenamiento de los tratamientos y se determina que los más importantes por su alto contenido de materia orgánica son los identificados con los números tres (pulpa de café), uno (estiércol bovino) y cinco (estiércol bovino+pulpa de café), el resto de tratamientos están por debajo de esta clasificación porque su contenido de materia orgánica es menor. El tratamiento tres (pulpa de café) reportó el más alto contenido de materia orgánica con 79.50% y el tratamiento de menor contenido fue el cuatro (desechos de cocina) con un valor de 48.75%.

7.2.9. Cuadro conciliatorio de las medias de todos los tratamientos

El objetivo del cuadro es simplificar los resultados del análisis químico que se realizó a cada uno de los diferentes abonos orgánicos producidos durante el estudio, en el cuadro se presentan las medias de cada uno de los elementos con la literal asignada por la prueba de comparación de medias al 5% y al 1% de probabilidad de error.

Cuadro 2. Cuadro conciliatorio de las medias de los tratamientos por variable y calificadas por Tukey, para determinar el mejor contenido de las variables evaluadas.

No.	Tratamiento	Relación C/N		Nitrógeno (%)		Fósforo (%)		Potasio (%)		Calcio (%)		Magnesio (%)		Materia orgánica (%)	
		Media	Tukey 5% y al 1%	Media	Tukey 5% y al 1%	Media	Tukey 5% y al 1%	Media	Tukey 5% y al 1%	Media	Tukey 5% y al 1%	Media	Tukey 5% y al 1%	Media	Tukey 5% y al 1%
1	Estiércol bovino	21.27	NS	2.14	B	0.46	BC	0.18	BC	1.80	NS	<u>0.51</u>	A	<u>78.75</u>	A
2	Estiércol equino	17.55	NS	1.87	B	<u>0.67</u>	A	0.41	BC	1.52	NS	0.48	AB	52.75	B
3	Pulpa de café	13.88	NS	<u>3.18</u>	A	0.36	D	<u>1.52</u>	A	1.57	NS	0.34	C	<u>79.50</u>	A
4	Desechos de cocina	13.70	NS	<u>1.73</u>	B	0.37	C	0.21	BC	1.71	NS	0.27	D	48.75	C
5	Estiércol bovino + pulpa	23.23	NS	1.95	B	0.37	C	0.70	AB	2.15	NS	0.37	B	<u>77.00</u>	A
6	Estiércol equino + pulpa	17.17	NS	1.73	B	<u>0.60</u>	AB	<u>0.79</u>	AB	1.73	ns	<u>0.48</u>	AB	53.25	B

En el cuadro dos, puede observarse que la letra **A** clasifica a los tratamientos que representan el mejor valor y que las letras diferentes representan diferencia estadística y forman grupos diferentes. El segundo mejor grupo está identificado con la literal **AB** pues tiene características comunes con el grupo **A**, pero estadísticamente es diferente.

Al tomar en cuenta todas las variables expresadas en el cuadro dos, se observa que el tratamiento tres (Pulpa de café), tiene los valores más altos de Nitrógeno, Potasio y Materia Orgánica. El Nitrógeno y el Potasio tienen alta demanda de la planta de café tal y como se describen en los numerales 7.2.3 y 7.2.5 respectivamente, la materia orgánica por su parte, mejora las condiciones físicas y químicas del suelo agotado y aporta innumerables beneficios a cualquier sistema de producción agrícola.

7.3. Porcentaje de Producto Aprovechable

El producto aprovechable para el presente estudio, se define como la cantidad de abono orgánico expresado en kilogramos obtenido después de todo el proceso de transformación de los sustratos por medio de la lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida*). Por medio del peso del sustrato aplicado en cada tratamiento y del peso del lombricompost obtenido, se calculó el porcentaje de producto aprovechable.

Cuadro 3. Porcentaje de producto aprovechable obtenido a partir de los diferentes tratamientos utilizados.

No.	Tratamientos	Sustrato Inicial (kg)	Sustrato Acumulado (kg)	Sustrato Final (kg)	Lombricompost aprovechable (%)
1	Estiércol Bovino	4.32	15.9	7.51	47.23
2	Estiércol Equino	4.32	20.44	7.8	38.16
3	Pulpa de Café	4.32	28.79	9.14	31.75
4	Desechos de cocina	4.32	23.17	5.13	22.14
5	E. Bovino +Pulpa	4.32	32.2	13.14	40.81
6	E. Equino + Pulpa	4.32	20.51	6.93	33.79

En el cuadro tres, se observa el sustrato inicial utilizado y el sustrato acumulado, este último se refiere a la cantidad total de sustrato utilizado en todo el experimento y se fue adicionando en función a la cantidad de lombrices que se encontró en cada conteo parcial (se hicieron conteos cada mes) y de acuerdo a la cantidad de lombrices, así se adicionaba el sustrato, partiendo de la premisa que una lombriz coqueta roja consume diariamente el equivalente a su peso (una lombriz pesa aproximadamente 1 gramo), y es así como se calcula la cantidad de sustrato que necesita la densidad poblacional de lombriz coqueta roja para su alimentación.

En el cuadro tres, se observa el porcentaje de abono orgánico aprovechable después de todo el proceso de producción en cada uno de los tratamientos. En cada

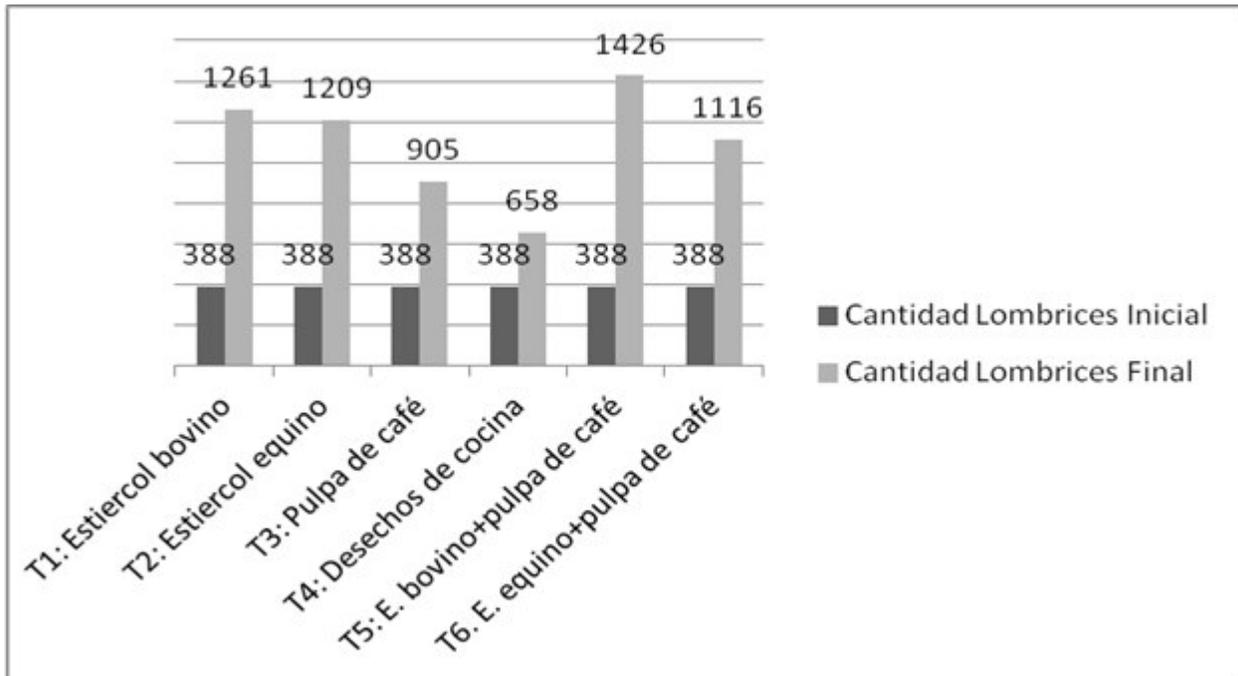
tratamiento hay cuatro valores que representan en su orden: el sustrato inicial, el sustrato acumulado, el sustrato final (lombricompost) y el porcentaje que expresa la cantidad de lombricompost obtenido en relación al sustrato inicial, después de noventa días de manejo del proyecto.

Los tratamientos uno (estiércol bovino), cinco (estiércol bovino+pulpa) y dos (estiércol equino) en su orden, presentaron los mejores porcentajes de conversión de los sustratos en abono orgánico. El estiércol de ganado bovino y equino presentó buenos resultados, debido a que estos materiales favorecen el apareamiento y la reproducción de la lombriz. El valor de conversión de sustratos a abono orgánico final, está influenciado por muchos factores como calidad del pie de cría, tipo de alimentación, manejo, clima, instalaciones, etc. por lo que hay mucha variabilidad y es necesario hacer más observaciones de campo e investigación para determinar la influencia de cada factor en la producción de lombricompost.

7.4. Comportamiento Poblacional de Las Lombrices

Para analizar el comportamiento poblacional de la lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida*) durante el estudio, se realizaron conteos a cada treinta días en cada unidad experimental tomando en cuenta cada uno de los tratamientos y los bloques. Se contabilizaron todas las lombrices sin importar su tamaño y en todos los tratamientos se encontraron tanto lombrices como cocones pero éstos últimos no fueron tomados en cuenta debido a que lo más importante en cada lectura era el número de lombrices para calcular el peso del sustrato a incorporar para el manejo.

En la siguiente grafica se observa el comportamiento poblacional de la lombriz.



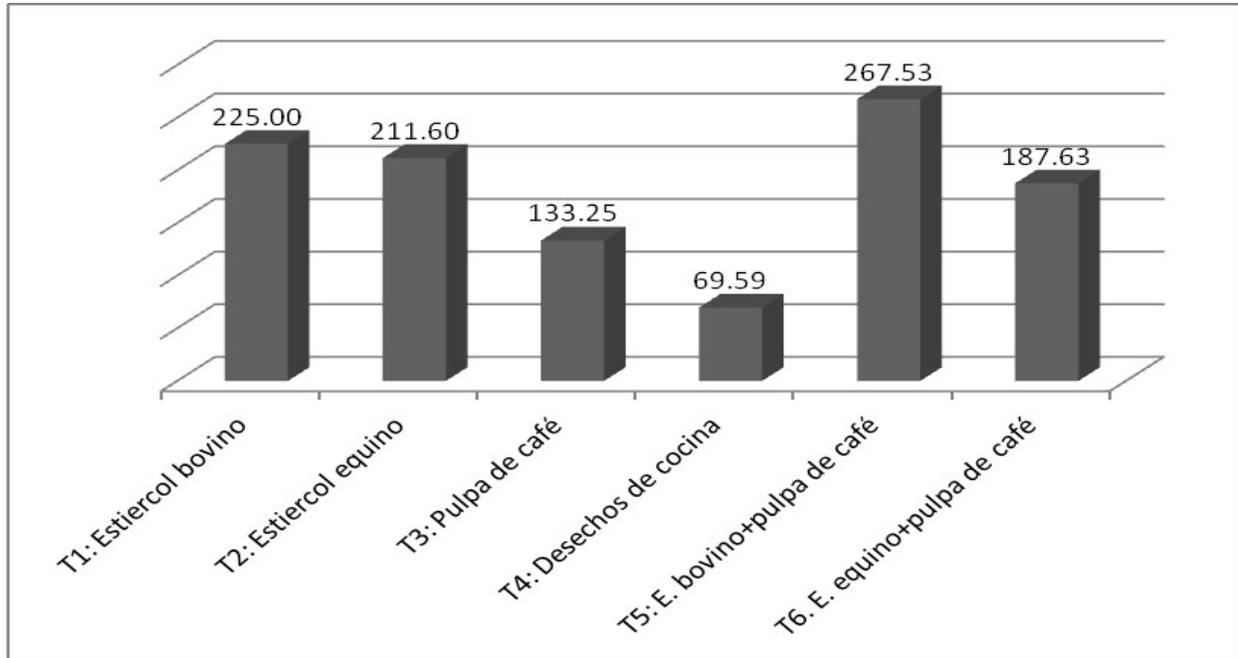
Gráfica 2. Comportamiento poblacional de lombriz coqueta roja durante el estudio.

En la gráfica dos, se observa que el número inicial de lombrices para todos los tratamientos fue de 388, cantidad derivada de la relación del número ideal de lombrices por metro cúbico de sustrato versus el área de cada unidad experimental. En la gráfica se presenta el conteo final de las lombrices en cada unidad experimental después de 90 días de estudio.

En la misma gráfica se aprecia que los dos mejores tratamientos en cuanto a población de lombriz, son los que contienen estiércol bovino (T5 y T1, respectivamente) el cual según las observaciones de campo, estimula el apareamiento y la reproducción de la lombriz.

Por el contrario el tratamiento cuatro (desechos de cocina, compuesto por restos de frutas y vegetales), presentó el menor número de lombrices al final del estudio debido a que, los desechos de cocina al ser incorporados como sustrato, inician un proceso de descomposición por hongos y bacterias lo que hace que suceda una elevación natural

de temperatura, período durante el cual la lombriz no puede alimentarse por lo tanto, regula su población. En el siguiente cuadro se observa el porcentaje de incremento población de las lombrices.



Gráfica 3. Porcentaje de incremento poblacional de lombriz coqueta roja

La gráfica tres, muestra que el tratamiento cinco (estiércol bovino más pulpa) presentó el más alto porcentaje de incremento poblacional de lombriz coqueta roja con 267.53% después de 90 días de campo que duró el estudio. El segundo mejor porcentaje de incremento poblacional de lombriz lo presentó el tratamiento uno (estiércol bovino) con 225% y el tercero en su orden lo presentó el tratamiento dos (estiércol equino) con 211.60%.

Estos valores suponen que tanto el estiércol de ganado bovino como el estiércol de ganado equino, brindan a la lombriz coqueta roja las condiciones ideales para su apareamiento y reproducción por lo que deben considerarse como sustratos de buena calidad para la etapa inicial del cultivo de lombricompost y elevar de esa manera la cantidad y calidad del pie de cría.

7.5. Rentabilidad

La rentabilidad es el índice que mide la relación entre utilidades o beneficios, y la inversión o los recursos que se utilizaron para obtenerlos. La fórmula para hallar la rentabilidad consiste en restar la inversión de las utilidades o beneficios; el resultado dividirlo entre la inversión, y luego multiplicarlo por cien para convertirlo en porcentaje

Para el presente estudio, se calculó la rentabilidad de cada uno de los tratamientos, tomando en cuenta los costos directos de producción, el precio de la mano de obra, precio de la lombriz coqueta roja y precio de venta del producto final a nivel local.

Cuadro 4. Rentabilidad en la obtención de lombricompost, calculado en cada tratamiento estudiado.

No.	Descripción Tratamiento	Egresos (Quetzales)	Ingresos (Quetzales)	Rentabilidad (%)
1	Estiércol bovino	514.99	684.21	32.86
2	Estiércol equino	522.97	659.81	26.17
3	Pulpa de café	513.57	657.43	28.01
4	Desechos de cocina	492.79	366.31	-25.67
5	Estiércol bovino+pulpa	560.4	762.64	36.09
6	Estiércol equino+pulpa	530.01	640.29	20.81

Todos los tratamientos excepto el número cuatro (desechos de cocina), son rentables y se considera que pueden constituirse como una actividad económicamente atractiva. Los tratamientos más rentables son en su orden el número cinco (estiércol bovino+pulpa) y el número uno (estiércol bovino), con 36.09 y 32.86% respectivamente; ambos tuvieron como sustrato común el estiércol bovino que, como se observa en la gráfica dos, también presentaron los mejores porcentajes de incremento poblacional de lombriz y que al considerar el valor comercial de ésta, los hace más rentables.

El tratamiento cuatro cuyo sustrato fueron desechos de cocina, presentó rentabilidad negativa (-25.67%) debido a que reportó la menor densidad poblacional de lombriz y por ende, menor peso de sustrato final (lombricompost), de esa manera los costos fueron superiores a los ingresos. La baja cantidad de lombriz en cada unidad experimental de este tratamiento, se debió a que los desechos de cocina fueron incorporados como sustrato sin ningún proceso de pre compostaje provocando elevación de temperatura en el área de estudio y la lombriz al no poder alimentarse, reguló su población.

Cuadro 5. Estructura de los costos de producción por cada repetición.

MATERIAL	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (Quetzales)	COSTO TOTAL (Quetzales)
I. Egresos				
Cajas plásticas	Unidad	4	40.00	160.00
Regaderas	Unidad	1	12.00	12.00
Nylon grueso color negro	Metros	2	8.00	16.00
Cría Inicial de Lombrices	Kilogramo	1.55	125.00	194.00
Estiércol bovino	Kilogramo	63.61	0.44	27.99
Mano de obra	Jornal	3.00	35.00	105.00
Total egresos				514.99
II. Ingresos				
Lombricompost	Kilogramo	30.05	1.32	39.66
Lixiviados	Litro	1.90	7.00	13.30
Lombrices	Kilogramo	5.05	125.00	631.25
Total Ingresos				684.21

En el cuadro anterior se muestra el ejemplo del tratamiento uno, de cómo es la estructura de ingresos y egresos calculados, donde se sumaron los datos de los 4 tratamientos de cada repetición.

VIII. CONCLUSIONES

1. La utilización de la pulpa de café mezclado con estiércol equino, como sustrato para producir lombricompost constituye el mejor sustrato con alto valor nutricional para producir abono orgánico y poderlo utilizar en la fertilización del cultivo del café, ya que reporta valores altos de Nitrógeno, Fosforo, Potasio y materia orgánica.
2. El mejor porcentaje de sustrato aprovechable, obtenido a partir de los diferentes tratamientos utilizados, se determino que los tratamientos uno (estiércol bovino), cinco (estiércol bovino+pulpa de café) y dos (estiércol equino) presentaron los mejores porcentajes de conversión de los sustratos en lombricompost, lo cual se debe que los tratamientos uno y cinco también reportaron el mayor incremento poblacional de lombrices al final del estudio.
3. Los sustratos de estiércol de ganado bovino y equino reportaron incremento considerable en la población de lombrices, no así los sustratos de pulpa y desechos de cocina, siendo éste último el que reportó el menor incremento debido a que los desechos de cocina necesitan un proceso previo de pre fermentación para ser aplicados como sustrato alimenticio de las lombrices.
4. El estiércol bovino aplicado como sustrato alimenticio en el cultivo de la lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida*), mezclado con la pulpa del café, promueve su reproducción, por lo que se acelera la conversión del sustrato en lombricompost y se convierte en una actividad económicamente rentable, ya que el estudio determino que este tratamiento es el más rentable y el tratamiento que menos rentabilidad reporto fue el sustrato de desechos de cocina.

IX. RECOMENDACIONES

1. Para obtener lombricompost de alta calidad nutricional para el cultivo del café, debe usarse una mezcla de pulpa de café con estiércol equino como sustrato alimenticio de la lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida*), ya que con este tipo de sustratos se obtienen los mejores valores nutricionales, mejor porcentaje de sustrato aprovechable y mejor incremento poblacional de la lombriz coqueta roja.
2. Para obtener un mejor sustrato aprovechable, es importante fomentar el uso de estiércol bovino mezclado con pulpa de café o en su defecto solamente el estiércol bovino o equino, ya que estos sustratos reportaron el mayor incremento poblacional de lombrices contabilizados al final del estudio.
3. Utilizar estiércol de ganado bovino o equino pre fermentado, en la etapa inicial de la producción de lombricompost para garantizar la reproducción eficaz de la lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida*).
4. El uso de desechos de cocina no es recomendable utilizarlo como sustrato alimenticio de la lombriz coqueta roja sin previa fermentación, ya que provoca muerte a las lombrices, por lo tanto la densidad poblacional de lombrices no aumentará por lo tanto la descomposición de la materia prima será muy lento y en menor cantidad.
5. Para generar mayores ingresos en una operación de producir lombrices o abonos de lombrices, se recomienda utilizar como sustratos alimenticios para la lombriz coqueta roja, pulpa de café, estiércol bovino y estiércol equino, porque estos tratamientos reportaron mayor porcentaje de rentabilidad.

X. BIBLIOGRAFÍA

André, G. (1991). Abono, guía práctica de la fertilización. 7ª. Edición, Editorial Mundi-Prensa. Estado de Oaxaca, México. 50p.

Asociación Nacional del Café (2001). Manual de Caficultura Moderna. 2ª. Edición, Divulgación y Promoción. Guatemala, Guatemala. 190p.

Benavides, G. (2009). El suelo y los fertilizantes. Ministerio de Agricultura. San José Costa Rica. 95p.

Bolaños, O. (2002). Las lombrices como herramienta para la agricultura. Programa de Soberanía Alimentaria COMESA. El Salvador. 44p.

Castillo, H. (1992). Efecto del lombricompost en los cultivos de subsistencia en Jacaltenango, Huehuetenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 80P.

Dávila, M. y Ramírez, C. (1999). Lombricultura en desechos orgánicos. Divulgación del CENICAFE. Colombia. 55p.

De Sanzo, C. y Ravera, A. (2000). Como criar lombrices californianas. Programa de Autosuficiencia Regional, Tercera actualización. Buenos Aires Argentina. 58P.

Domínguez, A (2002). Abono Minerales. 3ª. Edición, Ministerio de Agricultura. Medellín, Colombia. 65p.

Fuentes, J. (1997). Lombricultura en Argentina y algunas proyección para América Latina. Argentina. 116p.

Holdrigge, L. (1982). Mapas de zonas de vida a nivel de reconocimiento. IICA. Costa Rica.

López, E. y Mendoza, A. (1999). Manual de caficultura orgánica. Extensión Agrícola de la Asociación Nacional del Café. Guatemala. 92p.

Ortega, J. (1999). La crianza de la lombriz roja. Servicio de Extensión Agraria. Madrid, España. 35P.

Simmons, C.; Tarano, J.; Pinto, J. (1959). Clasificación a nivel de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Instituto Agrícola Nacional, Guatemala. 1000p.

Turcios, R. (1995). La Lombricultura en la agricultura orgánica. Proisch Aric, México. 60p.

11.3 ANEXO 03

Cuadro 11. Análisis de contenido de Fósforo en porcentaje, los datos representados corresponden a la media de cada una de las repeticiones.

Tratamiento	REPETICIONES				Total	Promedio %
	I	II	III	IV		
Estiércol Bovino	0.53	0.39	0.57	0.36	1.85	0.46
Estiércol Equino	0.68	0.65	0.66	0.69	2.68	0.67
Pulpa de Café	0.33	0.36	0.38	0.35	1.42	0.36
Desechos de cocina	0.36	0.38	0.39	0.35	1.48	0.37
E. Bovino + Pulpa	0.43	0.46	0.27	0.32	1.48	0.37
E. Equino + Pulpa	0.64	0.57	0.55	0.64	2.40	0.60
Total	2.97	2.81	2.82	2.71	11.31	0.47
	0.5	0.47	0.47	0.45	1.89	

Cuadro 12. Análisis de Varianza (ANDEVA) del Fósforo

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F Calculada	Sig.	F tabulada al	
						5%	1%
Repeticiones	3	0.01	0.003	0.477	NS	3.286	5.41
Tratamientos	5	0.36	0.072	17.966	**	2.9	4.55
Error	15	0.06	0.004				
Total	23	0.43					

Coefficiente de Variación: 13.45%

ETX = 0.0316831

** = Alta Significancia * = Significancia

NS = No Significancia

ETX = Error Típico para Tratamientos

Cuadro 13. Prueba múltiple de medias, Tukey al 5% y al 1% para determinar el tratamiento con mejor contenido de Fósforo

Trat.	MEDIA	
2	0.6700	A
6	0.6000	AB
1	0.4600	BC
5	0.3700	C
4	0.3700	C
3	0.3600	D

Valor tukey: 0.1454

11.4 ANEXO 04

Cuadro 14. Análisis de contenido del Potasio en porcentaje, los datos representados corresponden a la media de cada una de las repeticiones.

No.	Tratamiento	REPETICIONES				Total	Promedio
		I	II	III	IV		
1	Estiércol Bovino	0.24	0.12	0.24	0.10	0.70	0.18
2	Estiércol Equino	0.40	0.44	0.42	0.36	1.62	0.41
3	Pulpa de Café	0.95	1.18	1.81	2.12	6.06	1.52
4	Desechos de cocina	0.30	0.20	0.10	0.24	0.84	0.21
5	E.Bovino +Pulpa	0.94	0.62	0.50	0.74	2.80	0.70
6	E. Equino + Pulpa	0.42	0.88	0.94	0.92	3.16	0.79
	Total	3.25	3.44	4.01	4.48	15.18	0.63
		0.54	0.57	0.67	0.75	2.53	

Cuadro 15. Análisis de Varianza (ANDEVA) del Potasio

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F Calculada	Sig.	F tabulada al	
						5%	1%
Repeticiones	3	0.16	0.05	0.74	NS	3.29	5.41
Tratamientos	5	4.99	1.00	14.13	**	2.90	4.55
Error	15	1.06	0.07				
Total	23	6.21					

C.V 42.03% ETX = 0.1329087
 ** = Alta Significancia * = Significancia NS = No Significancia
 ETX = Error Típico para Tratamientos

Cuadro 16. Prueba múltiple de medias, Tukey al 5% y al 1%, para determinar el tratamiento con mejor contenido de Potasio.

Trat.	MEDIA
3	1.5200 A
6	0.7900 AB
5	0.7000 AB
2	0.4100 BC
4	0.2100 BC
1	0.1800 BC

Valor tukey: 0.6085

11.5 ANEXO 05

Cuadro 17. Análisis de contenido de Calcio (Ca) en porcentaje, los datos representados corresponden a la media de cada una de las repeticiones.

No.	Tratamiento	REPETICIONES				Total	Promedio
		I	II	III	IV		
1	Estiércol Bovino	2.11	1.51	2.18	1.40	7.20	1.80
2	Estiércol Equino	1.92	1.3	1.34	1.51	6.07	1.52
3	Pulpa de Café	1.36	1.55	1.75	1.61	6.27	1.57
4	Desechos de cocina	1.20	2.03	1.49	2.1	6.82	1.71
5	E.Bovino +Pulpa	3.63	2.02	1.06	1.88	8.59	2.15
6	E.Equino + Pulpa	1.54	1.69	1.67	2.00	6.90	1.73
	Total	11.76	10.1	9.49	10.5	41.85	1.74
		1.96	1.68	1.58	1.75	6.98	

Cuadro 18. Análisis de Varianza (ANDEVA) del Calcio (Ca), para determinar significancia estadística entre los tratamientos.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadros	Cuadrado Medio	Valor F Calc.	Sig.	F tabulada al	
						5%	1%
Repeticiones	3	0.46	0.15	0.513	NS	3.286	5.41
Tratamientos	5	1.00	0.20	0.669	NS	2.900	4.55
Error	15	4.49	0.30				
Total	23	5.95					

C.V 31.37% ETX = 0.2735227
 ** = Alta Significancia * = Significancia NS = No Significancia
 ETX = Error Tipico para Tratamientos

11.6 ANEXO 06

Cuadro 19. Análisis de contenido de Magnesio (Mg) en porcentaje, los datos representados corresponden a la media de cada una de las repeticiones.

No.	Tratamiento	REPETICIONES				Total	Promedio
		I	II	III	IV		
1	Estiércol Bovino	0.63	0.43	0.6	0.37	2.03	0.51
2	Estiércol Equino	0.48	0.46	0.48	0.50	1.92	0.48
3	Pulpa de Café	0.30	0.32	0.4	0.35	1.37	0.34
4	Desechos de cocina	0.31	0.29	0.24	0.23	1.07	0.27
5	E.Bovino +Pulpa	0.42	0.43	0.28	0.35	1.48	0.37
6	E.Equino + Pulpa	0.48	0.45	0.45	0.53	1.91	0.48
	Total	2.62	2.38	2.45	2.33	9.78	0.41
		0.44	0.4	0.41	0.39	1.63	

Cuadro 20. Análisis de Varianza (ANDEVA) del Magnesio

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadros	Cuadrado Medio	Valor F Calc.	Sig.	F tabulada al	
						5%	1%
Repeticiones	3	0.01	0.00	0.57	NS	3.28	5.41
Tratamientos	5	0.18	0.04	7.74	**	2.90	4.55
Error	15	0.07	0.00				
Total	23	0.26					

C.V 16.80% ETX = 0.0342256
 ** = Alta Significancia * = Significancia NS = No Significancia
 ETX = Error Típico para Tratamientos

Cuadro 21. Prueba múltiple de medias, Tukey al 5% y al 1%, para determinar el tratamiento con mejor contenido de Magnesio

Trat.	MEDIA	
1	0.5100	A
2	0.4800	AB
6	0.4800	AB
5	0.3700	B
3	0.3400	C
4	0.2700	D

Valor tukey: 0.1626

11.7 ANEXO 07

Cuadro 22. Análisis de contenido de Materia Orgánica en porcentaje, los datos representados corresponden a la media de cada una de las repeticiones

No.	Tratamiento	REPETICIONES				Total	Promedio
		I	II	III	IV		
1	Estiércol Bovino	77	82	74	82	315	78.75
2	Estiércol Equino	53	57	52	49	211	52.75
3	Pulpa de Café	83	82	81	72	318	79.50
4	Desechos de cocina	44	60	49	42	195	48.75
5	E.Bovino +Pulpa	69	72	85	82	308	77.00
6	E.Equino + Pulpa	56	49	55	53	213	53.25
	Total	382	402	396	380	1560	65.00
		63.67	67	66	63.33	260	

Cuadro 23. Análisis de Varianza (ANDEVA) de la Materia Orgánica

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadros	Cuadrado Medio	Valor F Calc.	Sig.	F tabulada al	
						5%	1%
Repeticiones	3	57.33	19.11	0.573	NS	3.286	5.41
Tratamientos	5	4382.00	876.4	26.257	**	2.9	4.55
Error	15	500.67	33.38				
Total	23	4940.00					

C.V 8.89% ETX = 2.8886752
 ** = Alta Significancia * = Significancia NS = No Significancia
 ETX = Error Típico para Tratamientos

Cuadro 24. Prueba múltiple de medias, Tukey al 5% y al 1%, para determinar el tratamiento con mejor contenido de Materia Orgánica.

Trat.	MEDIA	
3	79.5000	A
1	78.7500	A
5	77.0000	A
6	53.2500	B
2	52.7500	B
4	48.7500	C

Valor tukey: 13.2883

11.8 ANEXO 08.

Cuadro 25. Resultados de análisis del

Orden: 10 - 8761
 Cliente: ING. EDGAR LOPEZ
 Finca: S/N en Jurisdicción de: Chajul EL QUICHE



Análisis de Abono Orgánico

No.	Identificación de la muestra Niveles Adecuados -->	%							ppm				%		
		pH	*C/N	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	Cobre	Hierro	Manganeso	Zinc	*C.O.	*M.O.	Contra
		7.3-9.1	9.5-16.5	0.8-2.8	0.3-1.7	0.5-1.9	0.8-6.9	0.4-1.4	8.9-35.9	1470-9120	58-997	23-180	11-34	37-78	21-62
48482	F-1 T1	5.80	16.04	2.67	0.53	0.29	2.11	0.63	20.60	1,980.00	363.90	100.10	42.78	77.00	23.00
48483	F-2 T1	6.23	23.75	1.93	0.39	0.13	1.51	0.43	12.65	1,200.88	353.00	79.25	45.58	82.00	18.00
48484	F-3 T1	6.70	17.89	2.32	0.57	0.29	2.10	0.61	22.20	1,785.00	488.60	144.20	41.11	74.00	26.00
48485	F-4 T1	7.00	27.59	1.89	0.39	0.10	1.40	0.37	12.20	1,158.40	294.50	69.70	45.59	82.00	18.00
48486	F-1 T2	7.70	21.00	1.40	0.69	0.40	1.92	0.48	9.80	3,112.50	274.20	135.10	29.44	53.00	47.00
48487	F-2 T2	8.80	23.20	1.37	0.60	0.44	1.30	0.46	11.70	3,547.80	299.80	134.20	31.67	57.00	43.00
48488	F-3 T2	7.20	16.79	1.74	0.69	0.45	1.34	0.48	13.60	3,415.00	304.10	148.70	28.89	52.00	48.00
48489	F-4 T2	7.10	9.10	2.50	0.69	0.39	1.51	0.50	14.80	3,536.00	340.00	540.00	27.22	49.00	51.00
48490	F-1 T3	6.80	19.67	3.30	0.33	0.95	1.39	0.30	30.20	2,882.50	136.10	39.20	46.11	83.00	17.00
48491	F-2 T3	6.60	14.62	3.12	0.38	1.18	1.52	0.32	35.80	2,420.00	103.50	60.80	45.58	82.00	18.00
48492	F-3 T3	8.70	13.88	3.24	0.38	1.81	1.75	0.41	38.60	3,382.50	159.10	44.70	45.00	81.00	19.00
48493	F-4 T3	9.00	19.29	3.00	0.30	2.19	1.61	0.39	37.10	4,740.00	285.10	55.00	40.00	72.00	28.00
48494	F-1 T5	8.20	15.59	2.40	0.43	0.94	3.62	0.42	25.70	3,467.50	338.80	75.40	38.30	69.00	31.00
48495	F-2 T5	8.00	17.40	2.29	0.48	0.62	2.00	0.43	24.10	2,227.50	258.50	86.50	40.00	72.00	28.00
48496	F-3 T5	8.20	30.68	1.54	0.27	0.50	1.08	0.29	11.00	1,535.00	196.20	49.50	47.22	85.00	15.00
48497	F-4 T5	9.10	28.80	1.58	0.32	0.74	1.88	0.33	17.00	1,940.00	236.70	56.40	45.58	82.00	18.00
48498	F-1 T6	6.00	18.25	1.70	0.64	0.45	1.54	0.48	14.80	3,340.00	291.00	134.80	31.11	56.00	44.00

- = Bajo
- = Adecuado
- = Alto

- *N = Nitrogeno
- *P = Fósforo
- *K = Potasio
- *CaO = Calcio
- *MgO = Magnesio
- *C.O. = Carbono Orgánico
- *M.O. = Materia Orgánica
- *CN = Relación Carbono-Nitrógeno

Observaciones: Dichos niveles son por lo tanto, extremadamente generales, y en consecuencia, se recomienda no usarlos para interpretar hay que considerarlos como tales.

Fecha de ingreso: 02/12/2002
 Fecha de ejecución:
 Fecha de Impresión: 08/10/2013



Ing. Humberto Jiménez
 Jefe Laboratorio de Suelos

Los resultados de este informe son válidos únicamente para las muestras recibidas en el laboratorio y en su impresión original
 El laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe
 La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB



Orden: 10 - 8761
 Cliente: ING. EDGAR LOPEZ
 Finca: S/N en Jurisdicción de: Chajul EL QUICHE

Análisis de Abono Orgánico

No.	Identificación de la muestra	%										ppm					%	
		pH	*C/N	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	Cobre	Hierro	Manganeso	Zinc	*C.O.	*M.O.	Ceniza			
48499	R-2 T6	7.3-9.1	9.5-16.5	0.8-2.8	0.3-1.7	0.5-1.9	0.8-6.9	0.4-1.4	8.9-35.9	1470-9123	58-997	23-180	11-34	37-78	21-62			
		8.60	16.91	1.61	0.57	0.88	1.69	0.45	19.70	3,967.50	279.60	128.20	27.22	49.00	51.00			
48500	R-3 T6	8.90	16.98	1.80	0.55	0.94	1.67	0.45	16.60	3,742.50	280.60	116.30	30.56	55.00	45.00			
48501	R-4 T6	8.50	16.50	1.79	0.64	0.92	2.00	0.53	28.00	4,375.00	300.40	154.50	29.44	53.00	47.00			

● = Bajo
 ● = Adecuado
 ● = Alto

*N = Nitrógeno
 *P = Fósforo
 *K = Potasio
 *CaO = Calcio
 *MgO = Magnesio
 *C.O. = Carbono Orgánico
 *M.O. = Materia Orgánica
 *C/N = Relación Carbono-Nitrógeno

Observaciones: Dichos niveles son por lo tanto, extremadamente generales, y en consecuencia, hora de usatlos para interpretar hay que consideratros como tales

Fecha de ingreso: 02/12/2002

Fecha de ejecución:

Fecha de Impresión: 08/10/2013

Los resultados de este informe son validos únicamente para las muestras recibidas en el laboratorio y en su impresión original

El laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe

La reproducción parcial o total de este informe debera ser autorizada por escrito por ANALAB

5a. calle 05-50, zona 14 Guatemala, Guatemala, C.A. e-mail: analab@anacafe.org www.laboratorióanalab.com telefono y fax: (502) 23374173, pbx: (502) 24213700 ext.193,194,195,196,197