

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
ESCUELA DE POST-GRADO**

**MAESTRIA EN GESTION AMBIENTAL**



**“EVALUACION DE HUMUS PRODUCIDO POR LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (Eisenia foetida) COMO FUENTE ALTERNA DE FERTILIZACIÓN ORGANICA, EN LA DISMINUCION DEL DAÑO AMBIENTAL”.**

**POR:**

MARCO ISAÍ CLAROS HERNÁNDEZ  
LEONEL EDGARDO REYES ROMERO

**REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE:  
MAESTRO EN GESTIÓN AMBIENTAL**

SAN MIGUEL, SEPTIEMBRE DE 2013.

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR: ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO**

**SECRETARIA GENERAL: DRA. ANA LETICIA ZAVALETA DE AMAYA**

**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**

**DECANO: LIC. CRISTÓBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ**

**SECRETARIO: LIC. JORGE ALBERTO ORTEZ HERNÁNDEZ**

**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE POST-GRADO**

**M.SC. DAVID AMÍLCAR GONZÁLEZ RIVAS**

**COORDINADORA DE LOS PROCESOS DE GRADUACION.  
MAESTRIA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**M.SC. MARIA DEL CARMEN CASTILLO DE HESKI**

**DOCENTE DIRECTOR**

**M.SC. FRANCISCO LEOPOLDO MERINO CISNEROS**

## RESUMEN.

En El Salvador una de las principales problemáticas en las instancias agrícolas es la poca productividad, esto posiblemente debido a un bajo nivel de fertilidad de los suelos destinados para este uso; abonado a consecuencia de esta situación, se encuentra el elevado uso de fertilizantes químicos o sintéticos, los cuales provocan no solo deficiencias en la composición física, biológica y química del suelo (degradándolo), sino que también afectan contaminando a otros factores medio ambientales como en el agua por la salinización, lixiviación e infiltración; de igual manera al aire puesto que los fertilizantes químicos son una de las mayores fuentes antropogénicas de gases responsables de efecto invernadero, metano y óxido nitroso, entre otros, (Orantes Marinero, 1998).

La implementación de la lombricultura en la producción de humus se presenta como una alternativa en la agricultura, ya que reduce el daño ambiental causado por la toxicidad de los fertilizantes químicos al agua, al aire, además mantiene e incrementa al mismo tiempo la fertilidad de los suelos, y consecuentemente aumenta el ingreso de nutrientes a los cultivos, lo cual es beneficioso; obteniéndose así también mejores ingresos económicos a corto plazo para las familias por los rendimientos obtenidos, beneficiándose así sus bienestar, (Agencia para el Desarrollo de Austria/IICA, 2009).

La investigación se realizó en el Municipio de San Francisco Gotera, Departamento de Morazán, durante un periodo comprendido del 01 Febrero al 06 de Julio de 2013. El objetivo de la investigación fue disminuir el grado de contaminación que la toxicidad de los fertilizantes químicos le ocasionan al medio ambiente a través de la búsqueda de un sustituto fertilizante orgánico, al evaluar cualitativa y cuantitativamente al humus producido por Lombriz Californiana (Eisenia foetida) contra otra fuente de fertilizante orgánico (bocashi), y contra una fuente de fertilizante químico tradicional (triple 15) en un cultivo seleccionado como indicador: “rábano” (Raphanus sativus).

Para éste estudio los datos fueron obtenidos en 2 etapas: primero, se determinó la producción y el valor nutritivo del humus, para lo cual se utilizó un diseño estadístico de bloques completamente al azar, inoculándose 2Kg de lombriz Californiana en Cunas de 60 kilogramos de sustratos en 7 diferentes

tratamientos: estiércol bovino (T1), gallinaza (T2), pulpa de café (T3), desperdicio de frutas y verduras (T4), rastrojo de maíz (T5), rastrojo de frijol (T6) y el T7: bagazo de caña de azúcar, con 3 repeticiones cada uno, y realizando las aplicaciones en 3 etapas de 28, 18 y 14 kg, entre un intervalo de tiempos de 1, 50, y 30 días; respectivamente, hasta la cosecha. Además, se recopiló información en intervalos de tiempo: cada 15 días, de variables como la temperatura (°C), humedad (%) y el Ph (potencial de hidrogeno) presente en los sustratos (cunas) de cada tratamiento en estudio.

En la segunda etapa del estudio, al cultivo indicador seleccionado (rábano), se le procedió a fertilizar con: una dosis tomada del mejor humus: “Estiércol Bovino” (según el macroelemento fosforo “P” en los análisis nutricionales del laboratorio de Química Agrícola del CENTA); comparándolo contra otras dosis de: fertilizante orgánico (“bocashi”), y contra una formula química tradicional (triple 15), donde se determinó: producción de biomasa y rendimiento del cultivo rábano, los cuales al ser cosechados se clasificaron comercialmente en: 1° categoría ( $\geq 0.015$  kg y  $\geq 36$  mm) y 2° categoría ( $\leq 0.014$  kg y  $\leq 35$  mm), esto de acuerdo al mercado nacional. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, divididos en 4 tratamientos y cada uno con 5 repeticiones: el (T1) Estiércol Bovino, el T2 fue “bocashi”; una formula química tradicional triple 15 (T3) y un tratamiento testigo (T0) al cual no se le aplico nada. La cantidad de humus de estiércol bovino, bocashi y formula triple 15 aplicada a las parcelas fue estimada de acuerdo a los requerimientos nutricionales del cultivo, y el suministro de las dosis fue: previo a la siembra, mezclándolas e incorporándolas al suelo.

En cuanto a la primera fase de estudio, se observó que en la variable cantidad de Humus producido, fue el estiércol bovino (T1) el que obtuvo el mejor resultado (57Kg) en promedio ( $p < 0.01$ ), seguido por pulpa de café (42Kg), Rastrojo de Maíz (27Kg) y por último los sustrato Bagazo de Caña y Rastrojo de Frijol (24 y 15Kg; respectivamente). Además, se observaron que en los tratamientos Gallinaza (T2) y desperdicio de frutas y verduras (T4) la producción de Humus fue Nula (0.0kgs), esto debido a condiciones físico-químicas (T°, Humedad y Ph) presentes en los sustratos, las cuales les fueron adversas (aun habiendo superado la prueba de adaptabilidad de las 50 lombrices), lo que dificultó la obtención de la información de producción de humus (Kg) y contenido de macro y microelementos (%-Mg/kg) para ambos sustratos.

En cuanto al contenido nutricional en los sustratos, se observó que dentro de los macroelementos el porcentaje de nitrógeno fue mayor en la pulpa de café (T3) donde se obtuvo un promedio de 3.01% ( $p < 0.01$ ), seguido del rastrojo de frijol (2.82%), estiércol bovino (2.14%), rastrojo de maíz (1.77%) y por último el bagazo de Caña (1.24%).

El sustrato que obtuvo el más alto porcentaje de fósforo fue el estiércol bovino con un promedio de 0.59% ( $p < 0.01$ ), le sigue la pulpa de café (0.48%), rastrojo de frijol (0.26%) y por último los sustratos bagazo de caña y el rastrojo de maíz (0.14 y 0.11%; respectivamente).

Respecto al porcentaje de potasio la pulpa de café fue la que presentó el mayor porcentaje de 1.09% ( $p < 0.01$ ), estiércol bovino (1.05%), rastrojo de frijol (0.67%), rastrojo de maíz (0.51%) y el bagazo de caña (0.37%).

Por otra parte, dentro de los microelementos se observó que el porcentaje de calcio fue mayor en el sustrato rastrojo de frijol (3.62%) ( $p < 0.01$ ), seguido de pulpa de café (3.32%), estiércol bovino (2.24%), bagazo de caña (0.68%) y por último el rastrojo de maíz (0.37%).

El sustrato que obtuvo el más alto porcentaje de magnesio fue el rastrojo de frijol con un promedio de 0.67% ( $p < 0.01$ ), le sigue el estiércol bovino (0.58%), pulpa de café (0.57%) y por último los sustratos rastrojo de maíz y el bagazo de caña (0.27 y 0.17%; respectivamente).

Respecto al porcentaje de hierro el estiércol bovino fue el que presentó el mayor porcentaje de 1.2% ( $p < 0.01$ ), seguido de pulpa de café (0.852%), rastrojo de frijol (0.61%), bagazo de caña (0.59%) y el rastrojo de maíz (0.25%).

De igual manera, el más alto valor de contenido de cobre lo presentó el estiércol bovino 43mg/kg ( $p < 0.01$ ), le sigue la pulpa de café (38mg/kg), rastrojo de frijol (13.33mg/kg), bagazo de caña (9mg/kg) y el rastrojo de maíz (6.67mg/kg).

También, en el microelemento manganeso el estiércol bovino obtuvo el mayor valor (470mg/kg) ( $p < 0.01$ ), seguido de pulpa de café (424mg/kg), rastrojo de frijol (331.67mg/kg), bagazo de caña (211mg/kg) y el rastrojo de maíz (192.33mg/kg).

De igual manera, el contenido de zinc fue más alto en el sustrato estiércol bovino 43mg/kg ( $p < 0.01$ ), seguidamente de pulpa de café (141.33mg/kg), rastrojo de frijol (103.67mg/kg), rastrojo de maíz (97.33mg/kg) y por último el bagazo de caña (76mg/kg).

En cuanto a la segunda fase de estudio, en la variable rendimiento en biomasa, los promedios más altos para peso de rábanos con su follaje se observaron en Formula triple 15 y Humus (estiércol bovino) con 2.92 y 2.80kg; respectivamente, siendo similares estadísticamente entre ellos ( $p < 0.01$ ); seguido de Bocashi (2.64kgs) y el promedio más bajo fue el del tratamiento testigo con 2.0kg.

Los promedios más altos de diámetro de rábanos fueron: Formula triple 15 y Humus de estiércol bovino con 48.71 y 46.90mm; respectivamente, y siendo similares estadísticamente entre ellos ( $p < 0.01$ ); seguido de Bocashi (44.69mm); y el promedio más bajo: el tratamiento testigo con 31.23mm.

Los promedios más altos en rendimiento del cultivo fueron: Formula triple 15 y Humus de estiércol bovino con 125 y 119 rábanos; respectivamente, y siendo similares estadísticamente entre ellos ( $p < 0.01$ ); seguido de Bocashi (104 rábanos); y el promedio más bajo: el tratamiento testigo con 94 rábanos.

Los promedios más altos en la clasificación comercial de rábanos cosechados para 1º categoría fueron: Formula triple 15 y Humus (estiércol bovino) con 106 y 100 frutos; respectivamente, y siendo similares estadísticamente entre ellos ( $p < 0.05$ ); seguido de Bocashi (70 tubérculos) y el promedio más bajo registrado fue el del tratamiento testigo con 25 rábanos; y viceversa el resultados por tratamiento de rábanos clasificados como de 2º categoría, con 69 y 34 tubérculos el tratamiento testigo y el Bocashi; respectivamente, siendo el humus de estiércol bovino y el fertilizante triple 15 con 19 y 19 rábanos los promedios más bajos.

Finalizada la Investigación, se recomienda:

Si los objetivos de la explotación son: producción en volumen de Humus, reproducción y explotación de lombrices, se recomienda utilizar estiércol bovino (T1) y Pulpa de Café (T3).

Para fertilizar, utilizar Humus de Estiércol Bovino (T1) y/o de pulpa de café (T3) por presentar las mejores producciones y los mejores porcentajes de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y microelementos (Calcio, magnesio, hierro, manganeso, cobre y zinc).

Fertilizar específicamente cultivos de Rábano con Humus de estiércol bovino a razón de 20,339Kg/Ha (2.03Kg/mt<sup>2</sup>).

Si se desea fertilizar con Humus a otro tipo de cultivos, calcular la cantidad a utilizar de humus en función a los requerimientos nutricionales que exija el cultivo y considerar el contenido nutricional que aportara el suelo o sustrato donde se sembrara.

Utilizar el Humus de Lombriz Californiana para fertilizar pequeñas áreas de extensión, huertos caseros o familiares, y/o cultivos rentables económicamente.

Fertilizar con Humus durante varios ciclos productivos de manera continua, para poder observar mejores rendimientos en producciones venideras.

Realizar investigaciones utilizando humus de los diferentes tratamientos evaluados, en otros tipos de cultivos hortícolas, frutales y gramíneas en diferentes dosis y comparándolo a la vez con fertilización química.

Realizar investigaciones similares variables, pero mezclando diferentes sustratos como: Gallinaza (T2) y/o desperdicios de frutas y verduras (T4) con Estiércol bovino (T1) y/o Pulpa de Café (T3).

Realizar investigaciones utilizando otros tipos de sustratos como el estiércol Caprino y Cunicula, por su fácil adquisición y alto contenido nutricional.

Realizar pruebas de adaptación de Lombrices en los sustratos, 30 días previos a la inoculación en ellos.

Realizar investigaciones donde se evalué a factores físico-químicos (T°, humedad, y Ph) presentes en los sustratos, y su efecto en la adaptación, reproducción y producción de humus de Lombriz Californiana.

Realizar investigaciones de carácter económico, donde se determinen estrategias para mejorar rendimientos de humus a bajos costes de producción.

Realizar investigaciones al factor Medio Ambiental suelo fertilizado con humus de Lombriz Californiana, con el objeto de determinar impactos físicos y químicos ocasionados a consecuencia de la incorporación del humus, a través de pruebas de laboratorio.



## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer primeramente a **Dios** por habernos permitido terminar con éxito nuestra Maestría en Gestión Ambiental, por haber iluminado nuestra mente para lograr nuestros objetivos y llegar a la meta que un día nos trazamos.

**“Alabad servidores del Señor, Alabad el nombre del Señor, Bendito sea el nombre del Señor desde ahora y para siempre, desde la salida del sol hasta su ocaso, sea Alabado su nombre; grande sobre todas las naciones es JEHOVÁ, por encima de los cielos su gloria, quien como el Señor nuestro DIOS que se sienta en las alturas y baja para ver los cielos y la tierra, Aleluya, Aleluya.**

A: **M.Sc. María del Carmen Castillo de Heski** (Coordinadora de Maestría en Gestión Ambiental) y **M.Sc. Francisco Leopoldo Merino Cisneros** (Asesor de tesis) por sus incondicionales apoyos a lo largo de nuestra formación como: **MAESTROS EN GESTION AMBIENTAL, gracias.**

**A la Universidad de El Salvador**, Facultad Multidisciplinaria Oriental, especialmente al personal docente de Maestría en Gestión Ambiental: M.Sc. María del Carmen Castillo de Heski, M.Sc. Francisco Leopoldo Merino Cisneros, M.Sc. Oscar Armando Molina, M.Sc. Miguel Ángel Hernández, Dr. Juan René Alfaro Machuca, Dr. Ángel María Ibarra , M.Sc. José Roberto Duarte Saldaña, M.Sc. José Wester Del Cid Ayala, M.Sc. Ligia Sandoval, M.Sc. Marta Villatoro de Guerrero, M.Sc Edmidlia Guzmán de Crispín, M.Sc. José Adelio Domínguez, M.Sc. Alma Carolina Sánchez Fuentes, M.Sc. David Amílcar González Rivas; por habernos instruido en nuestra formación profesional como: **MAESTROS EN GESTIÓN AMBIENTAL**, así como **en la creación de criterios y valores éticos.**

## DEDICATORIAS

A mi **DIOS**:

A Él doy gracias principalmente por la vida y con ella la oportunidad que me brindo de culminar mi **MAESTRIA EN GESTION AMBIENTAL** con éxito.

A mi hija:

**Esmeralda Abisai Claros Sánchez**, por ser mi orgullo, por ser el motivo que me impulsa a seguir a delante. Siempre estaré agradecido con **DIOS** por haber permitido que tu llegaras a mi vida.

A mis padres:

**Ing. Marco Evelio Claros Álvarez** e **Ing. María Asunción Hernández de Claros**, por su inmenso e incondicional amor, por su sacrificio, por sus sabios consejos, por su comprensión y apoyo incondicional en mi vida. **Gracias.**

A mis hermanos:

**Dr. Marvin Evelio Claros Hernández** y **Lic. José Daniel Claros Hernández**, por su apoyo y entusiasmo para alcanzar mi meta.

A **dos** especiales y **lindas** mujeres:

A mi **ESPOSA**: **Lic. Laura Rosibel Cruz de Claros**, por brindarme su apoyo, comprensión, **AMOR**. **Mi más sincera gratitud por ser de bendición, por ser un sueño hecho realidad y haber tomado la decisión de vivir y compartir su vida a mi lado.**

A la **Ing. Silvia Evelyn Jurado de Sosa**, Por su amistad, por su apoyo, y por sus sabios consejos. **Gracias.**

**Ing. Marco Isaí Claros Hernández.**

## DEDICATORIAS

### A DIOS:

A Él doy gracias principalmente por la vida y con ella la oportunidad que me brindo de culminar mi MAESTRIA con éxito.

### A mis padres:

**Juan Leonel Reyes Lazo y Rina Maribel Romero de Reyes**, por su incondicional amor, por su sacrificio, por su comprensión y apoyo incondicional en mi vida. **Gracias.**

### A mis hermanas:

**Licda. Teresa de Jesús Reyes de Flores y Licda. María Raquel Reyes de Cuadra**, por su apoyo, acompañamiento y entusiasmo para alcanzar mi meta.

### A mi novia:

Licda. Esmeralda del Roció Escolero Portillo, por brindarme su apoyo, motivación, comprensión, **AMOR. Mi gratitud por ser de bendición, y por tener la determinación de compartir tu vida junto a Mí.**

**A mis colegas: Ing. David Arnoldo Chávez Saravia, Ing. Marco Isaí Claros Hernández, Lic. Luis Ángel Ramírez Benítez**, Por su amistad, motivación y acompañamiento durante los años de estudio. **Muchas Gracias.**

**Ing. Leonel Edgardo Reyes Romero.**

# INDICE

CONTENIDO	PAGINAS
RESUMEN.....	IV
AGRADECIMIENTOS.....	IX
DEDICATORIAS .....	X
INDICE GENERAL .....	XII
INDICE DE TABLAS.....	XV
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	XVI
INDICE DE ANEXOS .....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
CAPITULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	8
2.1. EFECTOS DEL USO DE FERTILIZANTES EN EL MEDIO AMBIENTE .....	8
2.1.1. Contaminación por fertilizantes nitrogenados. ....	8
2.1.1.1. Impacto ambiental del exceso de fertilizantes nitrogenados.....	8
2.1.2. Contaminación por fertilizantes fosforados.....	9
2.1.2.1. Efectos secundarios de abonos fosfatados.....	9
2.1.2.2. Impacto ambiental de los abonos fosfatados .....	9
2.1.3. Contaminación por fertilizantes potásicos.....	10
2.1.3.1. Efectos secundarios de abonos potásicos.....	10
2.1.4. Contaminación por Fertilizantes Azufrados, Cálccicos y de Magnesio: .....	10
2.2. IMPORTANCIA DE LA LOMBRICULTURA. ....	10
2.3. GENERALIDADES .....	11
2.3.1. Historia.....	11
2.3.2. Origen .....	12
2.3.3. Clasificación taxonómica .....	12
2.3.4. Morfología, anatomía y fisiología.....	12
2.3.4.1. Anatomía externa .....	12
2.3.4.2. Anatomía interna .....	13
2.4. HÁBITAT .....	15
2.5. REPRODUCCIÓN Y CICLO DE VIDA .....	15
2.6. CONDICIONES AMBIENTALES PARA SU DESARROLLO .....	16
2.6.1. Humedad.....	16
2.6.2. Temperatura .....	16
2.6.3. PH.....	16
2.6.4. Riego.....	16
2.6.5. Aireación .....	16
2.7. TIPOS DE LOMBRICES .....	17
2.7.1. Lombriz domestica (Eisenia foetida).....	17
2.7.2. Lombriz silvestre o común .....	18
2.8. SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN.....	18
2.8.1. Domestica .....	18
2.8.2. Intensiva .....	18
2.9. ALIMENTACIÓN.....	19
2.9.1. Tipos de alimento.....	19
2.9.1.1 Estiércoles .....	19

2.9.1.1.1. Estiércol de Gallina (Gallinaza) .....	19
2.9.1.1.2. Estiércol bovino.....	20
2.9.1.1.3. Pulpa de café .....	20
2.9.1.1.4. Desperdicios alimenticios (Verduras y frutas) .....	20
2.9.1.1.5. Rastrojo de Maíz.....	20
2.9.1.1.6 Rastrojo de Frijol.....	20
2.9.1.1.7. Bagazo de Caña de Azúcar .....	21
2.9.2. Suministro de alimento.....	21
2.10. CONTENIDO NUTRICIONAL DE LOS SUSTRATOS.....	21
2.11. MANEJO DE LA EXPLOTACIÓN .....	22
2.11.1. Alimentación .....	22
2.11.2. Manejo de la vermicompostera. ....	23
2.11.3. Frecuencia y cantidad .....	23
2.11.4. Riego .....	24
2.12. PLAGAS Y ENFERMEDADES .....	24
2.12.1 Plagas.....	24
2.12.2. Enfermedades.....	25
2.13. COSECHA DE LOMBRIABONO.....	25
2.14. CARACTERÍSTICAS DEL LOMBRIABONO.....	26
2.15. VENTAJAS DEL LOMBRIABONO .....	26
2.16. BENEFICIOS DEL HUMUS DE LOMBRIZ CALIFORNIANA HACIA EL MEDIO AMBIENTE .....	27
2.17. ABONO ORGÁNICO FERMENTADO (BOCASHI) .....	29
2.17.1. Generalidades.....	29
2.17.2. Proceso de elaboración de Bocashi .....	30
2.17.3. Principales factores a considerar en la elaboración de Bocashi. ....	30
2.17.4. Ingredientes básicos en la elaboración de Bocashi. ....	31
2.17.5. Preparación de Bocashi.....	34
2.17.6. Utilización del abono orgánico fermentado.....	34
2.17.7. Cantidad de Bocashi a ser aplicado en los cultivos. ....	34
2.18. CULTIVO DE RÁBANO.....	36
2.18.1. Origen.....	36
2.18.2. Taxonomía y morfología .....	36
2.18.2.1 Sistema radicular.....	36
2.18.2.2 Tallo.....	36
2.18.2.3 Hojas .....	36
2.18.2.4 Flores .....	37
2.18.2.5 Fruto .....	37
2.18.3. Requerimientos edafo-climáticos .....	37
2.18.4. Material vegetal.....	37
2.18.5. Particularidades del cultivo.....	38
2.18.5.1. Preparación del terreno.....	38
2.18.5.2. Siembra.....	38
2.18.5.3. Labores.....	38
2.18.5.4. Abonado .....	38
2.18.6. Plagas y enfermedades .....	39
2.18.6.1. Plagas .....	39
2.18.6.2. Enfermedades.....	40
2.18.7. Fisiopatías.....	40
2.18.8. Recolección .....	40
2.18.9. Comercialización.....	41
2.19. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL CULTIVO DE RÁBANO. ....	41
2.20. ESTUDIOS REALIZADOS.....	42
2.20.1. Evaluación cuantitativa y cualitativa de abono orgánico producido a través de la lombriz roja californiana (Eisenia foetida) utilizando cuatro diferentes sustratos. ....	42
2.20.2. Respuesta de la lombriz roja (Eisenia foetida) frente a diferentes alimentos. ....	43
2.20.3. Evaluación de tres sustratos en la reproducción de la lombriz de tierra (Eisenia foetida) y la producción de vermiabono. ....	44
2.20.4. Uso de sustratos alimenticios en el desarrollo reproductivo y cantidad proteica de la lombriz de tierra (Eisenia foetida). ....	46

2.20.5. Evaluación Micronutricional de Humus producido por Lombriz Californiana a partir de estiércol bovino y cascarilla de café. ....	48
2.20.6. Determinación Nutricional a Humus de estiércol bovino, rastrojo de frijol y bagazo de caña por lombriz Roja Californiana. ....	49
2.20.7. Evaluación del cultivo de rábano ( <i>Raphanus sativus</i> L.) variedad Crimson Giant, utilizando sustratos mejorados en la determinación de los rendimientos. ....	50
<b>CAPITULO III. JUSTIFICACIÓN, OBJETIVOS E HIPÓTESIS .....</b>	<b>51</b>
A. JUSTIFICACIÓN .....	51
B. OBJETIVOS .....	54
C. HIPÓTESIS .....	54
<b>CAPITULO IV. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>55</b>
A. UBICACIÓN.....	55
B. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	55
C. UNIDADES DE ANÁLISIS.....	55
D. VARIABLES Y MEDICIÓN .....	56
1. Definición de las variables .....	56
a. Producción de humus. ....	56
b. Valor Nutricional (N, P, K, y Microelementos) .....	56
c. Producción de biomasa .....	57
d. Rendimiento del Cultivo.....	57
2. Indicadores y su medición.....	57
a. Instrumentos de medición .....	57
b. Técnicas y procedimientos a emplearse en la recopilación de información. ....	58
1. Producción de Humus (Kg) .....	58
2. Valores nutricionales (%).....	58
3. Producción de biomasa (Kg y mm) .....	58
4. Rendimiento del cultivo ( $\mu/\text{mt}^2$ ).....	58
E. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	59
<b>CAPITULO V. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS. ....</b>	<b>61</b>
5.1. FASE DE INVESTIGACIÓN I.....	61
5.1.1. Producción de Humus (Kg) y (%). ....	61
5.1.2. Valor Nutricional de N-P-K (%), y Microelementos Ca, Mg, Fe (%), Cu, Mn, Zn (mg/kg). ....	66
5.1.2.1. Nitrógeno (%). ....	66
5.1.2.2. Fosforo (%). ....	68
5.1.2.3. Potasio (%). ....	70
5.1.2.4. Calcio (%). ....	72
5.1.2.5. Magnesio (%). ....	74
5.1.2.6. Hierro (%). ....	75
5.1.2.7. Cobre (mg/kg). ....	77
5.1.2.8. Manganeseo (mg/kg). ....	79
5.1.2.9. Zinc (mg/kg). ....	81
5.2. FASE DE INVESTIGACIÓN II.....	83
5.2.1. Producción de Biomasa (Kg). ....	83
5.2.1.1. Peso de Rábanos (tuberculos con su follaje) (Kg). ....	83
5.2.1.2. Diámetro de Rabanos (mm).....	86
5.2.2. Rendimiento del Cultivo ( $\mu/\text{Mt}^2$ ). ....	88
5.2.3. Clasificación Comercial de Rábanos.....	91
<b>CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>93</b>
6.1. CONCLUSIONES.....	93
6.2. RECOMENDACIONES. ....	96
<b>FUENTES DE INFORMACIÓN CONSULTADAS .....</b>	<b>98</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>104</b>

## INDICE DE TABLAS

CONTENIDO	PAGINAS
<b>TABLA 1.</b> LAS CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DE LA LOMBRIZ .....	13
<b>TABLA 2.</b> ANÁLISIS NUTRICIONAL DE ESTIÉRCOL DE BOVINO, GALLINAZA. ....	21
<b>TABLA 3.</b> COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PULPA DE CAFÉ. ....	22
<b>TABLA 4.</b> CARACTERÍSTICAS DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR.....	22
<b>TABLA 5.</b> MODALIDADES PARA COLOCAR EL ALIMENTO EN LAS CUNAS.....	23
<b>TABLA 6.</b> CONTENIDO NUTRICIONAL DE BOCASHI. ....	35
<b>TABLA 7.</b> REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL CULTIVO EN KILOGRAMOS/ HECTÁREA (HA).....	41
<b>TABLA 8.</b> COMPARACIÓN DE CACHAZA DE CAÑA Y ESTIÉRCOL BOVINO EN DIFERENTES NIVELES.....	43
<b>TABLA 9.</b> PROMEDIO DE BIOMASA DE LOMBRICES FRENTE A DIFERENTES ALIMENTOS. ....	43
<b>TABLA 10.</b> MEDIAS POR TRATAMIENTOS OBTENIDAS EN LAS MUESTRAS REALIZADAS EN CADA SUSTRATO EN LOS MICROLECHOS. ....	44
<b>TABLA 11.</b> PESO TOTAL EN LIBRAS DEL VERMIABONO PRODUCIDO POR LA LOMBRIZ DE TIERRA EN CADA UNO DE LOS SUSTRATOS. ....	45
<b>TABLA 12.</b> ANÁLISIS QUÍMICO DE TRATAMIENTO EN VERMIABONO.....	46
<b>TABLA 13.</b> CANTIDAD DE LOMBRICES DE TIERRA (EISENIA FOETIDA) POR TRATAMIENTO. ....	47
<b>TABLA 14.</b> CONTENIDO NUTRICIONAL DE MICROELEMENTOS POR TRATAMIENTO EN ANÁLISIS. ....	49
<b>TABLA 15.</b> CONTENIDO NUTRICIONAL DE MICROELEMENTOS POR TRATAMIENTO EN ESTUDIO. ....	50
<b>TABLA 16.</b> MATERIA ORGÁNICA DE DIVERSAS ESPECIES ANIMALES, QUE EN PROMEDIO GENERAL PRESENTA ESTAS PROPIEDADES NUTRITIVAS. ....	52
<b>TABLA 17.</b> DISTRIBUCIÓN ESTADÍSTICA DEL MODELO (I FASE DE INVESTIGACIÓN). ....	59
<b>TABLA 18.</b> DISTRIBUCIÓN ESTADÍSTICA DEL MODELO (II FASE DE INVESTIGACIÓN). ....	60
<b>TABLA 19.</b> PRODUCCIÓN DE HUMOS (KG) Y (%) DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS. ....	61
<b>TABLA 20.</b> CONTENIDO DE NITRÓGENO (%) EN HUMUS DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS. ....	66
<b>TABLA 21.</b> CONTENIDO DE FOSFORO (%) EN HUMUS DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS.....	69
<b>TABLA 22.</b> CONTENIDO DE POTASIO (%) EN HUMUS DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS. ....	71
<b>TABLA 23.</b> CONTENIDO DE CALCIO (%) EN HUMUS DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS.....	73
<b>TABLA 24.</b> CONTENIDO DE MAGNESIO (%) EN HUMUS DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS.....	74
<b>TABLA 25.</b> CONTENIDO DE HIERRO (%) EN HUMUS DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS. ....	76
<b>TABLA 26.</b> CONTENIDO DE COBRE (MG/KG) EN HUMUS DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS. ....	78
<b>TABLA 27.</b> CONTENIDO DE MANGANESO (MG/KG) EN HUMUS DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS.....	79
<b>TABLA 28.</b> CONTENIDO DE ZINC (MG/KG) EN HUMUS DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS. ....	81
<b>TABLA 29.</b> PESO DE TUBERCULOS CON SU FOLLAJE EN PRODUCCIÓN DE BIOMASA (KG) DEL CULTIVO INDICADOR RÁBANO. ....	83
<b>TABLA 30.</b> DIÁMETRO DE TUBERCULOS EN PRODUCCIÓN DE BIOMASA (MM) DEL CULTIVO INDICADOR RÁBANO.....	86
<b>TABLA 31.</b> RENDIMIENTO (U/MT <sup>2</sup> ) DEL CULTIVO INDICADOR “RÁBANO” PARA LAS DIFERENTES FUENTES FERTILIZANTES.....	89
<b>TABLA 32.</b> CLASIFICACIÓN COMERCIAL DE FRUTOS DE RÁBANO PARA LAS DIFERENTES FUENTES FERTILIZANTES.....	92

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

CONTENIDO	PAGINAS
<b>ILUSTRACIÓN 1.</b> VALORACIÓN NACIONAL AMBIENTAL POR ÁMBITO DEL USO ANTRÓPICO DE LOS SUELOS CON FINES AGRÍCOLAS.....	5
<b>ILUSTRACIÓN 2.</b> PRODUCCIÓN DE HUMUS (KG) DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS.....	62
<b>ILUSTRACIÓN 3.</b> PRODUCCIÓN DE HUMUS (%) DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS.....	63
<b>ILUSTRACIÓN 4.</b> CONTENIDO DE NITRÓGENO (%) EN LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS.....	67
<b>ILUSTRACIÓN 5.</b> CONTENIDO DE FOSFORO (%) EN LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS.....	69
<b>ILUSTRACIÓN 6.</b> CONTENIDO DE POTASIO (%) EN LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS.....	72
<b>ILUSTRACIÓN 7.</b> CONTENIDO DE CALCIO (%) EN LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS.....	74
<b>ILUSTRACIÓN 8.</b> CONTENIDO DE MAGNESIO (%) EN LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS.....	75
<b>ILUSTRACIÓN 9.</b> CONTENIDO DE HIERRO (%) EN LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS.....	77
<b>ILUSTRACIÓN 10.</b> CONTENIDO DE COBRE (MG/KG) EN LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS.....	78
<b>ILUSTRACIÓN 11.</b> CONTENIDO DE MANGANESO (MG/KG) EN LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS.....	80
<b>ILUSTRACIÓN 12.</b> CONTENIDO DE ZINC (MG/KG) EN LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS.....	82
<b>ILUSTRACIÓN 13.</b> PESO DE TUBERCULOS CON SU FOLLAJE EN PRODUCCIÓN DE BIOMASA (KG) DEL CULTIVO INDICADOR RABANO PARA LAS DIFERENTES FUENTES FERTILIZANTES.....	84
<b>ILUSTRACIÓN 14.</b> DIÁMETRO DE TUBERCULOS EN PRODUCCIÓN DE BIOMASA (MM) DEL CULTIVO INDICADOR RABANO PARA LAS DIFERENTES FUENTES FERTILIZANTES.....	87
<b>ILUSTRACIÓN 15.</b> RENDIMIENTO (U/MT <sup>2</sup> ) DEL CULTIVO INDICADOR “RABANO” PARA LAS.....	90
<b>ILUSTRACIÓN 16.</b> CLASIFICACIÓN COMERCIAL, 1º CATEGORÍA DE FRUTOS DE RÁBANO PARA LAS DIFERENTES FUENTES FERTILIZANTES.....	92
<b>ILUSTRACIÓN 17.</b> CLASIFICACIÓN COMERCIAL, 2º CATEGORÍA DE FRUTOS DE RÁBANO PARA LAS DIFERENTES FUENTES FERTILIZANTES.....	92



## INDICE DE ANEXOS

CONTENIDO	PAGINAS
A- 1. PRODUCCIÓN DE HUMUS (KG) DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS, (EN BASE A 60KG APLICADOS). ...	105
A- 2. ANÁLISIS DE VARIANZA DE PRODUCCIÓN DE HUMUS (KG) DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS.....	106
A- 3. PRUEBA DUNCAN PARA TRATAMIENTOS DE PRODUCCIÓN DE HUMUS (KG) DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS. ....	106
A- 4. HUMEDAD (%) CONTENIDA EN CADA SUSTRATO ORGÁNICO.....	107
A- 5. TEMPERATURA (°C) CONTENIDA EN CADA SUSTRATO ORGÁNICO.....	109
A- 6. POTENCIAL DE HIDROGENO (PH) CONTENIDO EN CADA SUSTRATO ORGÁNICO. ....	111
A- 7. CONTENIDO DE N, P, K Y MICROELEMENTOS (% , MG/KG) EN CADA SUSTRATO ORGÁNICO.....	113
A- 8. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL CONTENIDO DE NITRÓGENO (%) EN HUMUS DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS. ....	114
A- 9. PRUEBA DUNCAN DEL CONTENIDO DE NITRÓGENO (%) EN HUMUS DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS. ....	114
A- 10. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL CONTENIDO DE FOSFORO (%) EN HUMUS DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS.....	115
A- 11. PRUEBA DUNCAN DEL CONTENIDO DE FOSFORO (%) EN HUMUS DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS. ....	115
A- 12. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL CONTENIDO DE POTASIO (%) EN HUMUS DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS.....	116
A- 13. PRUEBA DUNCAN DEL CONTENIDO DE POTASIO (%) EN HUMUS DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS. ....	116
A- 14. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL CONTENIDO DE CALCIO (%) EN HUMUS DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS. ....	117
A- 15. PRUEBA DUNCAN DEL CONTENIDO DE CALCIO (%) EN HUMUS DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS... ..	117
A- 16. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL CONTENIDO DE MAGNESIO (%) EN HUMUS DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS.....	118
A- 17. PRUEBA DUNCAN DEL CONTENIDO DE MAGNESIO (%) EN HUMUS DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS. ....	118
A- 18. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL CONTENIDO DE HIERRO (%) EN HUMUS DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS. ....	119
A- 19. PRUEBA DUNCAN DEL CONTENIDO DE HIERRO (%) EN HUMUS DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS. .	119
A- 20. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL CONTENIDO DE COBRE (MG/KG) EN HUMUS DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS.....	120
A- 21. PRUEBA DUNCAN DEL CONTENIDO DE COBRE (MG/KG) EN HUMUS DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS. ....	120
A- 22. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL CONTENIDO DE MANGANESO (MG/KG) EN HUMUS DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS.....	121
A- 23. PRUEBA DUNCAN DEL CONTENIDO DE MANGANESO (MG/KG) EN HUMUS DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS.....	121
A- 24. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL CONTENIDO DE ZINC (MG/KG) EN HUMUS DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS.....	122
A- 25. PRUEBA DUNCAN DEL CONTENIDO DE ZINC (MG/KG) EN HUMUS DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS.....	122
A- 26. PRODUCCIÓN DE BIOMASA (KG) DEL CULTIVO INDICADOR “RÁBANO”. ....	123
A- 27. RENDIMIENTO DEL CULTIVO (U/MT <sup>2</sup> ) INDICADOR “RÁBANO”. ....	123
A- 28. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL INDICADOR PESO DE TUBERCULOS Y HOJAS (KG) DE RÁBANO EN PRODUCCIÓN DE BIOMASA. ....	124
A- 29. PRUEBA DUNCAN DEL INDICADOR PESO DE TUBERCULOS Y HOJAS DE RÁBANOS EN PRODUCCIÓN DE	

BIOMASA (KG) PARA LAS DIFERENTES FUENTES FERTILIZANTES.....	124
<b>A- 30.</b> ANÁLISIS DE VARIANZA DEL INDICADOR DIÁMETRO DE RÁBANO EN PRODUCCIÓN DE BIOMASA (MM) .....	125
<b>A- 31.</b> PRUEBA DUNCAN DEL INDICADOR DIÁMETRO DE RÁBANOS EN PRODUCCIÓN DE BIOMASA (KG) PARA LAS DIFERENTES FUENTES FERTILIZANTES. ....	125
<b>A- 32.</b> ANÁLISIS DE VARIANZA DE RENDIMIENTO (NÚMERO DE RÁBANOS POR METRO CUADRADO).....	126
<b>A- 33.</b> PRUEBA DUNCAN DE RENDIMIENTO (U/MT <sup>2</sup> ) DE RÁBANO PARA LAS DIFERENTES FUENTES FERTILIZANTES.....	126
<b>A- 34.</b> CONTENIDO DE N, P, K Y MICROELEMENTOS (% , MG/KG) EN EL SUSTRATO BOCASHI.....	127
<b>A- 35.</b> CANTIDADES DE FUENTES FERTILIZANTES APLICADAS, EN BASE A LOS REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL CULTIVO RÁBANO. ....	128
<b>A- 36.</b> CLASIFICACIÓN COMERCIAL DE FRUTOS COSECHADOS DEL CULTIVO RÁBANO.....	128
<b>A- 37.</b> ANÁLISIS DE VARIANZA DE CLASIFICACIÓN COMERCIAL DE FRUTOS COSECHADOS DEL CULTIVO DE RÁBANO (1º CATEGORÍA).....	129
<b>A- 38.</b> PRUEBA DUNCAN DE CLASIFICACIÓN COMERCIAL DE FRUTOS COSECHADOS DEL CULTIVO DE RÁBANO (1º CATEGORÍA).....	129
<b>A- 39.</b> ANÁLISIS DE VARIANZA DE CLASIFICACIÓN COMERCIAL DE FRUTOS COSECHADOS DEL CULTIVO DE RÁBANO (2º CATEGORÍA).....	130
<b>A- 40.</b> PRUEBA DUNCAN DE CLASIFICACIÓN COMERCIAL DE FRUTOS COSECHADOS DEL CULTIVO DE RÁBANO (2º CATEGORÍA).....	130
<b>A- 41.</b> ANÁLISIS Y CONTENIDO NUTRICIONAL DE SUELO DONDE SE REALIZÓ LA INVESTIGACIÓN. ....	131
<b>A- 42.</b> ANÁLISIS ECONÓMICO (\$) DE PRODUCCIÓN DE HUMUS POR LOMBRIZ CALIFORNIANA DE LOS DIFERENTES SUSTRATOS ORGÁNICOS.....	132
<b>A- 43.</b> UBICACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL (COLONIA JERUSALÉN) DONDE SE DESARROLLÓ LA INVESTIGACIÓN. ....	133
<b>A- 44.</b> INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN (I FASE DE INVESTIGACIÓN).....	134
<b>A- 45.</b> INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN (II FASE DE INVESTIGACIÓN).....	135
<b>A- 46.</b> DISEÑO DE CONTENEDORES O CUNAS DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA.....	136
<b>A- 47.</b> CROQUIS DE DISTRIBUCIÓN DE CUNAS DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (I FASE DE INVESTIGACIÓN).....	137
<b>A- 48.</b> CROQUIS DE DISTRIBUCIÓN DE PARCELAS DE CULTIVO INDICADOR “RÁBANO” (II FASE DE INVESTIGACIÓN).....	138

## INTRODUCCIÓN

En El Salvador, la población supera los 7,000 millones de habitantes lo que significa una mayor demanda de alimentos, reducción de tierras para producir, incremento de desechos orgánicos e inorgánicos generados tanto a nivel agrícola, como en instancias pecuarias (granjas), y en fábricas agroindustriales (como los beneficios de café, ingenios azucareros), entre otros; los cuales generan focos de contaminación ambiental y como consecuencia muchas enfermedades, (Gonzales y Col, 2007). En nuestro país, el uso de fertilizantes y abonos orgánicos son recursos esenciales para el desarrollo agrícola sostenible, destacando a este último, puesto que pueden ser productos fácilmente reciclados aplicando técnicas de bajo costo y con muchos beneficios; provocando que su elaboración, aprovechamiento, utilización y conservación racional constituyan elementos en cualquier estrategia de desarrollo con enfoque medio ambiental, (Campos y Col., 1997).

Sin embargo una de las principales problemáticas en las instancias agrícolas es la poca productividad, esto posiblemente debido a un bajo nivel de fertilidad de los suelos destinados para este uso; abonado a consecuencia de esta situación, se encuentra el elevado uso de fertilizantes químicos o sintéticos, los cuales provocan no solo deficiencias en la composición física, biológica y química del suelo (degradándolo), sino que también afectan contaminando a otros factores medio ambientales como en el agua por la salinización, lixiviación e infiltración; de igual manera al aire puesto que los fertilizantes químicos son una de las mayores fuentes antropogénicas de gases responsables de efecto invernadero, metano y óxido nitroso, entre otros, (Orantes, 1998). El uso de humus como una alternativa en la agricultura, reduce el daño ambiental causado por la toxicidad de los fertilizantes químicos utilizados, además, disminuye la contaminación del agua, del aire, mantiene e incrementa al mismo tiempo la fertilidad de los suelos, y consecuentemente aumenta el ingreso de nutrientes a los cultivos, lo cual es beneficioso; obteniéndose así también mejores ingresos económicos a corto plazo para las familias por los rendimientos obtenidos, beneficiándose así sus bienestar, (Agencia para el Desarrollo de Austria/IICA, 2009). Aunque, si bien es cierto

existen ciertos factores de importancia que limitan la implementación del uso de humus con fines de fertilización, dentro de los cuales podemos resaltar: la resistencia al cambio, la falta de conocimiento de los procesos que rigen el manejo eficiente para producirlo y sus beneficios, la falta de hábitos de uso, las condiciones medio ambientales, la disponibilidad del mercado, y lo económico en cuanto a su coste; destacando que todas tienen su protagonismo; pero de igual manera, se considera que en la actualidad y a futuro esta es una de las mejores alternativas para poder atenuar significativamente los efectos de la agricultura por el uso de fertilizantes químicos sobre el medio ambiente, (Gonzales y Col., 2007; Orantes, 1998).

La investigación se realizó en el Municipio de San Francisco Gotera, Departamento de Morazán, durante un periodo comprendido del 01 Febrero al 06 de Julio de 2013. El objetivo de la investigación fue disminuir el grado de contaminación que la toxicidad de los fertilizantes químicos le ocasionan al medio ambiente a través de la búsqueda de un sustituto fertilizante orgánico, al evaluar humus producido por Lombriz Californiana (Eisenia foetida) contra otra fuente de fertilizante orgánico (bocashi), y contra una fuente de fertilizante químico tradicional (triple 15) en un cultivo seleccionado como indicador: “rábano” (Raphanus sativus). Para éste estudio los datos fueron obtenidos en 2 etapas: primero, se determinó la producción y el valor nutritivo del humus, para lo cual se utilizó un diseño estadístico de bloques completamente al azar con 7 tratamientos y 3 repeticiones haciendo un total de 21 unidades experimentales distribuidas en 21 mt<sup>2</sup> (A-47). Posteriormente, se construyeron 21 cunas o contenedores con dimensiones de: 1.40 mt de largo, 0.70 mt de ancho y 0.50 mt de alto, colocados sobre soportes de 0.50 mt de alto (A-46), de lombriz californiana con sus diferentes y respectivos sustratos: estiércol bovino (T1), gallinaza (T2), pulpa de café (T3), desperdicio de frutas y verduras (T4), rastrojo de maíz (T5), rastrojo de frijol (T6) y bagazo de caña de azúcar (T7). Luego se procedió a la preparación de los sustratos, donde se tuvo que pasar la etapa de calentamiento y fermentación: 1 mes de anticipación la pulpa de café, 15 días para los rastrojos de frijol, maíz y bagazo de caña de azúcar, y para el caso del desperdicio de frutas y verduras y de los estiércoles (gallinaza y bovino) fueron 10 días antes de la inoculación. Seguidamente, se realizó la prueba de las 50 lombrices, las cuales se adicionaron en cada uno de los sustratos por un periodo de 7 días con el objeto de observar si

el alimento estaba apto para ser consumido por las lombrices. Una vez superada la prueba, se prepararon los contenedores inoculándose 2Kg de lombriz Californiana en cada tratamiento. Además, se aplicó un total 60 kilogramos de sustratos (respectivamente) en los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 y realizándolo en 3 aplicaciones de 28, 18 y 14 kg, entre un intervalo de tiempo de 1, 50, y 30 días; respectivamente, hasta la cosecha. También, se recopiló información cada 15 días de variables como la temperatura (°C), humedad (%) y el Ph (potencial de hidrogeno) presente en los sustratos (cunas) de cada tratamiento en estudio. En la segunda etapa del estudio, al cultivo indicador seleccionado (rábano), se le procedió a fertilizar con: una dosis tomada del mejor humus: “Estiércol Bovino” (tomando como base al macroelemento fosforo “P”, de acuerdo a los resultados de valores nutricionales del laboratorio de Química Agrícola del CENTA); comparándolo contra otras dosis de: fertilizante orgánico (“bocashi”), y contra una formula química tradicional (triple 15), donde se determinó: producción de biomasa (peso del tubérculo con follaje y diámetro del tuberculo), y rendimiento del cultivo rábano, los cuales al ser cosechados se clasificaron comercialmente en: 1º categoría ( $\geq 0.015$  kg y  $\geq 36$  mm) y 2º categoría ( $\leq 0.014$  kg y  $\leq 35$  mm), esto de acuerdo al mercado nacional. Fueron 20 parcelas de cultivo, distribuidas en 56 mt<sup>2</sup> en un diseño de bloques completamente al azar, divididas en 4 tratamientos y cada uno con 5 repeticiones experimentales (A-48); el primero (T1) fue la dosis del mejor humus: “Estiércol Bovino”, el T2 que fue la aplicación de “bocashi”; una formula química tradicional triple 15 (T3), y un tratamiento testigo (T0) al cual no se le aplico nada. Cada parcela midió 1 mt<sup>2</sup>. La cantidad de humus, bocashi y formula triple 15 aplicada fue de acuerdo a los requerimientos nutricionales del cultivo (A-35), y el suministro de las dosis fue: previo a la siembra, mezclándolas e incorporándolas al suelo (en T1, T2, y T3; respectivamente). En esta investigación se buscó maximizar los beneficios del humus producido por Lombriz Californiana y reducir los daños medio ambientales que los fertilizantes químicos causan, a través de evaluar cualitativa y cuantitativamente al Humus producto de los 7 sustratos orgánicos en que trabajaron las lombrices; la producción de humus generada de estos sustratos. Además, de evaluar los efectos de fertilizar de manera Orgánica y Química en la producción de biomasa y en el rendimiento del cultivo indicador (rábano).

## CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

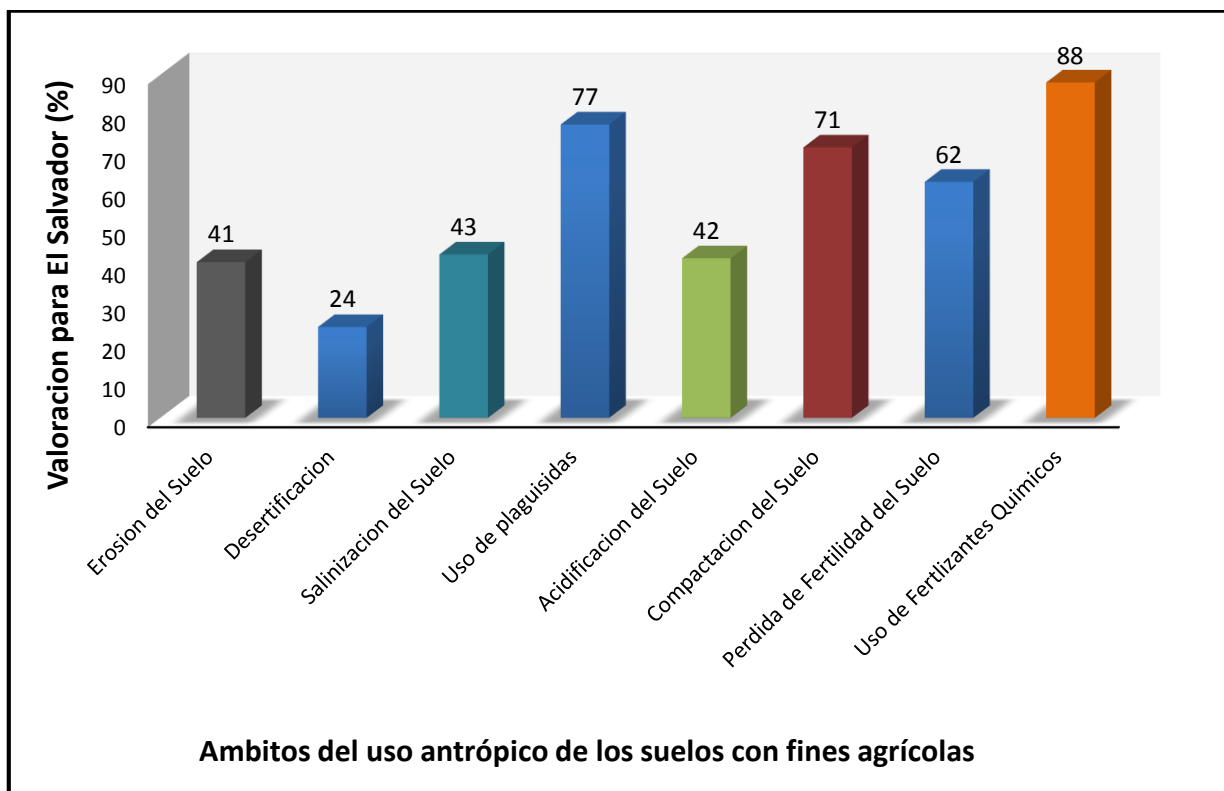
El Salvador presenta una crisis en materia medio ambiental debido a muchas causales, destacando que unas de las principales son las que están dentro del sector productivo agrícola, donde resaltan las altas tasas de fertilizantes químicos que se utilizan para obtener rendimientos aceptables en los cultivos, contaminándose así ciertos factores ambientales como el suelo, degradado en un 67% y el agua por la salinización (8%), lixiviación e infiltración de estos productos (15%); en el caso del aire cuando el fertilizante es eliminado por acción del viento de la superficie del suelo, antes de que este pudiera ser absorbido (volatilizándose en un 35%); sumado a esto la baja fertilidad de los suelos agrícolas (62%), (base estadística Grupo Fertica, CENTA-MAG, 2012).

Como resultado de la problemática antes mencionada, y contemplada también posiblemente como una consecuencia se encuentra la falta de fuentes alternas orgánicas o sustitutos de fertilización que aporten de manera equiparable las mismas cantidades de elementos nutricionales a los cultivos, y una balanza comercial negativa (excesiva adquisición) en la compra de fertilizantes químicos en el mercado internacional, no solo por parte de los entes distribuidores y comerciantes locales, sino que también por parte del estado a través de sus planes de apoyo al sector agropecuario.

Abonado a esto, de acuerdo al anuario estadístico agropecuario del Centro de Transferencia y Tecnología agropecuaria (2012), se cuenta con 699,385 Mz de cultivos, entre las cuales destacan maíz, frijol, arroz, sorgo, y hortalizas, los cuales requieren de 73,798.33 toneladas métricas (TM) en promedio de fertilizante para poder obtenerse una producción promedio estimada de 40, 116,485 qq de granos, (anuario estadístico agropecuario, CENTA-MAG, 2012).

Al respecto, los problemas directamente derivados de este uso antrópico de los suelos con fines agrícolas son actualmente muy severos; destacándose y estudiados de manera individual a: la erosión del suelo de manera marcada con un 41% a nivel nacional, la desertificación (24%), la salinización del suelo por uso de fertilizantes con un 43%, el uso de plaguicidas contaminantes (77%), la acidificación del suelo por uso de fertilizantes en un 42%, la compactación del

suelo (71%), la pérdida de fertilidad del suelo con un 62%, y el uso de fertilizantes químicos con un 88% a nivel nacional como los problemas más graves, trayendo como consecuencia la escasa productividad en los diferentes rubros agrícolas Salvadoreños (ilustración 1); obligando por ende a los agricultores a aplicar otras grandes cantidades de químicos (como fertilizantes granulados y foliares) con el fin de obtener rendimientos aceptables alimenticia y económicamente para cada ciclo productivo (plan de ordenamiento y desarrollo territorial, MARN, 2010).



**Ilustración 1.** Valoración Nacional Ambiental por ámbito del uso antrópico de los Suelos con fines agrícolas.

Debido a lo anterior; a la elevada necesidad de fertilizantes químicos para cultivar y producir, en el país los nutrientes con mayor demanda en el mercado son: nitrógeno, fosforo y potasio, los cuales se comercializan en formulas simples y compuestas, pero en cierta medida con altos costos, por ejemplo: desde octubre del año 2010 a diciembre de 2012, los fertilizantes han mostrado una tendencia al alza de aproximadamente un 30%; así, el saco de 69 kilogramos de Urea, uno de los más utilizados en los cultivos subió localmente de \$33 en el primer semestre de 2011 a \$41.50 en fechas recientes de este año (diciembre de 2012). Además,

también en el mercado internacional, los proveedores de este material (saco de 69 kilogramos de urea) indican que a inicios de febrero de 2012 ya se cotizaba entre \$340 a \$360 por tonelada, cuando a inicios de septiembre de 2011 costaba, el mismo volumen, cerca de \$278. (Base estadística Grupo Fertica S.A. de C.V, 2012); Dirección Nacional de Economía Agropecuaria, CENTA-MAG, 2012).

Por las formas comerciales de cultivar para producir, que demandan el uso excesivo de estas fórmulas químicas que contaminan el medio ambiente, se sabe que estas representan una factura en el mercado internacional para el país; cifras que ascienden a: por ejemplo, para el año 2009, los fertilizantes nitrogenados (N) \$41,108,239 USD equivalentes a un volumen de 192,217 TM, fertilizantes Fosfatados (P) \$569,508 USD (6,560 TM), fertilizantes potásicos (K) 6,670,620 USD (28,618 TM), (BCR, Súper intendencia de competencia, 2010).

Sumado a esto, solo para el año 2013 El Salvador ha gastado \$ 25.2 millones de dólares en la entrega de 375,000 paquetes agrícolas, dinero del cual más del 38% (\$ 9.8 millones) fue destinado para la adquisición del fertilizantes químicos que se entregan en dicho plan de gobierno.

En relación a lo anterior, de acuerdo al Área de información de precios de mercado, de la Dirección Nacional de Economía Agropecuaria, CENTA-MAG (2012), para el productor nacional esta inversión asciende, por ejemplo: Formula 15-15-15 sacos de 100 kgs. \$73.00; formula 16-16-0 saco de 100 kgs \$61.00; formula 16-20-0 saco de 100 kgs. \$60.00, Urea 46% "N" saco de 45 Kgs. \$48.00; resaltando que este mercado es disputado principalmente por dos grandes empresas distribuidoras como lo son: FERTICA en un 43% y DISAGRO en un 57%.

Por otra parte, según Ángel, T. (2008), en su estudio realizado manifiesta que El Salvador cuenta con más de 4,900 ha de producción orgánica; donde el proceso de certificación empezó en el año de 1992, destacando que los principales cultivos que están bajo este enfoque son: el café, marañón, entre otros; y los principales mercados potenciales de exportación son: Japón, Canadá, Estados Unidos, y Europa.

Por lo cual, el fomento a la producción orgánica como una alternativa de fertilización amigable al medio ambiente y equiparable nutricionalmente como si



fuera una fuente sintética, es parte fundamental de la estrategia de diversificación del sector agropecuario hacia cultivos de mayor valor económico y disminuir así la dependencia de los fertilizantes químicos que tanto contaminan; lo cual repercutirá en beneficios por un lado al reducir el impacto ambiental y por otro mejorara la calidad de vida de los productores Salvadoreños por los ingresos económicos obtenidos a través de los nuevos o mejores rendimientos de los cultivos, (Ángel, T., 2008; Agencia para el Desarrollo de Austria/IICA, 2009).

### **Enunciado del Problema**

¿El humus producido por Lombriz Californiana es mejor ambiental y nutricionalmente que una fuente fertilizante tradicional?

### **Sistematización del Problema**

1. ¿Cuál será la producción de humus por la lombriz californiana de los diferentes sustratos orgánicos?
2. ¿Cuál de los diferentes humus de los sustratos orgánicos tendrá el mejor valor nutricional (N, P, K, y Micronutrientes)?
3. ¿Cuál será el efecto de los fertilizantes (orgánicos y químico) en la producción de biomasa del cultivo rábano?
4. ¿Cuál será el efecto de los fertilizantes (orgánicos y químico) en los rendimientos del cultivo rábano?

## **CAPITULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **2.1. Efectos del uso de Fertilizantes en el Medio Ambiente**

#### **2.1.1. Contaminación por fertilizantes nitrogenados.**

##### **2.1.1.1. Impacto ambiental del exceso de fertilizantes nitrogenados**

El problema ambiental más importante relativo al ciclo del Nitrógeno (N), es la acumulación de nitratos en el subsuelo que, por lixiviación, pueden incorporarse a las aguas subterráneas o bien ser arrastrados hacia los cauces y reservorios superficiales. En estos medios, los nitratos también actúan de fertilizantes de la vegetación acuática, de tal manera que si se concentran, puede originarse la eutrofización del medio. En un medio eutrofizado, se produce la proliferación de especies como algas y otras plantas verdes que cubren la superficie. Esto trae como consecuencia un elevado consumo de oxígeno y su reducción en el medio acuático, así mismo dificulta la incidencia de la radiación solar por debajo de la superficie. Estos dos fenómenos producen una disminución de la capacidad auto-depuradora del medio y una merma en la capacidad fotosintética de los organismos acuáticos por ende pérdida de biodiversidad.

La cantidad de nitratos que se lixivian hacia el subsuelo depende del régimen de pluviosidad y del tipo del suelo. La mayoría de los suelos poseen abundantes partículas coloidales, tanto orgánicas como inorgánicas, cargadas negativamente, con lo que repelerán a los aniones, y como consecuencia, estos suelos lixiviarán con facilidad a los nitratos. Por el contrario, muchos suelos tropicales adquieren carga positiva y por tanto, manifiestan una fuerte retención para los nitratos. La textura del suelo es un factor importante en relación con la lixiviación; cuanto más fina sea la textura más capacidad de retención presentarán, (base estadística Grupo Fertica, CENTA-MAG, 2012; MARN, 2010).

Por otra parte, para una misma dosis de fertilizante nitrogenado, por ejemplo 200 Kg/ha, la lixiviación es mayor cuando el suelo presenta un drenaje más alto. Así mismo, podemos evaluar el exceso de "N" que se puede producir en función de la cantidad de "N" fertilizante aplicado y del drenaje del suelo, (base estadística Grupo Fertica, CENTA-MAG, 2012; MARN, 2010).

Aunque, el nitrógeno es uno de los principales contaminantes de las aguas subterráneas; es conocido que las plantas aprovechan únicamente un 50% del nitrógeno aportado en el abonado, esto supone que el exceso de nitrógeno se pierde, generalmente lavado del suelo por el agua que se filtra al subsuelo, siendo arrastrado hacia los acuíferos, ríos y embalses, contaminando, por tanto, las aguas destinadas a consumo humano. De hecho, en muchos trabajos de investigación se ha concluido que el principal factor responsable de la contaminación de las aguas subterráneas por nitratos es la agricultura.

Este fenómeno ha sido ampliamente estudiado en el Centro América, estimándose que, con las tasas de fertilización normalmente recomendadas en ese país, se producen pérdidas de 50-60 kg de nitrógeno por hectárea al año y, en algunos lugares, llegan a alcanzar 100 kg. También se señala que, en la misma área, del total de entradas de nitratos al acuífero, el 58% procede de las actividades agrícolas. En Castellón, España, en cultivos de cítricos, se llegan a perder hasta 250 kg, (base estadística Grupo Fertica, CENTA-MAG, 2012).

## **2.1.2. Contaminación por fertilizantes fosforados.**

### **2.1.2.1. Efectos secundarios de abonos fosfatados.**

Aportación de nutrientes, además del fósforo, como el azufre, calcio, magnesio, manganeso y otros; así como sustancias inútiles, desde el punto de vista de la fertilidad, sodio y sílice.

- a. Aportación de sustancias que mejoran la estructura: cal y yeso.
- b. Variación del pH del suelo.
- c. Inmovilización de metales pesados, (CENTA-MAG, 2012).

### **2.1.2.2. Impacto ambiental de los abonos fosfatados**

El problema ambiental de los fosfatos es, como el del N, la eutrofización de las aguas. Los fosfatos son la mayor fuente de contaminación de lagos y corrientes, y los altos niveles de fosfato promueven sobreproducción de algas y maleza acuática. Comoquiera que sea, muchos de nosotros tenemos falsas ideas en cuanto al origen de fosfatos contaminantes, y muchos dueños de casa, sin saberlo, contribuyen al problema. Cuando los fosfatos se aplican a la tierra, ellos

se adhieren a las partículas de la misma, tal y como sucede cuando los clips para papel se adhieren a un magneto, (CENTA-MAG, 2012).

### **2.1.3. Contaminación por fertilizantes potásicos.**

#### **2.1.3.1. Efectos secundarios de abonos potásicos.**

- a. Impureza en forma de aniones.
- b. Impureza en forma de cationes.
- c. Efecto salinizante, producido por las impurezas de los abonos potásicos, fundamentalmente los cloruros, (CENTA-MAG, 2012).

### **2.1.4. Contaminación por Fertilizantes Azufrados, Cálcidos y de Magnesio:**

#### **a. El magnesio.**

Los efectos secundarios de los abonos magnésicos, son de poca importancia. Se debe especialmente evitar que se apliquen grandes cantidades de  $MgCl_2$  a las plantas que presentan sensibilidad al cloro.

#### **b. El calcio.**

Se utiliza para enmiendas, para mejorar la estructura del suelo, más que como fertilizante y para elevar el pH.

#### **c. El azufre.**

Tiene varios efectos:

1. Efecto tóxico del  $SO_2$  sobre las plantas.
2. Efecto acidificante del  $SO_2$  en la lluvia ácida; con lo que se acidifica el suelo, debido fundamentalmente a la liberación de  $Al^{+++}$ .
3. Efectos sobre los suelos que son normalmente deficientes en S.
4. En algunas regiones una alternativa o fuente adicional de la acidez proviene de las minas de carbón y otros minerales que puedan dejar al descubierto cantidades significantes de pirita, que expuesta al aire se oxida y una consecuencia es la liberación de  $H_2SO_4$  en las vías fluviales, (CENTA-MAG, 2012).

## **2.2. Importancia de la lombricultura.**

En la actualidad la lombricultura ha tomado un auge como solución a los problemas de los residuos orgánicos, ocasionados por las diversas actividades

realizadas por el hombre. Las cuales generan toneladas de residuos orgánicos que la naturaleza por sí sola no puede degradar.

La acumulación diaria de desechos orgánicos ocasiona la aparición de focos de infección, contaminación de suelos y agua. La lombricultura se presenta como una alternativa de reciclaje, rápida y barata, (Fogar, y Col., 2007).

La lombricultura es una actividad agropecuaria que consiste en la crianza y manejo de lombrices de tierra para descomponer residuos orgánicos y transformarlos en humus.

La basura generada puede seleccionarse y utilizarse para la producción de humus por medio de la lombriz roja californiana (Eisenia foetida), el cual es un abono completamente orgánico que puede contribuir a reducir los costos de fertilizante en la producción agrícola.

La fuente proteica en la alimentación de animales domésticos puede ser a base de harina de lombriz ya que ésta tiene ausencia de olor y sabor lo cual la vuelve competitiva como la harina de pescado, tanto en calidad y precio debido a que presenta un alto porcentaje de proteína total (67.87%), (Castillo, T. 2005; Legall y Col., 2006; Putzulu, 2005).

## **2.3. Generalidades**

### **2.3.1. Historia**

En la antigüedad, la lombriz era conocida como el arado o intestino de la tierra; denominación dada por Aristóteles. En el antiguo Egipto, la reina Cleopatra la llamó animal sagrado, y se castigaba con pena máxima a las personas que trataban de sacarlas del reino a otros territorios.

Charles Darwin, en su última obra titulada “La formación de la tierra vegetal por la acción de las lombrices”, planteo la base para una serie de investigaciones que hoy han transformado la lombricultura en una actividad zootécnica muy importante que permite mejorar la producción agrícola, (Emison, 2006).

### 2.3.2. Origen

La lombriz roja californiana (Eisenia foetida) es conocida así por haberse descubierto sus propiedades benéficas en el ecosistema en el estado de California, EE.UU.; instalándose ahí los primeros criaderos (Giraldo, 2007).

### 2.3.3. Clasificación taxonómica

Darío Taiariol (2010), clasifica a la lombriz roja californiana de la siguiente manera:

**Reino** : Animal

**Sub-reino** : Metazoos

**Phylum** : Protostomia

**Tipo** : Anelida

**Clase** : Oligoqueta

**Orden** : Opistoporo

**Familia** : Lombricidae

**Género** : Eisenia

**Especie** : Foetida

### 2.3.4. Morfología, anatomía y fisiología

#### 2.3.4.1. Anatomía externa

Según Boolootian (2005), la forma de la lombriz es cilíndrica, su longitud varia de 15 a 30 cms y el diámetro oscila entre 3 a 25 mm. En todo su cuerpo tiene más de 100 segmentos que se distinguen con facilidad por los surcos que le rodean.

**Tabla 1.** Las características externas de la lombriz

<b>Características</b>	<b>Forma</b>	<b>Función</b>
Segmentos o metameros	Cilíndrica	Formar el cuerpo de la lombriz
Surcos intersegmentarios	Anular	Separar los segmentos
Peristómio	Cónica	Proteger la boca
Quetas o cerdas	Vellosidades muy pequeñas	Locomoción primaria
Clitelo	Anular	Secretar sustancias que forman los capullos, cocones y capsulas.

**Fuente:** Orantes Marinero, 1998.

#### **2.3.4.2. Anatomía interna**

a) Cutícula: Es una lámina muy delgada de color marrón brillante, quitinoso, fino y transparente; la cual contiene numerosos poros que permiten la segregación de las glándulas epidérmicas unicelulares que la traspasen.

b) Epidermis: Está situada debajo de la cutícula y es un epitelio simple con células glandulares que producen una secreción mucosa. Es la responsable de la formación de la cutícula y del mantenimiento de la humedad y flexibilidad de la misma.

c) Capas musculares: Son dos, una circular externa y otra longitudinal interna.

d) Peritoneo: Es la capa más interna y limita exteriormente con el celoma de la lombriz.

e) Celoma: Es una cavidad que contiene líquido celómico y se extiende a lo largo del animal dividido en segmentos por los septos, que corresponden a los surcos externos. Esta cavidad está llena de un líquido incoloro que fluye de un segmento a otro, cuando el cuerpo de la lombriz se contrae (Giraldo, 2007; Taiariol, 2010).

Para su desarrollo vital, la lombriz de tierra consta de los siguientes sistemas:

a. Sistema circulatorio:

La sangre de la lombriz de tierra está contenida en un sistema complicado de tubos y se extiende por todas las partes del cuerpo (Taiariol, 2010).

b. Sistema respiratorio:

Carece de aparato respiratorio pero no deja realizar esta función tan vital, ya que su desarrollo es aerobio, por lo que necesita imprescindiblemente del oxígeno, (Chinery, 2006; Helmans, 2007). Este sistema es primitivo, el intercambio gaseoso se realiza a través de la piel húmeda, obteniendo oxígeno y liberando dióxido de carbono; el oxígeno pasa a la sangre y se combina con la hemoglobina (Fuente Yagüe, 2008; Taiariol, 2010).

c. Sistema nervioso:

Consiste en un par de ganglios cerebrales que funcionan como cerebro y se encuentran inmediatamente arriba de la faringe (Orantes, 1998).

d. Sistema excretor:

La mayor parte de los productos de desecho salen del cuerpo por varios pares de tubos enroscados (nefridios) en cada segmento, excepto en los tres primeros y el último. Un nefridio es una estructura que filtra desechos de excreción como amoníaco, urea, sales y exceso de agua de los fluidos del celoma (Rivera, 2005).

e. Sistema digestivo:

El tracto digestivo pasa por el centro del cuerpo y lo conforman las siguientes partes: boca, faringe, esófago, buche, molleja, intestino y ano (Manual de Caficultura Orgánica, 2008; Taiariol, 2010).

Según Perla y Col., (2009), la lombriz ingiere el alimento a través de la faringe muscular y pasa por el estómago, que suele estar modificado para formar un buche de pared delgada donde se almacena el alimento, y una molleja muscular de pared gruesa, donde es molido el alimento con granos de arena que son ingeridos junto con el alimento. Los alimentos son digeridos químicamente y se absorben en un intestino largo y recto, finalmente los desechos salen de éste por el ano.



Al respecto, Putzulu (2005), menciona que la digestión del alimento es facilitada por una alta cantidad de enzimas (pepsina, tripsina y amilasa) que son secretadas por el tracto digestivo. Todas las materias que ingiere son transformadas y expulsadas a través del ano en forma de humus.

En el interior del intestino de la lombriz se dan procesos de fraccionamiento, desdoblamiento, síntesis y enriquecimiento enzimático y microbiano; esto tiene como consecuencia un significativo aumento en la velocidad de mineralización y degradación del residuo; dando como resultado un producto de alta calidad. Debido a esta transformación se reduce la pérdida de nutrientes (Nitrógeno, potasio, etc.), en comparación a otros sistemas tradicionales de compostaje (Emison, 2005).

#### **2.4. Hábitat**

Las lombrices de tierra constituyen la macro fauna del suelo, habitan en los primeros 50 cms, siendo muy susceptibles a cambios climáticos, es fotofóbica (los rayos solares la perjudican), por lo que salen a la superficie en horas nocturnas y cuando hay lluvias. El ambiente más favorable para éstas lo constituyen los suelos bien drenados y con gran cantidad de materia orgánica (Giraldo, 2007; Verdejo Vega, 2005; Ville, 2008).

#### **2.5. Reproducción y ciclo de vida**

Las lombrices son hermafroditas, es decir, están dotadas de órganos sexuales masculinos y femeninos; pero no le es posible la autofecundación, por lo que su cruzamiento o fecundación se da recíprocamente. El cruzamiento se da en forma invertida enlazando estrechamente sus cuerpos en las partes interesadas. El tiempo de apareamiento según Putzulu (2005), es de un cuarto de hora; pero Ville (2008), manifiesta que la copula es un proceso que requiere de una a dos horas.

De 4 a 10 días después de la copula, el clitelio secreta una sustancia muy densa de la que se formará una cápsula que contiene los huevos, ésta se deposita a una profundidad de 5 a 10 cms del suelo donde permanecerá de 2 a 3 semanas hasta la eclosión y que emerjan las lombrices, las cuales varían de 2 a

10 individuos juveniles que podrán reproducirse hasta los 3 ó 4 meses de edad cuando ya son adultas. Una lombriz vive aproximadamente 16 años (Booolootian, 2005; Emison, 2005; Oduber, 2007; Ville, y Col., 2006).

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

### **2.6.1. Humedad**

Oscila entre un rango del 73 al 85% para facilitar la ingestión del alimento y deslizamiento en el sustrato. El exceso de humedad origina empapamiento y falta de oxigenación. Según Legall y Col. (2006), las lombrices entran en un periodo de dominancia en humedades superiores al 85%, la cual afecta en la producción de lombríhumus y biomasa. De la misma manera, humedades inferiores del 73% son desfavorables para su desarrollo así como también humedades inferiores del 55% se vuelven letales.

### **2.6.2. Temperatura**

La temperatura óptima para el desarrollo de las lombrices oscila en un rango de 17 a 33 °C, (Giraldo, 2007).

### **2.6.3. PH**

Es neutro, con un valor de 7.0-8.5, (Giraldo, 2007).

### **2.6.4. Riego**

Se hace de acuerdo a las necesidades de humedad en el sustrato, siempre teniendo en cuenta los rangos de humedad requeridas de 73-85%, (Giraldo, 2007).

### **2.6.5. Aireación**

Es fundamental para la adecuada respiración y desarrollo de las lombrices; si ésta no es la adecuada, se reduce el consumo de alimento, el apareamiento y reproducción (Giraldo, 2007).

## 2.7. Tipos de lombrices

Las especies de lombrices de tierra conocidas se dividen en dos grandes grupos:

- a. Lombrices silvestres o comunes
- b. Lombrices domesticas (Ferruzzi, 2009; Fuente Yagüe, 2008).

La diferencia entre estas especies se manifiesta en la forma de crianza; ya que las lombrices domesticas son las únicas que se pueden producir en cautiverio. Por ejemplo la Eisenia foetida que se conoce como coqueta roja, llamada así por su color (Campos, y Col. 1997; Giraldo, 2007; Manual de Caficultura Orgánica, 2008).

### 2.7.1. Lombriz domestica (Eisenia foetida)

Del cruce de la lombriz de tierra (Lumbicus terrestris) y la lombriz mal oliente (Helodrilus foetidos) que vive en el estiércol y abono orgánico, resultó la Eisenia foetida (Campos y Col. 1997; Castillo, H. 2007).

Esta lombriz cuando es adulta mide de 5 a 6 cm, su diámetro oscila entre 3 a 5 mm, color rojo oscuro y pesa aproximadamente un gramo. Se alimenta de toda materia orgánica muerta sin ningún valor para el hombre y nunca hace daño a las plantas vivas (Campos y Col. 1997; Manual de Caficultura Orgánica, 2008; Villee, y Col, 2005).

La actividad sexual disminuye en los meses fríos y en los calurosos, es mayor en los meses templados. La lombriz roja no emigra de donde inicialmente se ha instalado, salvo en el caso que surjan condiciones muy desfavorables; no deposita sus deyecciones sobre la superficie del suelo evitándose la perdida de éste rico material por la acción del viento o el agua (Campos y Col., 1997; Fuente Yagüe, 2008).

## **2.7.2. Lombriz silvestre o común**

Tiene una longitud de 12 a 20 cm, habita en terrenos con un contenido de humedad del 40% cuya temperatura oscila entre 10 a 12 grados centígrados. Estas exigencias la incitan a vivir en galerías cuya profundidad puede superar los dos metros, ya que la mayor o menor profundidad en donde se desenvuelve depende de las condiciones del ambiente exterior (Fuente Yagüe, 2008; Manual de Caficultura Orgánica, 2008).

La lombriz común tiene una vida media de unos cuatro años, durante el tiempo frío queda aletargada, reinicia su actividad cuando llega la estación templada, es poco prolífera; deposita sus deyecciones sobre la superficie del terreno, con lo cual una parte de ellas puede ser dispersada por el viento y el agua lluvia o de riego (Giraldo, 2007; Perla y Col., 2009).

La lombriz común no es apta para ser explotada en cautiverio, su rendimiento en humus y en cama de lombriz es muy escaso debido a su poca prolificidad. Además requiere unas instalaciones muy costosas, pues este animal tiene una tendencia natural a abandonar el lugar donde inicialmente ha sido instalada (Campos y Col. 1997; Fuente Yagüe, 2008).

## **2.8. Sistemas de explotación**

### **2.8.1. Domestica**

Esta explotación puede realizarse en cualquier lugar apropiado de la vivienda, utilizando diferentes recipientes que sean sub-utilizados ya sean de madera, plástico, aluminio, llantas, etc., empleando de manera más adecuada la explotación en tolvas y en cajones.

### **2.8.2. Intensiva**

Se realiza con fines comerciales utilizando grandes dimensiones de terreno donde se elaboran los lechos, puede ser en galpones o al aire libre.

## **2.9. Alimentación**

Puede utilizarse cualquier residuo orgánico total o parcialmente descompuesto, evitando proporcionar alimento en estado de fermentación, ya que la temperatura en este proceso es elevada (75°C) y puede causar la muerte de las lombrices, por lo tanto, hay que tomar en cuenta que se den las condiciones siguientes:

Temperatura : 15-33°C

Humedad : 73-85%

PH : 7.0-8.5 (Giraldo, 2007; INFOAGRO, 2005).

### **2.9.1. Tipos de alimento**

Según Campos y Col. (1997), se debe tener en cuenta que la lombriz se alimenta con cualquier tipo de sustancia orgánica que haya superado su estado de calentamiento y posteriormente fermentación, estos se clasifican en diversos tipos:

#### **2.9.1.1 Estiércoles**

Son generalmente los alimentos más adecuados porque son ricos en materia orgánica y en vitaminas. Entre los estiércoles podemos mencionar el estiércol de bovino, equino, porcino, ovino, conejo y aves; de los cuales el más empleado y recomendado es el estiércol de bovino por su fácil obtención y su gran volumen de producción (Centro de Información y documentación Agropecuaria, 2010).

Los estiércoles procedentes de explotaciones intensivas de pollos, gallinas, pavos y otras aves domésticas en general no son aconsejables debido a su fuerte acidez ocasionada por el alto grado de amoníaco existente en dichas materias (Fuente Yagüe, 2008).

##### **2.9.1.1.1. Estiércol de Gallina (Gallinaza)**

Es muy rico en nitrógeno. No hay que abusar de la gallinaza en suelos muy calcáreos por su alto contenido en calcio. Puede mezclarse en las composteras para mejorar el mantillo, (Larde, 2007).

#### **2.9.1.1.2. Estiércol bovino**

No es tan rico nutricionalmente y el contenido de nitrógeno no es como los anteriores estiércoles, pero es ideal para los suelos húmedos y las tierras frías. Para las tierras secas y calcáreas se requieren grandes cantidades ya que es muy pobre en nitrógeno (Fuente Yagüe, 2008).

#### **2.9.1.1.3. Pulpa de café**

Debido a las grandes acumulaciones de pulpa que llegan a formarse en los beneficios, resulta evidente que la descomposición orgánica natural de la pulpa solo se lleva a cabo en el sustrato superficial, por lo que se ha llegado a considerar como necesaria para la realización de repetidos volteos y la ocupación prolongada de grandes áreas de terreno para extender la pulpa en camas de poca profundidad (20 a 40 cm), (Oduber, 2007).

#### **2.9.1.1.4. Desperdicios alimenticios (Verduras y frutas)**

Puede utilizarse cualquier tipo de basura doméstica siempre y cuando posea un contenido celuloso no menor de 20 del 25%, éstas pueden utilizarse preparadas o en estado bruto. Los desperdicios presentan un porcentaje de agua, de los cuales podemos mencionar algunos para la alimentación de las lombrices: hojas de lechuga, repollo, rábano, tallos de apio, cebolla, cáscaras de sandía, melón, mango, entre otros, (Oduber, 2007).

#### **2.9.1.1.5. Rastrojo de Maíz**

La producción en biomasa que genera un cultivo de maíz en grano (cañas, hojas, chalas, mazorcas), la composición de este residuo depende principalmente de la variedad, nivel de fertilización y tipo de cultivar (Basuare, 2006).

#### **2.9.1.1.6 Rastrojo de Frijol**

La producción de biomasa que genera un cultivo de frijol en tallos y vainas son muy ricos en contenido de nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, manganeso y azufre (Ripodas, 2011).

### 2.9.1.1.7. Bagazo de Caña de Azúcar

El bagazo de caña de azúcar consiste principalmente en humedad (49%), fibra (48%), y sólidos solubles (Azúcar: 2.3%). Los constituyentes principales de la fibra son celulosa, pentosana, y lignina, las cuales no se degradan fácilmente, también contiene azúcares celulósicos, sobre todo sacarosa que provee energía. Por otra parte, el contenido de nitrógeno total en el bagazo no es pobre. El nitrógeno está principalmente en forma orgánica, y junto con la proteína que se requiere para el crecimiento, (Oduber, 2007).

### 2.9.2. Suministro de alimento

A la semana o a los 15 días, se empieza a suministrar comida fresca previamente preparada con todas las recomendaciones, en capas de aproximadamente 10 cms; se debe procurar suministrar alimento bien balanceado. Cuando la cama está en fase de desarrollo, la cantidad de alimento suministrado y la producción de humus serán menores, durante esta fase se retiran las lombrices adultas, que son las que tienen mayor consumo, (Castillo, S, 2005).

## 2.10. Contenido nutricional de los sustratos

**Tabla 2.** Análisis nutricional de estiércol de bovino, gallinaza.

Tipo de Análisis	Ganado	Gallinaza
Nitrógeno total (%)	1.010	1.929
Potásio (%)	0.064	0.043
Potasio Expresado Como K <sub>2</sub> O (%)	0.077	0.052
Fósforo (%)	0.300	3.270
Fosforo Expresado Como P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	0.690	7.490
Humedad (%)	38.760	16.210

**Fuente:** PROCAFE, 2007

**Tabla 3.** Composición química de la pulpa de café.

<b>Elementos</b>	<b>Unidad</b>	<b>Contenido</b>
PH	-	7.13
Materia Orgánica	%	6.6
Fósforo	Ppm	79.09
Potasio	meq/100 g de suelo	4.87
Calcio	meq/100 g de suelo	21.5
Magnesio	meq/100 g de suelo	9.45
Aluminio	meq/100 g de suelo	0.01
Zinc	Ppm	27
Manganeso	Ppm	77
Hierro	Ppm	16
Cobre	Ppm	0.5

**Fuente:** Laboratorio de suelo IHCAFE, (Pineda, 2006)

**Tabla 4.** Características del Bagazo de Caña de Azúcar.

<b>Composición (%)</b>	<b>Humedad</b>	<b>Fibra</b>	<b>Sólidos Solubles (azúcar)</b>
	49	48	2.3

**Fuente:** Laboratorio de suelo IHCAFE, 2007. (Oduber, 2007).

## **2.11. Manejo de la explotación**

### **2.11.1. Alimentación**

Se utilizan capas delgadas de alimento (máximo 4 cms), para evitar el calentamiento de éste cuando se usa muy fresco, facilitar la aireación del cultivo, asegurar la transformación del material y mantener las lombrices alimentándose en la parte superior. Se ha observado que es posible estimular la reproducción, utilizando el cambio de alimentación con otros residuos que se tengan en la finca, como estiércol de diferentes especies animales (vacuno, porcino, equino y conejos) o residuos de otros cultivos.



### 2.11.2. Manejo de la vermicompostera.

**Tabla 5.** Modalidades para colocar el alimento en las Cunas.

<b>Paso</b>	<b>Capa por capa</b>	<b>Llenado de una vez</b>
1	Se coloca en el piso del lecho una capa de 5 cms de alimento.	Se llena completamente el lecho con el alimento.
2	Se coloca la población inicial de lombrices. Luego, se observan al menos dos veces por semana las actividades de las lombrices.	Se coloca la población inicial de lombrices. Luego, se observa al menos dos veces por semana las actividades de las lombrices.
3	Cuando se observan que el alimento está bastante descompuesto (2 a 4 semanas después) se agrega una nueva capa de alimento de 5 cms sobre la primera dejando sin cubrir el 20% del área para que las lombrices tengan sitio donde refugiarse en caso de problemas con el alimento.	Cuando el alimento en la parte superior está bastante descompuesto y contiene pocas lombrices se quita para dejar descubierta la situada más abajo que está menos descompuesta.
4	Se procede igualmente capa por capa hasta llenar el lecho.	El alimento removido se coloca en una bolsa, un saco o sobre un cedazo para que las lombrices que pueda contener pasen a lecho y no se pierdan. Se procede igualmente hasta que en el lecho quede una capa de 5 cm de material.
5	Se coloca el alimento nuevo en sacos o cedazo sobre el vermiabono del lecho para que las lombrices migren y puedan recuperarse.	Se saca el material del fondo con las lombrices y se colocan en un saco.
6	Se saca el vermiabono libre de lombrices y se comienza de nuevo a cargar el lecho capa por capa utilizando las lombrices recuperadas en el paso anterior.	Se llena de nuevo el lecho con alimento y se coloca encima el material con las lombrices recuperadas en el paso anterior.

**Fuente:** Larde, 2007.

### 2.11.3. Frecuencia y cantidad

Se pueden alimentar una o dos veces por semana, dependiendo la densidad de lombrices y el tipo de alimento. La cantidad de alimento está relacionada directamente con el consumo por parte de la lombriz, se han observado consumos equivalentes a la mitad del peso de lombrices por día. Es

recomendable llevar registros de la alimentación y del funcionamiento general del lombricultivo.

#### **2.11.4. Riego**

El alimento se prepara antes de llevarlo a las camas de lombrices, remojándolo si es necesario hasta que, estando totalmente humedecido, no drene. Esto corresponde aproximadamente a un rango del 50 al 85% de humedad. También se deben remojar las camas para conservar esta humedad. Este riego puede hacerse con agua limpia y dependiendo de las condiciones ambientales y del espesor de la capa de sustrato con lombrices (Dueñas, 2007).

### **2.12. Plagas y enfermedades**

#### **2.12.1 Plagas**

De las plagas que se dan en las lombrices se conocen cuatro de mayor importancia: pájaros, hormigas, planaria y ratones.

##### **2.12.1.1. Pájaros**

Estas aves pueden acabar poco a poco con un lombricero que se encuentre al aire libre, pero se pueden controlar fácilmente colocando una red sobre la cama de las lombrices (Emison, 2005; INFOAGRO, 2005).

##### **2.12.1.2. Hormigas**

Son un depredador natural de la lombriz y pueden acabar en poco tiempo el criadero no dejando una sola lombriz. La hormiga es atraída principalmente por el azúcar que la lombriz produce al momento de deslizarse por debajo del sustrato; llegando y atacando a las lombrices. Estas se pueden controlar sin necesidad de químicos, solamente con que la humedad se encuentre en un 80%. Si hay hormigas es porque la humedad se encuentra baja (Emison, 2006).

##### **2.12.1.3. Planaria**

Es un gusano que puede medir de 5 a 50 mm, color café oscuro, con rayas longitudinales de color café. Es la plaga que mayor importancia presenta dentro

de los criaderos de lombrices, ya que se adhiere a la lombriz por medio de una sustancia cerosa que el plantelminto produce, introduciendo en la lombriz un pequeño tubo de color blanco, succionándole todo el interior hasta matarla (Emison, 2005).

#### **2.12.1.4. Ratones**

Es otra plaga peligrosa para el cultivo de lombrices, se puede controlar al igual que las hormigas manteniendo la humedad alta o sea en un 80% (INFOAGRO, 2005).

#### **2.12.2. Enfermedades**

En cuanto a enfermedades, la lombriz es un animal que no transmite ni produce enfermedades. Pero existe un síndrome que las afecta y este es conocido como Gozzo Acido ó Síndrome proteico, este se da debido a que cuando se le suministran a la lombriz sustratos que son altos en proteína, son degradados por enzimas que la lombriz posee en su sistema digestivo, generando una alta producción de amonio. La lombriz presenta inflamaciones en todo el cuerpo debido a esta producción de amonio, muriendo a las pocas horas (Emison, 2006).

#### **2.13. Cosecha de lombriabono**

Existen diferentes métodos para cosechar el humus de un criadero.

1- Se coloca alimento solo por una de las orillas de la caja. Las lombrices buscaran el alimento y al cabo de unas tres semanas, se habrán juntado en esa orilla; de esta forma se puede recoger el abono sin sacar las lombrices.

2- Se coloca un cedazo sobre la tierra de la caja, el alimento se pone encima de éste, para que las lombrices se pasen al cedazo. Así unas tres semanas después se pueden apartar las lombrices para recoger el abono que ha quedado por debajo del cedazo (Legal y Col. 2006).

3- Se Retrasa un par de días la fecha de suministro de alimento y posteriormente se distribuye una capa uniforme de alimento de 5cms de espesor. Las lombrices

se desplazaran hacia donde se encuentra el alimento. Siete días después se retira la primera capa que estará llena de lombrices, repitiendo esta operación una o dos veces más, (Ferruzzi, 2009).

4- Colocar un pequeño montículo de alimento fresco a lo largo del criadero. Esto permite que las lombrices más hambrientas se concentren en grandes cantidades en el alimento fresco. Después de un par de días se puede retirar el montículo de alimento con las lombrices que contenga, de preferencia lombrices grandes y medianas. Este procedimiento se puede repetir unas tres veces para lograr separar todas las lombrices (Campos y Col. 1997).

#### **2.14. Características del lombriabono**

- a. Es de color negro, granulado, homogéneo y con olor agradable a mantillo de bosque.
- b. Contiene un elevado porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos.
- c. Posee una elevada carga microbiana.
- d. El excremento de la lombriz contiene 5 veces más nitrógeno, 7 veces más fósforo, 2 veces más potasio y 2 veces más calcio, que el material que ingirió.
- e. Tiene alta bio-estabilidad que evita su fermentación o putrefacción.
- f. Aumenta la solubilización de nutrientes haciéndolos inmediatamente asimilables por las raíces; además, favorece la absorción radicular.
- g. Tiene un PH neutro que lo hace sumamente confiable para ser usado con plantas delicadas.
- h. Tiene acción antibiótica que aumenta la resistencia a plagas y agentes patógenos, además que neutraliza eventuales presencias contaminadoras (herbicidas, ésteres fosfóricos). (Actividades Productivas no Tradicionales, 2010; Tineo, 2009).

#### **2.15. Ventajas del lombriabono**

- a. Presenta ácidos húmicos y fúlvicos debido a su estructura coloidal y granular, mejora las condiciones del suelo y puede fácilmente unirse al

- nivel básico del mismo; mejorando su estructura y aumentando su capacidad de retención de agua.
- b. Inocula grandes cantidades de microorganismos benéficos a sustratos que corresponden a los grandes grupos fisiológicos del suelo.
  - c. Favorece la acción antiparasitaria y protege a las plantas de las plagas.
  - d. Ofrece a las plantas una fertilización balanceada y sana.
  - e. Puede aplicarse en forma foliar sin que dañe la planta.
  - f. Desintoxica los suelos contaminados con productos químicos.
  - g. Incrementa la capacidad inmunológica y resistencia contra plagas y enfermedades de los cultivos.
  - h. Activa los procesos biológicos del suelo.
  - i. Tiene una adecuada relación carbono nitrógeno que lo diferencia de los abonos orgánicos, cuya elevada relación ejerce una influencia negativa en la disponibilidad del nitrógeno para las plantas.
  - j. Presenta humatos, fitohormonas y rizogenos que propician y aceleran la germinación de semillas, eliminando el impacto del transplante y estimulando el crecimiento de las planta; acortando los tiempos de producción.
  - k. Favorece la asimilación de los micronutrientes de la planta a través de las enzimas.
  - l. No existe peligro de sobredosis.
  - m. No tiene fecha de vencimiento, ya que a medida que pasa el tiempo es más asimilable (Tineo, 2009).

## **2.16. Beneficios del humus de lombriz californiana hacia el medio ambiente**

Este es un bioabono orgánico natural, donde la lombrices consumen material orgánico, y que generan una enmienda que abona muy eficazmente la tierra al poseer todos los elementos nutritivos esenciales. Está compuesto por una flora bacteriana riquísima, que permite la recuperación de sustancias nutritivas del terreno, la transformación de materias orgánicas y la eliminación de muchos contaminantes. Es neutro, por lo cual crea un medio desfavorable para la proliferación de ciertos parásitos. Es inodoro y aunque se dosifique en exceso, no quema a las plantas, aún las más jóvenes y delicadas, (Hernández, 2006).

El humus de lombriz californiana se encarga de controlar la salud y el metabolismo de las plantas de una manera orgánica y natural y también aumenta la calidad, fertilidad, y el contenido mineral del suelo. Nada semejante con los fertilizantes químicos, que destruyen los microorganismos beneficiosos para la tierra, y tarde o temprano la erosionan, a diferencia de éste fertilizante orgánico que constantemente le devuelve a la tierra los nutrientes y minerales necesarios para las plantas y frutos, (Carrera, 2006).

Los fertilizantes orgánicos como el humus de lombriz son opciones efectivas para combatir la erosión de los suelos, incrementar el rendimiento de las cosechas, evitar la contaminación de los mantos freáticos y satisfacer la demanda de abonos inocuos para una agricultura sustentable.

Entre otros beneficios ambientales de fertilizar con humus de lombriz, podemos mencionar los siguientes:

a. **Nivel físico**

1. Mejora la aireación y capacidad de retención de agua y nutrientes.
2. Mejora la capacidad de germinación de las semillas.
3. Reduce la erosión del suelo.
4. Mejora el manejo del suelo.

b. **Nivel químico**

1. Enriquece el suelo de sustancias orgánicas y minerales esenciales.
2. Promueve la asimilación de los nutrientes transformándolos en formas asimilables.
3. Conserva y eleva el contenido orgánico de los suelos.

c. **Nivel biológico:**

1. Incorporado en el trasplante, reduce el "shock" post-trasplante.
2. Favorece la formación de micorrizas (hongos beneficiosos al suelo).
3. Aumenta la flora microbiana beneficiosa.
4. Aumenta la resistencia de las plantas a plagas y enfermedades.

d. **Otros:**

1. Promueve un crecimiento más rápido de las plantas, y aumenta la producción de las cosechas.
2. Produce cosecha de calidad duradera, sin residuos tóxicos.
3. Los gusanos no producen ninguna toxina y no transmiten enfermedades.
4. Mejora la recarga de agua subterránea y reduce el agotamiento de la misma.
5. Reduce la salinización y la erosión del suelo.
6. Disminuye la contaminación, pues no necesita de productos químicos
7. Baja los riesgos de la pérdida de las cosechas debido ataques de parásitos.
8. Presentan hormonas que acelera la germinación de la semilla de ésta manera se elimina el impacto del trasplante, (Emison, 2006).

## **2.17. Abono Orgánico Fermentado (Bocashi)**

### **2.17.1. Generalidades.**

La elaboración del abono tipo Bocashi se basa en procesos de descomposición aeróbica de los residuos orgánicos y temperaturas controladas orgánicos a través de poblaciones de microorganismos existentes en los propios residuos, que en condiciones favorables producen un material parcialmente estable de lenta descomposición. La elaboración de este abono fermentado presenta algunas ventajas en comparación con otros abonos orgánicos:

- a. No se forman gases tóxicos ni malos olores.
- b. El volumen producido se puede adaptar a las necesidades.
- c. No causa problemas en el almacenamiento y transporte.
- d. Desactivación de agentes patogénicos, muchos de ellos perjudiciales en los cultivos como causantes de enfermedades.
- e. El producto se elabora en un periodo relativamente corto (dependiendo del ambiente en 12 a 24 días).
- f. El producto permite ser utilizado inmediatamente después de la preparación.
- g. Bajo costo de producción. (CENTA-MAG, 2010).

### 2.17.2. Proceso de elaboración de Bocashi

En el proceso de elaboración del Bocashi hay dos etapas bien definidas: La primera etapa es la fermentación de los componentes del abono cuando la temperatura puede alcanzar hasta 70-75 °C por el incremento de la actividad microbiana. Posteriormente, la temperatura del abono empieza a bajar por agotamiento o disminución de la fuente energética. La segunda etapa es el momento cuando el abono pasa a un proceso de estabilización y solamente sobresalen los materiales que presentan mayor dificultad para degradarse a corto plazo para luego llegar a su estado ideal para su inmediata utilización, (CENTA-MAG, 2010).

### 2.17.3. Principales factores a considerar en la elaboración de Bocashi.

1. **Temperatura.** Está en función del incremento de la actividad microbiana del abono, que comienza con la mezcla de los componentes. Después de 14 horas del haberse preparado el abono debe de presentar temperaturas superiores a 50°C.
2. **La humedad.** Determina las condiciones para el buen desarrollo de la actividad y reproducción microbiana durante el proceso de la fermentación cuando está fabricando el abono. Tanto la falta como el exceso de humedad son perjudiciales para la obtención final de un abono de calidad. La humedad óptima, para lograr la mayor eficiencia del proceso de fermentación del abono, oscila entre un 50 y 60 % del peso.
3. **La aireación.** Es la presencia de oxígeno dentro de la mezcla, necesaria para la fermentación aeróbica del abono. Se calcula que dentro de la mezcla debe existir una concentración de 6 a 10% de oxígeno. Si en caso de exceso de humedad los microporos presentan un estado anaeróbico, se perjudica la aeración y consecuentemente se obtiene un producto de mala calidad.
4. **El tamaño de las partículas de los ingredientes.** La reducción del tamaño de las partículas de los componentes del abono, presenta la ventaja de aumentar la superficie para la descomposición microbiana. Sin embargo, el exceso de partículas muy pequeñas puede llevar a una compactación, favoreciendo el desarrollo de un proceso anaeróbico, que es desfavorable para la obtención de un buen abono orgánico fermentado.



Cuando la mezcla tiene demasiado partículas pequeñas, se puede agregar relleno de paja o carbón vegetal.

5. **El pH.** El pH necesario para la elaboración del abono es de un 6 a 7.5. Los valores extremos perjudican la actividad microbológica en la descomposición de los materiales.
6. **Relación carbono-nitrógeno.** La relación ideal para la fabricación de un abono de rápida fermentación es de 25:35 una relación menor trae pérdidas considerables de nitrógeno por volatilización, en cambio una relación mayor alarga el proceso de fermentación. (CENTA-MAG, 2010).

#### **2.17.4. Ingredientes básicos en la elaboración de Bocashi.**

La composición del Bocashi puede variar considerablemente y se ajusta a las condiciones y materiales existentes en la comunidad o que cada productor dispone en su finca; es decir, no existe una receta o fórmula fija para su elaboración. Lo más importante es el entusiasmo, creatividad y la disponibilidad de tiempo por parte del fabricante. Entre los ingredientes que pueden formar parte de la composición del abono orgánico fermentado están los siguientes:

##### **a. La gallinaza**

La gallinaza es la principal fuente de nitrógeno en la elaboración del Bocashi. El aporte consiste en mejorar las características de la fertilidad del suelo con nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro. Dependiendo de su origen, puede aportar otros materiales orgánicos en mayor o menor cantidad. La mejor gallinaza es de cría de gallinas ponedoras bajo techo y con piso cubierto. La gallinaza de pollos de engorde presenta residuos de coccidiostáticos y antibióticos que interfieren en el proceso de fermentación. También pueden sustituirse o incorporarse otros estiércoles; de bovinos, cerdo, caballos y otros, dependiendo de las posibilidades en la comunidad o finca.

##### **b. La cascarilla de arroz**

La cascarilla de arroz mejora la estructura física del abono orgánico, facilitando la aireación, absorción de la humedad y la filtración de nutrientes en el suelo. También favorece el incremento de la actividad macro y microbológica del abono y de la tierra, y al mismo tiempo estimula el desarrollo uniforme y abundante del

sistema radical de las plantas. La cascarilla de arroz es una fuente rica en sílice, lo que confiere a los vegetales mayor resistencia contra el ataque de plagas insectiles y enfermedades. A largo plazo, se convierte en una constante fuente de humus. En la forma de cascarilla carbonizada, aporta principalmente fósforo y potasio, y al mismo tiempo ayuda a corregir la acidez de los suelos.

La cascarilla de arroz, puede alcanzar, en muchos casos, hasta una tercera parte del total de los componentes de los abonos orgánicos. En caso de no estar disponible, puede ser sustituida por la cascarilla de café, paja, abonos verde o residuos de cosecha de granos básicos u hortalizas.

#### **c. Afrecho de Arroz o Semolina**

Estas sustancias favorecen en alto grado la fermentación de los abonos y que es incrementada por el contenido de calorías que proporcionan a los microorganismos y por la presencia de vitaminas en el afrecho de arroz, el cual también es llamado en otros países pulidura y salvado. El afrecho aporta nitrógeno, fósforo, potasio calcio y magnesio. En caso de no disponer el afrecho de arroz, puede ser sustituido por concentrado para cerdos de engorde.

#### **d. El Carbón**

El carbón mejora las características físicas del suelo en cuanto a aireación, absorción de humedad y calor. Su alto grado de porosidad beneficia la actividad macro y microbiológica del abono y de la tierra; al mismo tiempo funciona como esponja con la capacidad de retener, filtrar y liberar gradualmente nutrientes útiles de la planta, disminuyendo la pérdida y el lavado de los mismos en el suelo.

Se recomienda que las partículas o pedazos del carbón sean uniformes de 1 y 2 cm de diámetro y largo respectivamente. Cuando se usa el Bocashi para la elaboración de almácigos, el carbón debe estar semipulverizado para permitir el llenado de las bandejas y un buen desarrollo de las raíces.

#### **e. Melaza de Caña**

La melaza es la principal fuente de energía de los microorganismos que participan en la fermentación del abono orgánico, favoreciendo la actividad microbiológica. La melaza es rica en potasio, calcio, magnesio y contiene micronutrientes, principalmente boro.

#### **f. Suelo**

El suelo es un componente que nunca debe faltar en la formulación de un abono orgánico fermentado. En algunos casos puede ocupar hasta la tercera

parte del volumen total del abono. Es el medio para iniciar el desarrollo de la actividad microbiológica del abono, también tiene la función de dar una mayor homogeneidad física al abono y distribuir su humedad.

Otra función de suelo es servir de esponja, por tener la capacidad de retener, filtrar y liberar gradualmente los nutrientes a las plantas de acuerdo a sus necesidades. El suelo, dependiendo de su origen, puede variar en el tamaño de partículas, composición química de nutrientes e inoculación de microorganismos. Las partículas grandes del suelo como piedras, terrones y pedazos de palos deben ser eliminados. El suelo debe obtenerse a una profundidad no mayor de 30cm, en las orillas de las labranzas y calles internas.

#### **g. Cal Agrícola**

La función principal de la cal es regular el nivel de acidez durante todo el proceso de fermentación, cuando se elabora el abono orgánico. Dependiendo del origen, puede contribuir con otros minerales útiles de la planta. La cal puede ser aplicada al tercer día después de haber iniciado la fermentación.

#### **h. Agua**

El efecto del agua es crear las condiciones favorables para el desarrollo de la actividad y reproducción microbiológica durante el proceso de la fermentación. También tiene la propiedad de homogeneizar la humedad de todos los ingredientes que componen el abono. Tanto el exceso como la falta de humedad son perjudiciales para la obtención de un buen abono orgánico fermentado. La humedad ideal, se logra gradualmente agregando cuidadosamente el agua a la mezcla de los ingredientes.

La forma más práctica de probar el contenido de humedad, es a través de la prueba del puñado, la cual consiste en tomar con la mano una cantidad de la mezcla y apretarla. No deberán salir gotas de agua de los dedos pero se deberá formar un terrón quebradizo en la mano. Cuando tenga un exceso de humedad, lo más recomendable es aumentar la cantidad de cascarilla de arroz o de café a la mezcla. El agua se utiliza una vez el agua en la preparación de abono fermentado tipo Bocashi, no es necesario utilizarla en las demás etapas del proceso, (CENTA-MAG, 2010).

### **2.17.5. Preparación de Bocashi**

Después de haber determinado la cantidad de abono orgánico fermentado a fabricar y los ingredientes necesarios, estén presentes se procede de la siguiente manera:

1. Los ingredientes se colocan ordenadamente en capas tipo pastel.
2. La mezcla de los ingredientes se hace en seco en forma desordenada.
3. Los ingredientes se subdividen en partes iguales, obteniendo dos o tres montones para facilitar su mezcla. En los tres casos el agua se agrega a la mezcla hasta conseguir la humedad recomendada. Al final en cualquiera de los casos la mezcla quedará uniforme.

### **2.17.6. Utilización del abono orgánico fermentado.**

La utilización del abono orgánico fermentado no se rige por recetas, sino por las necesidades del agricultor en la finca. Se sugiere algunos usos:

1. Para la preparación de sustratos en invernadero, sea para el relleno de bandejas o para almácigos en el suelo. Se utiliza de un 10 a 40% de abono orgánico fermentado, de preferencia abonos que tengan de 1 a 3 meses de añejado, en mezclas con suelo seleccionado.
2. Aplicación a plantas de recién trasplante:
  - a. Aplicación en la base del hoyo donde se coloca la planta en el trasplante, cubriendo el abono con un poco de suelo para que la raíz no entre en contacto directo con el abono, ya que el mismo podría quemarla y no dejarla desarrollar en forma normal.
  - b. Aplicación a los lados de la plántula. Este sistema se recomienda en cultivos de hortalizas ya establecidos y sirve para abonadas de mantenimiento en los cultivos. Al mismo tiempo estimula el rápido crecimiento del sistema radical hacia los lados.
  - c. El abono debe taparse con suelo, aprovechando para ello el aporque. Así se evitan pérdidas por lavado debido a lluvias o riego. (CENTA-MAG, 2010).

### **2.17.7. Cantidad de Bocashi a ser aplicado en los cultivos.**

La cantidad de abono a ser aplicado en los cultivos está condicionada principalmente por varios factores; por ejemplo la fertilidad original del suelo, en

clima y la exigencia nutricional del cultivo. Para establecer una recomendación es necesario realizar validaciones para que cada agricultor determine sus dosificaciones individuales.

**Tabla 6.** Contenido nutricional de Bocashi.

<b>Elemento</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Nitrógeno	(%)	1.18
Fósforo	(%)	0.70
Potasio	(%)	0.50
Calcio	(%)	2.05
Hierro	(mg/lit)	2,312
Manganeso	(mg/lit)	506
Zinc	(mg/lit)	78
Cobre	(mg/lit)	33
Boro	(mg/lit)	14

**Fuente:** Rodríguez y Col., 2010.

Sin embargo, existen recomendaciones que establecen aporte de 30 gr, para hortalizas de hoja, 80 gr, para hortalizas de tubérculos o de cabezas como coliflor, brócoli y repollo, y hasta 100 gr, para tomate y chile dulce. No obstante, algunos productores de tomate y chile dulce han usado hasta 450 gr. Fraccionado en tres partes durante el ciclo de desarrollo del cultivo. En todos los casos, el abono orgánico, una vez aplicado, debe cubrirse con suelo para que no se pierda el efecto.

El abono orgánico fermentado, también puede ser aplicado en forma líquida, produciendo buenos resultados en corto tiempo. La preparación se hace colocando 20 libras de abono orgánico fermentado mezclados con 20 libras de gallinaza dentro de un saco en 100 litros de agua, luego se le agrega 2 litros de leche y 2 litros de melaza y se fermenta por 5 días. La solución crecimiento, en dosis de 0.5 a 1.0 litros por bomba de mochila de 4 gl de agua, (Martínez, C. 2010; Martínez y col., 2004).

## **2.18. Cultivo de rábano**

### **2.18.1. Origen**

El origen de los rábanos no se ha determinado de forma concluyente; aunque parece ser que las variedades de rábanos de pequeño tamaño se originaron en la región mediterránea, mientras que los grandes rábanos pudieron originarse en Japón o China.

En inscripciones encontradas en pirámides egipcias, datadas 2,000 años A.C.; ya se hacía referencia a su uso culinario. (ISITESCAM, 2011.)

### **2.18.2. Taxonomía y morfología**

- ✓ Familia: Cruciferae.
- ✓ Nombre científico: *Raphanus sativus*.
- ✓ Planta: anual o bienal. (ISITESCAM, 2011.)

#### **2.18.2.1 Sistema radicular**

Raíz gruesa, carnosa, muy variable en cuanto a la forma y al tamaño, de piel roja, rosada, blanca, pardo-oscura o manchada de diversos colores.

#### **2.18.2.2 Tallo**

Breve antes de la floración, con una roseta de hojas. Posteriormente, cuando florece la planta, se alarga alcanzando una altura de 0.50 a 1 m, de color glauco y algo pubescente.

#### **2.18.2.3 Hojas**

Basales, pecioladas, glabras o con unos pocos pelos hirsutos, de lámina lobulada o pinnatipartida, con 1-3 pares de segmentos laterales de borde irregularmente dentado; el segmento terminal es orbicular y más grande que los laterales; hojas caulinas escasas, pequeñas, oblongas, glaucas, algo pubescentes, menos lobuladas y dentadas que las basales.

#### **2.18.2.4 Flores**

Dispuestas sobre pedicelos delgados, ascendentes, en racimos grandes y abiertos; sépalos erguidos; pétalos casi siempre blancos, a veces rosados o amarillentos, con nervios violáceos o púrpura; 6 estambres libres; estilo delgado con un estigma ligeramente lobulado.

#### **2.18.2.5 Fruto**

Silícula de 3-10 cm de longitud, esponjoso, indehiscente, con un pico largo. Semillas globosas o casi globosas, rosadas o castaño-claras, con un tinte amarillento; cada fruto contiene de 1 a 10 semillas incluidas en un tejido esponjoso.

#### **2.18.3. Requerimientos edafo-climáticos**

Prefiere los climas templados, teniendo en cuenta que hay que proteger al cultivo durante las épocas de elevadas temperaturas. El ciclo del cultivo depende de las condiciones climáticas, pudiendo encontrar desde 20 días a más de 70 días. La helada se produce a -2°C. El desarrollo vegetativo tiene lugar entre los 6°C y los 30°C, el óptimo se encuentra entre 18-22°C. La temperatura óptima de germinación está entre 20-25°C. Se adapta a cualquier tipo de suelo, aunque prefiere los suelos profundos, arcillosos y neutros. El pH debe oscilar entre 5,5 y 6,8. No tolera la salinidad, (ISITESCAM, 2011).

#### **2.18.4. Material vegetal**

Las variedades se clasifican según el tamaño y la forma de la raíz (parte comestible) en:

1. Variedades de raíces pequeñas: (rabanitos) (Raphanus sativus L. var. radícula): es muy adecuado para su envasado en conos y en bolsas.
2. Raíces globulares: Redondo rosado punta blanca (la más difundida), Redondo escarlata.
3. Raíces oblongas: Medio largo rosado, Medio largo rosado de punta blanca, (ISITESCAM, 2011).

## **2.18.5. Particularidades del cultivo**

### **2.18.5.1. Preparación del terreno**

En primer lugar se realiza una labor profunda con volteo de la tierra (vertedera), siguiendo con una grada de disco y la aportación del abonado de fondo. A continuación se hacen caballones (acaballadora) preparando unas bancadas de aproximadamente 1,80 m de ancho.

### **2.18.5.2. Siembra**

La semilla conservada en buenas condiciones mantiene su viabilidad durante seis años. Se siembra de asiento, preferentemente en otoño, primavera e invierno. La semilla de rabanito generalmente se esparce a voleo a razón de 12 kg de semilla por hectárea. En cambio, los rábanos se suelen sembrar en líneas a 50 cm, empleando unos 8 kg por hectárea.

Cuando se cultivan rabanitos es frecuente que, dado su rápido crecimiento, se hagan asociaciones, intercalando otras hortalizas de ciclo más largo, tales como zanahoria, remolacha, entre otros.

### **2.18.5.3. Labores**

Se realizarán 1 ó 2 escardas y un ligero aporcado si las plantas están en línea. A los 15 ó 20 días de la siembra es conveniente aclarar las plantas, dejando los rabanitos distanciados a 5 cm y los rábanos a 10 cm.

### **2.18.5.4. Abonado**

A modo orientativo se indican las siguientes dosis de abonado por hectárea: estiércol (30 T, preferiblemente aportadas 6 meses antes), nitrosulfato amónico (1500 kg), superfosfato de cal (400 kg), sulfato potásico (250 kg).

Es una planta exigente en boro, por lo que puede ser conveniente la adición de bórax en el abonado de fondo en dosis moderadas (menos de 15 kg/ha). Se suele utilizar riego por aspersión, en el que se puede aportar abonado de cobertera, por ejemplo un compuesto líquido 4-8-12, (ISITESCAM, 2011).



## 2.18.6. Plagas y enfermedades

### 2.18.6.1. Plagas

#### a) Oruga de la col (Pieris brassicae)

Son mariposas blancas con manchas negras, aunque los daños los provocan las larvas.

#### ✓ Control

El tratamiento debe realizarse al eclosionar los huevos, las materias activas recomendadas son:

- Clorpirifos 25%, presentado como polvo mojable, con dosis de 0.30-0.40%.
- Lambda Cihalotrin 2.5%, presentado como granulado dispersable en agua, con dosis de 0.40-0.50%.

#### b) Pulgones (Aphis gossypii y Myzus persicae)

No solo producen daños debido a que chupan la savia de las plantas, sino que además producen un líquido azucarado que taponan los estomas de las plantas favoreciendo el crecimiento de ciertos hongos. Además son transmisores de diversas enfermedades producidas por virus.

#### ✓ Control

Se aplicará Lambda Cihalotrin 2.5%, presentado como granulado dispersable en agua, con dosis de 0.40-0.50%.

#### c) Rosquilla negra (Spodoptera littoralis)

Pueden cortar las plántulas de rábano o rabanito en los primeros estados de desarrollo y cortar además las hojas.

#### ✓ Control

Se recomienda aplicar:

1. Clorpirifos 25%, presentado como polvo mojable, con dosis de 0.30-0.40%.
2. Clorpirifos 75%, presentado como granulado dispersable en agua, con dosis de 0.10-0.30%.

#### **2.18.6.2. Enfermedades**

##### d) Mildiu velloso (*Peronospora parasitica*)

Es una enfermedad común durante los meses primaverales. Se presenta en forma de pequeñas manchas amarillas sobre las hojas. Posteriormente, transcurrido un periodo de tiempo estas manchas viran a marrón oscuro, terminando por secarlas totalmente.

##### ✓ Control

Rotación de cultivos son interesantes las pulverizaciones foliares con urea, especialmente en tiempo cálido, a fin de evitar la subida a flor y lograr mejor cosecha.

#### **2.18.7. Fisiopatías**

- a) Ahuecado o acorchado: es debido a la sobre maduración.
- b) Textura dura y fibrosa: es ocasionada por cultivar en suelos demasiado ligeros o déficit hídrico.
- c) Sabor picante: provocado por un exceso de calor durante el cultivo.
- d) Raíces laterales: debido a un riego excesivo en el periodo cercano a la madurez.

#### **2.18.8. Recolección**

En verano, la recolección de las raíces pequeñas se realiza a los 45 días, las medianas unos 10 días después y las grandes a los 70-80 días. Durante la estación invernal, se pueden dejar las plantas cierto tiempo sin recolectar desde el momento óptimo para la cosecha, pero si se prolonga demasiado las raíces adquieren un tamaño excesivo, y si llueve se rajan y después se ahuecan. En verano es necesario cosechar de inmediato, ya que se ahuecan rápidamente, especialmente las variedades tempranas.

En pequeñas parcelas la recolección suele realizarse de forma manual, lo que resulta muy costoso. En el caso de extensiones importantes y fincas llanas debe emplearse la recolección mecanizada. En terrenos excesivamente arcillosos este tipo de recolección encuentra cierta dificultad.

#### **2.18.9. Comercialización**

Existen dos formas de comercialización: en manojos con hojas; y limpios, es decir, sin hojas ni raíces. Los rábanos y rabanitos se transportan a las unidades de procesado en contenedores de plástico o remolques.

En primer lugar son sometidos a un prelavado con agua para eliminar la tierra y otras impurezas, consiguiendo una limpieza total gracias a un sistema de lavado posterior con la impulsión de aire en agua.

Posteriormente se deslizan de forma rotativa de manera que las hojas queden atrapadas entre dos rodillos y son eliminadas. Los rábanos defectuosos se separan en la cinta de rodillos. Las raíces son cortadas con ayuda de unas cuchillas.

Finalmente se procede al calibrado. El agua es necesaria en todo el proceso para evitar deterioros. Se conservan entre 2 y 5°C y una humedad relativa entre el 90 y 96%, (ISITESCAM, 2011).

#### **2.19. Requerimientos nutricionales del cultivo de rábano.**

**Tabla 7.** Requerimientos nutricionales del cultivo en kilogramos/ hectárea (ha).

<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>
80	120	80

**Fuente:** USDA, 2011.

Debido a que el cultivo es de ciclo corto, este cultivo necesita de elementos nutritivos fácilmente asimilable ya que son muy sensibles a la falta de N-P-K y boro.

## 2.20. Estudios realizados

Entre algunos estudios previos relacionados con la determinación de: a) valores químicos y nutricionales de Humus producido por Lombriz Roja Californiana (Eisenia foetida) en diferentes sustratos; b) evaluación de fuentes de fertilización orgánica (Bocashi, lombrihumus contra formula química 15-15-15), se detallan a continuación:

### 2.20.1. Evaluación cuantitativa y cualitativa de abono orgánico producido através de la lombriz roja californiana (Eisenia foetida) utilizando cuatro diferentes sustratos.

Según Gonzales y Col. (2007), con el objeto de evaluar cuantitativa y cualitativamente lombriono y la calidad nutricional del mismo (porcentaje de Nitrógeno, Fósforo y Potasio), producido por lombriz roja de california en cuatro sustratos: Estiércol bovino (T1), Pulpa de café (T2), Desperdicios de frutas y verduras (T3) y Cachaza de caña de azúcar (T4); se obtuvo que: en la variable cantidad de lombriono producido fue el estiércol bovino (T1) el que resulto con la mayor cantidad de abono (141.5 lbs) en promedio, seguido por la pulpa de café (119.0 lbs), cachaza de caña de azúcar (88.25 lbs) y por último los desperdicios de frutas y verduras (37.25 lbs).

En cuanto al porcentaje de nitrógeno fue en la pulpa de café donde se obtuvo el mayor porcentaje con un promedio de 3.0450%, seguido del estiércol bovino (2.0115%), cachaza de caña de azúcar (1.8534%) y desperdicios de frutas y verduras (1.4825%). El sustrato que obtuvo el más alto porcentaje de fosforo fue la pulpa de café con un promedio de 0.29005%, le sigue la cachaza de caña de azúcar (0.2529%), desperdicios de frutas y verduras (0.2477%) y el estiércol bovino (0.2385%). Respecto al porcentaje de potasio también fue la pulpa la que presentó el mayor porcentaje de 8.4325%, desperdicios de frutas y verduras (5.3000%), cachaza de caña de azúcar (2.2425%) y el estiércol bovino (1.9875%).

Realizando el análisis económico se determinó la utilidad neta y la relación beneficio-costo de cada uno de los tratamientos siendo el mayor la cachaza de caña con \$ 2027.51 (b/c \$6.11), estiércol bovino \$ 1705.63 (b/c \$ 5.15), pulpa de

café \$ 1496.23 (b/c \$ 4.44) y desperdicios de frutas y verduras \$ 802.23 (b/c \$ 2.30).

### 2.20.2. Respuesta de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) frente a diferentes alimentos.

**Tabla 8.** Comparación de cachaza de caña y estiércol bovino en diferentes niveles.

Sustratos	Porcentajes
Estiércol bovino	100
Cachaza de caña	100
Estiércol y Cachaza	50 y 50 (1:1),
Estiércol y Cachaza	33 y 67 (1:2)
Estiércol y Cachaza	67 y 33 (2:1).

**Fuente:** Fogar y Col., 2007.

Habiéndose evaluando las siguientes variables: aumento de la biomasa, presencia de ootecas (huevos), distribución de las lombrices en el sustrato al momento de la cosecha, aspecto general de las lombrices. Se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 9.** Promedio de biomasa de lombrices frente a diferentes alimentos.

Tratamiento	Promedio	Significancia
2:1	45.17	A
1:1	43.83	A
1:2	40.00	A
Estiércol	40.83	A
Cachaza	2.53	B

**Fuente:** Fogar y Col., 2007.

En los resultados obtenidos de los diferentes tratamientos, a excepción de la cachaza al 100%, se observa una duplicación en la biomasa total; esto como efecto del aumento en tamaño de las lombrices.

El análisis estadístico de los tratamientos permite observar que las diferencias son no significativas entre los tratamientos 1:2, 1:1, 2:1 y estiércol; pero se encontró una diferencia altamente significativa entre la cachaza y el resto de tratamientos. Esta diferencia se debe al alto contenido de amonio en la cachaza lo que produjo una fuga de lombrices.

### 2.20.3. Evaluación de tres sustratos en la reproducción de la lombriz de tierra (Eisenia foetida) y la producción de vermiabono.

En el estudio realizado por Orantes Marinero (1998), se evaluó la reproducción de la lombriz y la producción de vermiabono con los sustratos siguientes: cachaza de caña de azúcar (T1), estiércol bovino (T2) y pulpa de café (T3).

a) Reproducción de la lombriz: el control de las diferentes fases de crecimiento de la lombriz se llevó a cabo en los microlechos a través de la realización de muestras programadas cada 7 días a partir de la inoculación.

**Tabla 10.** Medias por tratamientos obtenidas en las muestras realizadas en cada sustrato en los microlechos.

Tratamiento	Medias	Cantidad de lombrices
T1: Cachaza	379**	501.5
T2: Estiércol	279*	230.1
T3: Pulpa	77	13.8

**Fuente:** Orantes Marinero, 1998.

Se puede observar en el cuadro anterior, que hubo diferencia significativa entre los tres tratamientos para la producción de cocones, presentando mejores condiciones la cachaza de caña (T1) con una media de 379 cocones por muestreo, seguido por el estiércol bovino con un valor de 279 cocones por muestreo, igual comportamiento tuvo la variable población de lombrices en los microlechos, ya que el T1 propicio las mejores condiciones para la multiplicación y desarrollo de la población con un valor de 501.5 lombrices por muestreo, seguida por el T2 con 230.1 lombrices y el T3 con 13.8 lombrices. Se puede observar que

entre los tratamientos T1 y T2 no hubo diferencias significativas pero el T3 si es altamente significativo con el resto de tratamientos.

b) Producción de vermiabono:

**Tabla 11.** Peso total en libras del vermiabono producido por la lombriz de tierra en cada uno de los sustratos.

Tratamiento	Peso del vermiabono (lbs.)	Medias (lbs.)
T1: Cachaza	35.29	7.06
T2: Estiércol	22.73	4.55
T3: Pulpa	24.30	4.86

**Fuente:** Orantes Marinero, 1998.

Para la variable peso del vermiabono, no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos, aunque hubo cierta tendencia de la cachaza de caña de azúcar a presentarse como el mejor tratamiento con una media de 7.06 libras por lecho, seguido por la pulpa de café con media de 4.86 libras por lecho y el estiércol bovino con una media de 4.55 libras por lecho.

Esta diferencia se fundamenta en el contenido nutricional y la textura de los distintos alimentos utilizados, pues la cachaza de la caña de azúcar es un desecho que ha perdido la mayor parte de su contenido proteico, debido a esto la lombriz sólo digiere el 12% de sustrato y el resto es transformado a vermiabono.

En relación al estiércol bovino sucede lo contrario, pues al ser un material que contiene una gran cantidad de proteína, permite que la lombriz digiera gran cantidad del contenido nutricional de éste sustrato y transforma en vermiabono el 50% del alimento.

c) Relación del peso del vermiabono y la población final de lombrices en los lechos: En términos generales, la población de lombrices y la producción de vermiabono fueron inversamente proporcionales. En consecuencia, el tratamiento (T1) que corresponde a la cachaza de caña de azúcar, mostró un numero de lombrices bajo (5,122), que produjo una mayor cantidad de vermiabono (35.29 lbs), el estiércol bovino (T2) con una población alta (14,071), produjo una cantidad

menor de vermiabono (22.73 lbs) y la pulpa de café (T3) con una cantidad de individuos de 4,036 y transformó 24.30 lbs de vermiabono.

El establecimiento de alimento para el desarrollo completo de la fase de campo en los lechos, permitió que la lombriz no fuera perturbada en su producción de vermiabono en los distintos tratamientos perfilando de esta manera a la cachaza de caña de azúcar (T1) como el sustrato con mayor producción de vermiabono (35.29 lbs), el estiércol bovino (T2) como el alimento donde la lombriz se multiplicó en mayor número (14,071 lombrices por tratamiento) y la pulpa de café como el tratamiento de mayor calidad química.

d) Análisis químico del vermiabono: Al evaluar químicamente el vermiabono producido en cada uno de los tratamientos producido con respecto al contenido de Nitrógeno (N), se observó en cada uno de los sustratos un valor mayor de 35 p.p.m. con respecto al Fosforo (P) los resultados mostraron una mayor eficiencia en lo que se refiere a la cantidad de Fosforo producido en el vermiabono a partir de la pulpa de café con un valor de 1500 p.p.m. En cuanto al contenido de Potasio (K), el mayor rendimiento lo encontramos en la cachaza de caña con un valor de 820 p.p.m.

**Tabla 12.** Análisis químico de tratamiento en vermiabono.

Tratamientos	N (p.p.m.)	P (p.p.m.)	K (p.p.m.)
T1: Cachaza	> 35	1337.5	820
T2: Estiércol	> 35	1437.5	3.875
T3: Pulpa	> 35	1500	16

**Fuente:** Orantes Marinero, 1998.

#### **2.20.4. Uso de sustratos alimenticios en el desarrollo reproductivo y cantidad proteica de la lombriz de tierra (Eisenia foetida).**

De acuerdo a Campos y Col., (1997), realizando estudios con diferentes sustratos alimenticios; se analizaron las siguientes variables: el aumento reproductivo de las lombrices y cantidad de proteínas de éstas en cada uno de los tratamientos; obteniendo:



a) Aumento reproductivo: En un periodo de cuatro meses, en algunos tratamientos con la lombriz roja californiana se obtuvieron más de 3000 lombrices, incrementándose 12 veces la población inicial de 250; debido a que las lombrices pueden aparearse cada 7 días y cada capullo produce de entre 2 a 20 lombrices, dependiendo de la calidad del sustrato alimenticio en que éstas se desarrollan. Tal es el caso del estiércol bovino (T1), pulpa de café (T2) y la cáscara de plátano (T3); los cuales fueron los tratamientos más consumidos y que presentaron las poblaciones más altas de lombrices. El bagazo de caña (T4) y gallinaza (T5) fueron los tratamientos menos consumidos y con poblaciones considerablemente más bajas de lombrices en comparación con los tratamientos (T1, T2 y T3).

En el caso del bagazo de caña, este resultado se debe a un mayor contenido de fibra 42.8% y en la gallinaza es por el largo periodo de fermentación de 12 a 18 meses que provoca pérdida de elementos necesarios para la reproducción, también por el contenido de fibra al estar mezclada con granza de arroz. En el siguiente cuadro se presentan los resultados de la cantidad de lombrices por tratamiento.

**Tabla 13.** Cantidad de lombrices de tierra (Eisenia foetida) por tratamiento.

Tratamientos	R1	R2	R3	R4	Total	Medias
T1: Estiércol	3162	2873	3236	3272	12543	3135.75
T2: Pulpa café	3102	2526	2500	2482	10215	2552.75
T3: Cas. Plátano	3698	2491	2981	3050	11220	2805.00
T4: Bagazo caña	638	698	880	730	2946	736.50
T5: Gallinaza	894	1010	1012	1268	4184	1046.00

**Fuente:** Campos y Col., 1997.

b) Cantidad de proteínas: Se determinó por medio del análisis bromatológico, para el cual se tomó una muestra de 12 grs. de la cantidad total de las lombrices de cada tratamiento al final del ensayo, resultando el T1 con una mayor cantidad de proteína pero sin existir una diferencia estadísticamente significativa que los demás tratamientos. Los T5, T2, T3 y T4 estadísticamente son similares aunque diferentes numéricamente.

### **2.20.5. Evaluación Micronutricional de Humus producido por Lombriz Californiana a partir de estiércol bovino y cascarilla de café.**

En un estudio realizado por Apaza y Rodriguez (2009), se determinó que las lombrices ingieren diariamente una cantidad de comida equivalente a su propio peso (0.2-1gr), convirtiendo en carne solo el 26-30% del sustrato y expelen el 70-74% transformado en humus de lombriz, que es un abono orgánico prácticamente insuperable ya que aporta 5 veces más nitrógeno y potasio, 7 veces más fósforo, 2 veces más calcio que el material orgánico que ingirieron, lo cual puede incrementar hasta en un 300% la producción de hortalizas y otros productos vegetales. Una lombriz produce diariamente unos 0.3gr de humus, con lo que en pequeñas superficies se pueden obtener grandes cantidades de humus. Ellas, ponen 1 cocón cada 10-30 días, cada uno contiene de 2 a 10 lombrices que emergen a los 21 días, siendo individuos juveniles que no podrán reproducirse hasta los 3-4 meses cuando pasan a ser adultas, ósea logran poner 1,500 lombrices por año, logrando vivir aproximadamente 4 años.

Una vez que las camas están inoculadas con lombrices, pasará un tiempo de 7 a 15 días para que consuman el sustrato dependiendo de la cantidad de alimento y la densidad de población. Cuando el alimento está consumido se observarán pequeños grumos, siendo una indicación de que el lecho no tiene comida, teniendo la necesidad de agregar más sustrato.

Además, la humedad es un factor de mucha importancia que influye en la reproducción. Debe estar entre el 70 y 83%. Una humedad superior al 85% hace que las lombrices entren en un período de latencia. Debajo de 70% de humedad es una condición desfavorable. Niveles de humedad inferiores al 55% son mortales para las lombrices. Pero, en cualquier caso es mejor utilizar un medidor de humedad o una prueba de laboratorio. Además, la luminosidad debe de ser baja, puesto que los rayos ultra violeta son perjudiciales para ellas, matándolas.

Por otra parte, la temperatura es otro de los factores que influyen en la reproducción, producción (vermicompost) y fecundidad de las cápsulas. Una temperatura entre 18 a 33 grados centígrados es considerada óptima, que conlleva el máximo rendimiento de las lombrices. Cuando la temperatura desciende por debajo de 15°C las lombrices entran en un período de latencia, disminuyendo su actividad. Van dejando de reproducirse, crecer y producir

vermicompost; los cocones (huevos) no eclosionan y pasan más tiempo encerrados los embriones, hasta que se presentan condiciones favorables. También, es necesario que el alimento se estabilice en un pH de 7.5 a 8.5.

Pero también se evaluó el contenido nutricional de microelementos en humus producido por Lombriz Californiana alimentada con estiércol bovino (T1) y cascarilla de café (T2); obteniéndose diferencias estadísticas significativas  $\leq 1\%$ , donde el contenido de Boro fue mayor en el T1 (57.22%) y en T2 (48.9%); respecto al contenido de Cobre 86.58 ppm fue lo registrado en el T1 y en el T2: 80.30 ppm; además, el T1 obtuvo 2.0% de hierro y en la cascarilla de café su presencia fue de 1.30 %; también el estiércol bovino fue mayor en los elementos manganeso y zinc con 913.3 y 602.1 ppm, en comparación con el T2 (856.3 y 621 ppm; respectivamente).

**Tabla 14.** Contenido nutricional de microelementos por tratamiento en análisis.

<b>Elemento</b>	<b>Estiércol Bovino (T1)</b>	<b>Cascarilla de Café (T2)</b>
Boro (B)	57.22 %	48.9 %
Cobalto (Co)	13.32 ppm	10.15 ppm
Cobre (Cu)	86.58 ppm	80.30 ppm
Hierro (Fe)	2.0 %	1.30 %
Manganeso (Mn)	913.3 ppm	856.3 ppm
Zinc (Zn)	602.1 ppm	621.0 ppm

**Fuente:** Apaza, V., 2009.

#### **2.20.6. Determinación Nutricional a Humus de estiércol bovino, rastrojo de frijol y bagazo de caña por lombriz Roja Californiana.**

En un estudio realizado por Alipio Mujica y Col. (2005) se evaluó el contenido nutricional de microelementos presente en humus producido por Lombriz Californiana alimentada que fue alimentada con estiércol bovino (T1) y sustratos fibrosos como: rastrojo de frijol (T2) y bagazo de Caña (T3); observándose diferencias estadísticas significativas  $\leq 1\%$ , donde el contenido de Calcio fue mayor en el T1 (6.74%), seguido del T2 (5.32 %) y por ultimo con 4.89% el T3; el contenido de magnesio fue mayor en el estiércol bovino con (0.98%), seguido del T3 con 0.77% y en el T2: 0.57%; además el contenido de

Hierro fue mayor en T1 con 1.20%, seguido del T2 con 1.09% y en el T3: 0.74%. respecto al contenido de manganeso 536ppm fue lo registrado en el T1, 528 en el T2 y en T3: 511 ppm; además, de acuerdo al estudio el estiércol bovino presento 163 ppm de cobre, seguido de cascarilla de café (149ppm) y rastrojo de frijol con 131 ppm; también el estiércol bovino fue mayor en los elementos zinc y Cobalto con 758 y 16ppm, en comparación con el T2 (639 y 14ppm; respectivamente) y con el Bagazo de Caña (T3): 481 y 10ppm; respectivamente.

**Tabla 15.** Contenido nutricional de microelementos por tratamiento en estudio.

Elemento	Estiércol bovino	Rastrojo de Frijol	Bagazo de caña
Calcio (Ca)	6.74 %	5.32 %	4.89 %
Magnesio (Mg)	0.98 %	0.57 %	0.77 %
Hierro (Fe)	1.20 %	1.09 %	0.74 %
Manganeso (Mn)	536 ppm	528 ppm	511 ppm
Cobre (Cu)	163 ppm	131 ppm	149 ppm
Zinc (Zn)	758 ppm	639 ppm	481 ppm
Cobalto (Cu)	16 ppm	14 ppm	10 ppm

**Fuente:** Alipio Mujica y Col., 2005.

#### **2.20.7. Evaluación del cultivo de rábano (Raphanus sativus L.) variedad Crimson Giant, utilizando sustratos mejorados en la determinación de los rendimientos.**

Con el objetivo de determinar la productividad del rábano en condiciones de manejo orgánico, se evaluaron los siguientes tratamientos orgánicos: lombrihumus a razón de 30,000 kg/ha, compost 19,0000 kg/ha y Bocashi a razón de 50,000 kg/ha y un tratamiento químico (testigo): fertilizante completo (N, P, K) formula 15-15-15, a razón de 1,290 kg/ha. Los resultados muestran que no hubo diferencia significativa para las variables de crecimiento tomadas en momentos diferentes, con 29, 27, 30 y 30 cm. En cuanto a las variables de rendimiento la única que mostro significancia fue la variable peso de la raíz, logrando el Bocashi el mayor resultado con (22.3 gramos), y respecto a rendimiento del cultivo (unidad/área) los tratamientos no mostraron significancia entre ellos, con 24, 20, 23 y 24 frutos en promedio; respectivamente, (Argueta, 2011).

### **CAPITULO III. JUSTIFICACIÓN, OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

#### **A. Justificación**

Durante los últimos años se ha registrado en la región Salvadoreña un proceso continuo de incorporación de nuevos procesos de producción, con notable incremento del consumo de fertilizantes químicos, expansión incontenida de mercados de productos fitosanitarios y agrosanitarios, y la aparición de híbridos y variedades de cultivos agrícolas con mayor potencial de rendimiento pero con una equiparable dependencia química nutricional para producir sin importar el daño ambiental causado. Por lo cual, en la búsqueda de mejorar y estabilizar los rendimientos productivos con relación al medio ambiente, el interés se ha centrado en la incorporación de fertilizantes alternos (orgánicos) con alto valor nutricional pero que tenga bajo o nulo impacto ambiental, (Gonzales y Col. 2007).

En El Salvador, el área dedica a la producción orgánica, tanto certificada como en transición representa solo el 0.69% del área total dedicada a actividades agrícolas en todo el país (699,385 Mz de cultivos); sin embargo dada su orientación a mercados internacionales, estas áreas de explotación representa el 1.45% de área total del país utilizada para este mismo fin (178,056 Mz de cultivos). Los productores con este tipo de visión se contabilizan en 0.56% del total de productores en el país, y cultivan 39 rubros bajo esta modalidad orgánica (Agencia para el Desarrollo de Austria/IICA, 2009).

Abonado a lo anterior, según Martínez, y Col (2004), en su estudio realizado, reportan tasas de crecimiento de entre 15 a 30% en el mercado orgánico en el continente Europeo, y en países como Estados Unidos y Japón, en los últimos años. Así mismo indica que los consumidores compran entre el 20 y 30% de comida orgánica con frecuencia.

Por lo cual, la importancia de los abonos orgánicos como insumo de producción, surge de la imperiosa necesidad que se tiene de no dañar al medio ambiente, presto que el uso en sí de los fertilizantes químicos tradicionales

implica desde la aplicación en físico en campo (contaminación de agua, suelo, aire, entre otros) hasta aquellos efectos por el desconocimiento de el productor acerca de: si las casas fabricantes utilizan productos químicos posiblemente prohibidos en sus propios países de fabricación, pero que por fines económicos tienen que incorporárselo a los fertilizantes destinados para exportación a otros países que los adquieren masivamente; contrastando con la alternativa orgánica, que también implica reducir las afectaciones económicas por las adquisiciones, y de mejorar características y condiciones del factor suelo como: físicas (Color oscuro con mayor facilidad de radiaciones lumínicas, mejorar la textura y estructura de los suelos, mantener la permeabilidad de los suelos, aumentar la retención de agua para las plantas y disminuir la erosión); químicas (regular el PH), y biológicas (al aumentar la oxigenación y aireación del suelo, aumentar la actividad de los microorganismos); lo que redundaría en el aumento de su fertilidad, así como de reducir la aplicación de fertilizantes y plaguicidas sintetizados artificialmente, cuyo uso frecuente o excesivo ocasiona problemas graves de contaminación, (Martínez y Col. 2004). Para lo cual en el siguiente cuadro se detallan valores para conceptualizar una idea de las propiedades nutritivas y beneficios que poseen algunos sustratos orgánicos procedentes de diferentes especies animales, de los cuales se puede generar Humus:

**Tabla 16.** Materia orgánica de diversas especies animales, que en promedio general presenta estas propiedades nutritivas.

Nutriente	Vacunos	Porcinos	Caprinos	Conejos	Gallinas
Materia orgánica (%)	48.9	45.3	52.8	63.9	54.1
Nitrógeno total (%)	1.27	1.36	1.55	1.94	2.38
Fósforo asimilable (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %)	0.81	1.98	2.92	1.82	3.86
Potasio (K <sub>2</sub> O, %)	0.84	0.66	0.74	0.95	1.39
Calcio (CaO, %)	2.03	2.72	3.2	2.36	3.63
Magnesio (MgO, %)	0.51	0.65	0.57	0.45	0.77

**Fuente:** Agencia para el Desarrollo de Austria/IICA, 2009.

Dado los beneficios ambientales mencionados anteriormente: (Físico, químicos, biológicos), y económicos (usos en actividades agropecuarias) que presenta el lombriabono para la agricultura sostenible en ámbitos como: fertilización de hortalizas, frutales y alimentación con carne de lombriz; surge la

incógnita: entonces ¿porqué utilizar lombríhumus? la respuesta es basada en que, el producto resultante “humus” no contamina al medio ambiente, es cualitativamente y cuantitativamente nutritivo, es estable con pH neutro, es homogéneo; además, el producto lombrices (considerado como carne), es muy rico en proteínas para alimento en forma de harina concentrada para especies como: peces, cerdos, aves, entre otros; también, el colágeno, y de su celoma se extraen líquidos para la industria farmacéutica, (Ángel, T. 2008).

También, el fertilizante orgánico producido por lombriz Californiana o lombríabono posee una altísima carga microbiana del orden de los 20 mil millones, lo que significa que es beneficioso protegiendo la raíz de los cultivos de otros tipos de bacterias patógenas. En otras palabras, la relación entre microorganismos y raíces hace aumentar la disponibilidad de nutrientes asimilables los cuales regulan la nutrición vegetal, y cuyo efecto residual en el suelo llega hasta cinco años (considerándose altamente positivo); dentro de los cuales se destacan: Nitrógeno total (N) 1.6–2.3 %; Fósforo total (P) 1.4-1.9 %; Potasio total (K) 1.4-1.9 %; Calcio (Ca) 1.3-6.9 %; PH neutro 7.0-7. 2; Humedad máxima 40 %. Contiene además, todos los nutrientes: (Magnesio, hierro, sodio, Cobre, Manganeso, etc.), para el correcto desarrollo de la planta, (Martínez y col., 2004).

Planteado lo anterior, el fomento y apoyo a la producción orgánica como una innovación dentro de las medidas de producción amigable al medio ambiente, crea independencia del régimen fertilizantes de origen químico por ser una fuente alterna de nutrientes, disminuyendo así el impacto negativo al medio ambiente por el uso descontrolado de los mismos, los costos de importación y pérdida de divisa nacional; crea también nuevas oportunidades de exportación para el mundo en desarrollo. Esto último debido a que como ningún país puede satisfacer la demanda de una variedad de alimentos orgánicos producidos dentro de sus fronteras durante todo el año muchos países en desarrollo han comenzado a exportar e importar con éxito productos orgánicos; es decir, se vuelve una oportunidad su explotación ambientalmente amigable (no contaminante), lo cual conllevará a un mejoramiento de la fertilidad de los suelos con un enfoque económico, de bienestar humano y de impactos ambientales positivos.

## **B. Objetivos**

### **Objetivo general**

Evaluar el humus producido por Lombriz Californiana contra una fuente de bocashi y contra una fuente de fertilizante tradicional.

### **Objetivos específicos**

- 1- Determinar la Producción de humus por la lombriz californiana de los diferentes sustratos orgánicos.
- 2- Identificar el valor nutricional (N, P, K, y Microelementos) en el humus de los diferentes sustratos orgánicos.
- 3- Evaluar el efecto de los fertilizantes (orgánicos y químico) en la producción de biomasa en Rábano.
- 4- Evaluar el efecto de los fertilizantes (orgánicos y químico) en el rendimiento del cultivo de Rábano.

## **C. Hipótesis**

**Ho1:** No existen diferencias significativas entre las fuentes de sustratos orgánicos en Producción de humus.

**Ha1:** Existen diferencias significativas entre las fuentes de sustratos orgánicos en Producción de humus.

**Ho2:** No existen diferencias significativas entre los humus de las fuentes de sustratos orgánicos en valor nutricional.

**Ha2:** Existen diferencias significativas entre los humus de las fuentes de sustratos orgánicos en valor nutricional.

**Ha3:** Ningún tratamientos provoca una mejor producción de biomasa en el cultivo de rábano.

**Ha3:** Al menos uno de los tratamientos provoca una mejor producción de biomasa en el cultivo de rábano.

**Ho4:** Ningún tratamientos provoca un mejor rendimiento en el cultivo de rábano.

**Ha4:** Al menos uno de los tratamientos provoca un mejor rendimiento en el cultivo de rábano.



## **CAPITULO IV. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **A. Ubicación**

Los estudios se realizaron en la Colonia Jerusalén, ubicada en el municipio de San Francisco Gotera, departamento de Morazán, El Salvador. Las coordenadas geográficas del lugar fueron 13° 41' 25" latitud Norte y 88° 06' 20" longitud Oeste.

La explotación está localizada al Nor-Oeste de la ciudad de San Francisco Gotera, carretera a Yamabal, teléfono: 2654-2920, con una altitud aproximada de 250 msnm. El Área total del campo en la Colonia Jerusalén a donde se desarrollaron las investigaciones es de 200 mt<sup>2</sup>, (A-43).

### **B. Tipo de Investigación**

El tipo de investigación fue: cuantitativa experimental y de escala de razón.

### **C. Unidades de Análisis**

Las unidades de análisis fueron: cada una de las 21 cunas de lombriz californiana de 1 mt<sup>2</sup> (A-46), en la primera etapa, de las cuales se evaluó el valor nutricional de los humus y la producción del mismo que se obtuvo de los sustratos: estiércol bovino (T1), gallinaza (T2), pulpa de café (T3), desperdicio de frutas y verduras (T4), rastrojo de maíz (T5), rastrojo de frijol (T6) y bagazo de caña de azúcar (T7). Se inocularon 2Kg de lombriz Californiana en cada tratamiento. Se suministró un total 60 kilogramos de sustrato (respectivamente) en los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 y realizándolo en 3 aplicaciones de 28, 18 y 14 kgs entre un intervalo de tiempo de 1, 50 y 30 días; respectivamente, hasta la cosecha. En total fueron 7 tratamientos con 3 repeticiones experimentales cada uno, distribuidas en 21 mt<sup>2</sup> (A-47). El tamaño de la muestra fue estimada en 1 medición de campo por variable, por repetición y por tratamiento, a realizar: a los 80 días el análisis para determinar el contenido nutricional de los sustratos y hasta los 120 días la determinación de la producción de humus, tiempo en que duro esta etapa del estudio. Además, se recopiló información en intervalos de tiempo: cada 15 días, de variables como la temperatura (°C), humedad (%) y el Ph (potencial de hidrogeno) presente en los sustratos (cunas) de cada tratamiento en estudio.

En la segunda etapa, las unidades de análisis fueron cada una de las 20 parcelas o eras de rábano de 1 mt<sup>2</sup>, para determinar producción de biomasa y rendimiento del cultivo, al ser fertilizadas con una dosis del mejor humus: “Estiércol bovino” (tomando como base al macroelemento “P” (Fosforo) de acuerdo a los resultados de valores nutricionales de humus del laboratorio de química agrícola del CENTA) (T1); el (T2) que fue la aplicación de otro fertilizante de biofermento orgánico (“bocashi”), (A-34); una formula química tradicional triple 15 (T3) y un tratamiento testigo (T0), al cual no se le aplico nada. Las cantidades de las fuentes fertilizantes fueron estimadas de acuerdo a los requerimientos nutricionales del cultivo (Tabla 7), (A-35), y la aplicación de las dosis fue previo a la siembra, incorporándolos al suelo, en T1 (2.03kg/mt<sup>2</sup>), T2 (1.22kg/mt<sup>2</sup>), y T3 (0.08kg/mt<sup>2</sup>); respectivamente, (A-35). En total fueron 4 tratamientos con 5 repeticiones experimentales cada uno, distribuidas en 56 mt<sup>2</sup> (A-48). El tamaño de la muestra fue estimada en 1 medición de campo por variable, por repetición y por tratamiento, realizada hasta la cosecha (28 días), tiempo en que duro esta etapa del estudio. Rábanos que al ser cosechados se clasificaron comercialmente en 1º categoría (≥ 0.015 kg y ≥ 36 mm) y 2º categoría (≤ 0.014 kg y ≤ 35 mm), esto de acuerdo al mercado nacional.

## **D. Variables y Medición**

### **1. Definición de las variables**

#### **a. Producción de humus.**

- Definición conceptual: Fue el volumen de Humus producido por la lombriz Californiana a partir de los 7 diferentes sustratos orgánicos.
- Definición operacional: Se determinó la producción de Humus (Kg) a los 120 días por la Lombriz Californiana en cada uno de los tratamientos y repeticiones; respectivamente.

#### **b. Valor Nutricional (N, P, K, y Microelementos)**

- Definición conceptual: Fue el contenido nutricional de Nitrógeno, Fosforo, Potasio, calcio, hierro (%), manganeso, zinc, cobre y Magnesio (mg/Kg), presente en cada muestra de humus de los diferentes sustratos orgánicos.

- Definición operacional: Se evaluó el contenido de N, P, K (%) y micro elementos (% , mg/Kg), presentes en el humus de los diferentes sustratos orgánicos de cada uno de los tratamientos y repeticiones, correspondientemente a los 80 días de 120 días que duró la primera fase.

### **c. Producción de biomasa**

- Definición conceptual: Fue el peso (tubérculo con su follaje) y diámetro de Rábanos cosechados, a partir de los tratamientos: testigo, mejor humus: “Estiércol bovino”, bocashi y formula química tradicional (triple 15).
- Definición operacional: Se evaluó el peso (kg) y diámetro (mm) del Rábano cosechado a los 28 días, posteriormente clasificados comercialmente en 1º categoría ( $\geq 0.015$  kg y  $\geq 36$  mm) y 2º categoría ( $\leq 0.014$  kg y  $\leq 35$  mm), esto de acuerdo al mercado nacional.

### **d. Rendimiento del Cultivo**

- Definición conceptual: Fue la producción de rábano obtenida por unidad de área ( $Mt^2$ ), datos transformados a hectáreas (“ha”: Unidad Internacional de medida de Tierra): testigo, mejor humus: “Estiércol bovino”, bocashi y formula química tradicional (triple 15).
- Definición operacional: Se determinó el número de Rábanos cosechados por área ( $Mt^2$ ) a los 28 días.

## **2. Indicadores y su medición**

Todas las variables descritas anteriormente fueron operativas y por lo tanto ellas mismas fueron sus indicadores.

### **a. Instrumentos de medición**

- ✓ Balanza romana 50 (kg)
- ✓ Bascula de mesa de 10 (kg)
- ✓ Pruebas de laboratorio de: Nitrógeno total, Fosforo, Potasio, calcio, hierro (%), manganeso, zinc, cobre, Magnesio (mg/Kg) y Humedad (%).
- ✓ Pie de rey (mm)
- ✓ Peachimetro (Ph)
- ✓ Termómetro digital (°C)

## **b. Técnicas y procedimientos a emplearse en la recopilación de información.**

### **1. Producción de Humus (Kg)**

Se determinó hasta completar la primera fase del estudio (120 días), pesando en una balanza romana de 50kg el humus procedente de los diferentes sustratos (tratamientos con sus repeticiones), (A-44).

### **2. Valores nutricionales (%)**

Se enviaron las muestras de humus a los 80 días de la primera fase del estudio (120 días), una muestra por cada repetición de cada sustrato orgánico al laboratorio de química agrícola del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), debidamente identificadas, así, por ejemplo: BI-T1 (Bloque I, Tratamiento 1). Además, para obtener la información de la variable: humedad (%), se envió una muestra por cada repetición de cada tratamiento al laboratorio de química agrícola (CENTA) cada 15 días, mismo periodo de tiempo en el que se tomó la información de temperatura (°C) con un termómetro digital y la de Ph con un peachimetro digital, presente en los sustratos (cunas) de cada tratamiento en estudio, (A-44).

### **3. Producción de biomasa (Kg y mm)**

En la segunda fase del estudio, se tomaron los pesos de material vegetal (tubérculo con su follaje) de cada una de las repeticiones con una balanza de mesa de 10 kg, obtenidos a partir de los tratamientos evaluados. Además, se realizó la medición del diámetro de los rábanos (tubérculos cosechados) de cada una de las repeticiones con un pie de rey (mm), obtenidos a partir de los tratamientos evaluados. La obtención de esta serie de datos, fue hasta finalizar la segunda etapa del estudio (28 días), (A-45).

### **4. Rendimiento del cultivo ( $\mu$ /mt<sup>2</sup>)**

Se desarrolló en la etapa número dos del experimento, determinando el número de Rábanos cosechados por área (Mt<sup>2</sup>) en cada parcela o repetición de cada uno de los tratamientos respectivamente evaluados hasta los 28 días, (A-45).

## E. Procesamiento y Análisis de la información

Las variables producción de humus, valor nutricional del humus, producción de biomasa (peso de rábanos con su follaje y diámetro de rábanos), y rendimiento del cultivo se analizaron de forma cuantitativa experimental y de escala de razón, en un análisis de varianza (ANVA) de cada uno de los elementos obtenidos; para los cuales se utilizó el programa estadístico: SPSS.19 (Statistical Product and Service Solutions), de la siguiente manera: los datos obtenidos durante el estudio fueron tabulados en una base de datos, posteriormente todos los datos se sometieron a pruebas estadísticas de acuerdo a la etapa o fase del estudio en el programa antes mencionado, detallando de cada variable el promedio ( $\bar{X}$ ), la desviación estándar ( $s_x$ ), la varianza ( $s^2$ ), la sumatoria de  $\sum x$  y de  $\sum x^2$ , y el número de observaciones por tratamiento (N), entre otros; esto se realizó con el propósito de determinar si existían diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos y bloques por cada variable en las fases del estudio.

En la primera fase, la distribución estadística fue la siguiente: El diseño estadístico utilizado fue: bloques completamente al azar, con 7 tratamientos y 3 repeticiones por tratamiento, (A-47).

El Modelo estadístico fue:  $Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$

Dónde:

$Y_{ij}$  = observación perteneciente al i-esimo tratamiento en el j-esimo Bloque

$\mu$  = media experimental

$T_i$  = efecto del i-esimo tratamiento

$B_j$  = efecto del j-esimo bloque

$E_{ij}$  = error experimental

**Tabla 17.** Distribución estadística del modelo (I fase de Investigación).

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamiento (t-1)	6
Bloque (r-1)	2
Error (t-1)(r-1)	12
Total	<b>20</b>

Dónde:

t = número de tratamientos

r = número de bloques

En la segunda etapa, la distribución estadística fue la siguiente: El diseño estadístico ha utilizado fue: bloques completamente al azar, con 4 tratamientos y 5 repeticiones por tratamiento, (A-48).

El Modelo estadístico fue:  $Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$

Dónde:

$Y_{ij}$  = observación perteneciente al i-esimo tratamiento en el j-esimo Bloque

$\mu$  = media experimental

$T_i$  = efecto del i-esimo tratamiento

$B_j$  = efecto del j-esimo bloque

$E_{ij}$  = error experimental

**Tabla 18.** Distribución estadística del modelo (II fase de Investigación).

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamiento (t-1)	3
Bloque (r-1)	4
Error (t-1)(r-1)	12
Total	<b>19</b>

Dónde:

t = número de tratamientos

r = número de bloques

#### ✓ Prueba de Duncan

Esta prueba se utilizó para obtener diferencias significativas entre medias, posterior a los análisis de varianza y únicamente si en estos análisis (ANVA) existieron diferencias estadísticas significativas, con el objetivo de comparar el comportamiento de los tratamientos.

Su fórmula estadística fue:  $ETD = t \sqrt{2CME / r}$

Dónde:

ETD: Error Típico de la Diferencia.

t: Datos de tabla.

CME: Cuadrado Medio del Error.

r: Numero de observaciones por tratamiento.

DMS = t x ETD

DMS: Diferencia Mínima Significativa.

## CAPITULO V. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

### 5.1. Fase de Investigación I.

En esta fase se evaluó cuantitativamente (producción de humus), y (contenido de N, P, K (%)) y los microelementos: Ca, Mg, Fe (%), Cu, Mn, Zn (mg/kg) al humus producido a partir de los 7 diferentes sustratos orgánicos en estudio, a través de las siguientes variables:

#### 5.1.1. Producción de Humus (Kg) y (%).

El detalle de la información para la variable producción de humus de los diferentes sustratos orgánicos para cada tratamiento y bloque comprendió al periodo de estudio se presentan en el anexo A-1. Tomando como base esta información se describe en el tabla 19 los comportamientos por sustrato orgánico promedios para dicha variable.

**Tabla 19.** Producción de humos (Kg) y (%) de los sustratos orgánicos.

Tratamiento	Humus (kg)	N	Humus (%)
(T1) Estiércol Bovino	57.0 a	3	95.0 a
(T3) Pulpa de Café	42.0 b	3	70.0 b
(T5) Rastrojo de Maíz	27.0 c	3	45.0 c
(T7) Bagazo de Caña	24.0 d	3	40.0 d
(T6) Rastrojo de Frijol	15.0 e	3	25.0 e
(T2) Gallinaza	0.0 f	3	0.0 f
(T4) Desperdicio de Frutas y verduras	0.0 f	3	0.0 f
<b>Promedio (<math>\bar{X}</math>)</b>	<b>33.0</b>	<b>3</b>	
<b>Total (<math>\sum X</math>)</b>	<b>165.0</b>	<b>21</b>	

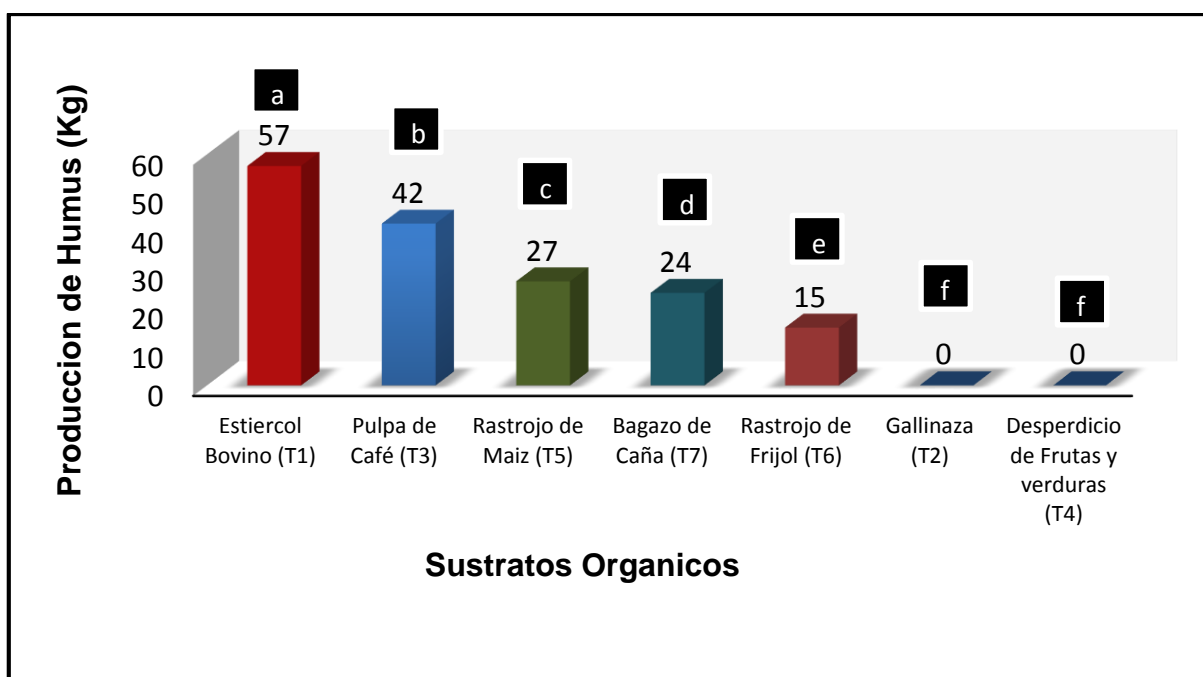
\*Humus = Producción de Humus promedio por tratamiento (Kg-%)

\*\*N= Numero de repeticiones por tratamiento.

Con respecto a la producción de humus, estos resultados demuestran que en los tratamientos se registraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.01$ ), y no así entre los bloques comportándose éstos de manera similar entre ellos (A-2), pudiéndose apreciar que los promedios de los tratamientos oscilaron entre 57.00-0.0kgs, siendo el mejor promedio entre los sustratos de acuerdo a la prueba estadística Duncan (A-3): estiércol bovino (57.0kg), seguido de los sustratos pulpa

de café, Rastrojo de Maíz, Bagazo de Caña, y Rastrojo de Frijol con 42.0, 27.0, 24.0, 15.0kgs; respectivamente. Además, se observó que en los tratamientos Gallinaza y desperdicio de frutas y verduras la producción de Humus fue de 0.0 y 0.0Kgs; respectivamente, esto debido a factores adversos como temperatura (C°), Humedad (%) y Ph registrados en los sustratos (A-4, A-5, A-6), lo cual dificultó la obtención de la información de producción de humus, y macro y microelementos para ambos sustratos en todas sus repeticiones, (A-1), (tabla 19), (ilustración 2).

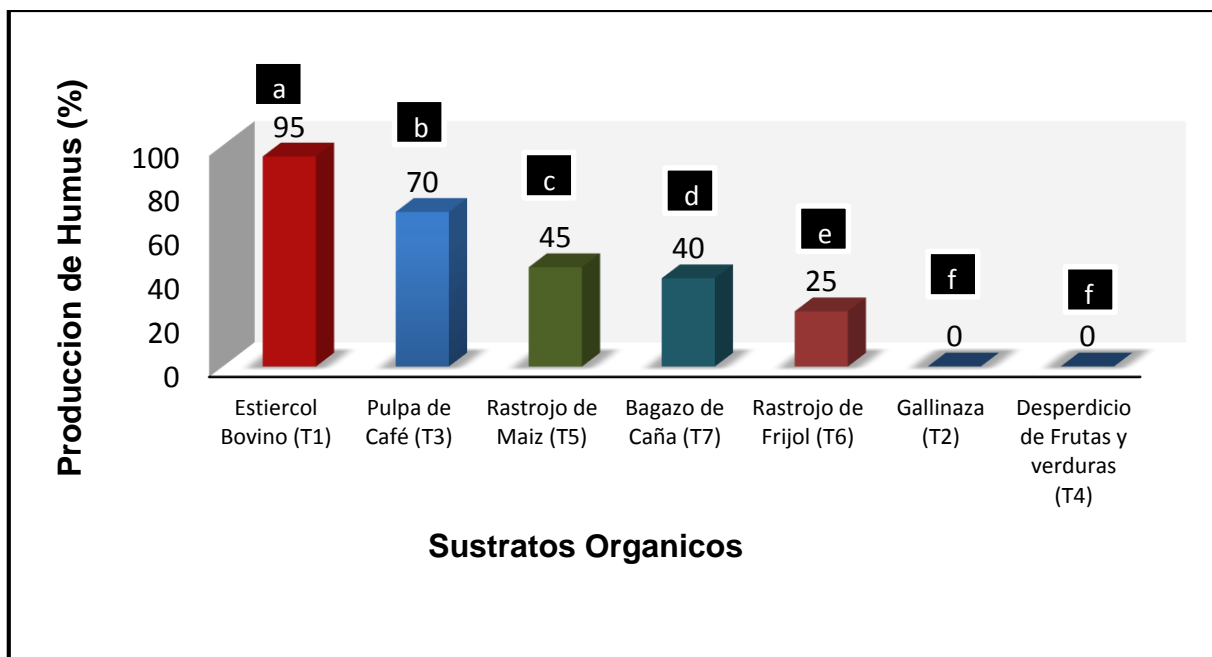
Por otra parte, de acuerdo a los resultados obtenidos se puede observar que el estiércol bovino (T1) obtuvo una eficiencia en producción de Humus del 95%, seguido del T3 (Pulpa de Café) con 70%, Rastrojo de Maíz (T5) con 45%, Bagazo de Caña (T7) con 40% y finalmente T6 (Rastrojo de frijol) con 25% de producción, con excepción de los sustratos Gallinaza (T2) y el T4 (Desperdicio de frutas y verduras) los cuales no produjeron nada, (A-1), (tabla 19), (ilustración 3).



**Ilustración 2.** Producción de humus (Kg) de los sustratos orgánicos.

El fundamento de estos datos está basado en la calidad nutricional y textura de cada uno de los sustratos utilizados. Apaza y Rodríguez (2009), determinaron que las lombrices ingieren diariamente una cantidad de comida equivalente a su propio peso, convirtiendo en carne solo el 26-30% del sustrato y expelen el 70-74% transformado en humus de lombriz, que es un abono orgánico que puede incrementar hasta en un 300% la producción de hortalizas y otros productos vegetales. Además, una lombriz produce diariamente unos 0.3 gr de





**Ilustración 3.** Producción de Humus (%) de los sustratos orgánicos.

humus, con lo que en pequeñas superficies se pueden obtener grandes cantidades, presto que una vez que las camas están inoculadas con lombrices, pasará un tiempo de 7 a 15 días para que consuman el sustrato, dependiendo esto de la cantidad de alimento y la densidad de población.

Por otra parte, Campos y Col. (1997), mencionan que el estiércol bovino es uno de los sustratos más utilizados y recomendados para la lombricultura por su fácil obtención y por su gran volumen de producción. Para este estudio, el pie de cría utilizado estaba siendo alimentado con estiércol bovino, por ende las lombrices ya estaban mejor adaptadas a dicho sustrato con respecto a los demás tratamientos en los cuales el periodo de adaptación fue más lento; también, las texturas (contenido de fibra) y las condiciones físico-ambientales (Humedad, T°, Ph) de los sustratos fueron diferentes, puesto que según Giraldo (2007), e INFOAGRO (2005), las condiciones óptimas de los sustratos en las cunas para la producción de humus y reproducción por parte de la Lombriz Californiana son de 15-33°C de temperatura, un Ph de 7.0-8.5. También, Apaza y Rodríguez (2009), mencionan que la temperatura es uno de los factores que influyen en la reproducción, producción (vermicompost) y fecundidad de las cápsulas, ya que una temperatura entre 18 a 33°C es considerada óptima, que conlleva al máximo rendimiento de las lombrices, pero cuando la temperatura desciende por debajo de 15°C las lombrices entran en un período de latencia, disminuyendo su

actividad, van dejando de reproducirse, crecer y producir vermicompost; los cocones (huevos) no eclosionan y pasan más tiempo encerrados los embriones, hasta que se presentan condiciones favorables, y muerte sobre los 33°C; además, que es sumamente necesario que el alimento se estabilice en un pH de 7.5 a 8.5.

Legall y Col. (2006), Giraldo (2007), manifiestan que la humedad debe de oscilar entre 73-85% en las cunas para mejorar la fecundidad de las capsulas o cocones, ya que una humedad superior al 85% afecta en la producción de lombrihumus, biomasa y menores de 73% son desfavorables para su desarrollo haciendo que estas entren en un periodo de inactividad, así como también humedades inferiores del 55% se vuelven letales; también, Apaza y Rodríguez (2009), manifiestan que la humedad es un factor de mucha importancia que influye en la reproducción, y que debe estar entre el 70 y 83%, una humedad superior al 85% hace que las lombrices entren en un período de latencia, debajo de 70% de humedad es una condición desfavorable y niveles de humedad inferiores al 55% son mortales para las lombrices; lo cual concuerda para esta investigación en particular, ya que se observó una mayor adaptación, un buen desarrollo, reproducción y por lo tanto una mayor producción de humus en el T1 (estiércol bovino) respecto al resto de sustratos que produjeron humus (pulpa de café, rastrojo de maíz, bagazo de caña y rastrojo de frijol; donde algunas de las condiciones de estos en relación a la humedad, temperatura y Ph estuvieron dentro de los rangos, (A-4, A-5, A-6); respectivamente; siendo los valores de las condiciones para el tratamiento (T1) en las cunas de: 8.14 de Ph (A-6), una Temperatura de 31.16°C (A-5), y una humedad en el sustrato de 83.15% (A-4), en promedio. No obstante así los tratamientos Gallinaza (T2) y T4 (desperdicio de frutas y verduras) en donde su producción fue nula, lo que dificulto la obtención de la información de macro y microelementos para ambos sustratos, debido a la inestabilidad en el contenido de humedad de los sustratos, tanto así para el T2, puesto que según Legall y Col. (2006), a la hora de excretar el ave en la parte terminal de su estructura anatomofisiologica convergen tanto el aparato digestivo como el urinario por lo tanto las heces salen cargadas de humedad y con presencia de gases amoniacales nocivos, también Campos y Col. (1997), menciona que dentro de las principales problemáticas de utilizar gallinaza para producir humus es el largo periodo de fermentación de 12 a 18 meses que provoca

perdida de elementos necesarios para la reproducción, aunque también por el contenido de fibra al estar mezclada con granza de arroz; y en el caso del T4 estos desperdicios de frutas y verduras presentaban exceso de agua fisiológicamente en sus tejidos, lo que contribuyó a una nula adaptación de las lombrices; además, el Ph y la temperatura de los sustratos en las cunas no estaban acorde a los rangos de condiciones adecuadas para producción y reproducción mencionadas anteriormente, desfavoreciéndoles, al presentar temperaturas de 36.84 y 35.58 °C, un Ph de 6.3 y 6.8, y una humedad en los sustratos de 59.12 y 71.37%; respectivamente para estos tratamientos, (A-5), (A-6), (A-4).

Por otra parte los tratamientos (pulpa de café, rastrojo de maíz, bagazo de caña y rastrojo de frijol) se vieron afectados no solo también por las variabilidad de la T°, Humedad y Ph, sino que también por el contenido de fibra (%) de cada sustrato; ya que según Campos y Col. (1997), el contenido de fibra es fundamental para una adecuada adaptación y producción de humus, pero que mientras más alto sea el contenido de fibra más lenta será la adaptación y transformación en humus, pero más elevada la reproducción; así, en su estudio realizado muestra que en la composición química de los sustratos alimenticios en evaluación, la pulpa de café tuvo un % de fibra de 20.8 y 0.0% en el estiércol bovino, esto implica que fue más difícil para la lombriz digerir el sustrato de pulpa de café y por lo tanto hubo menor producción de lombriabono.

Según Oduber (2007), y Fuentes Yague (2008), el contenido de fibra de la pulpa de café es de 24%, el del bagazo de caña de azúcar tiene 48%, mientras que el del rastrojo de frijol (23%) y el del rastrojo de maíz (84%); lo cual concuerda con los resultados obtenidos en el presente estudio, en el que el estiércol bovino (T1) fue el mejor al observarse una mayor adaptación, un buen desarrollo, reproducción, y mejor producción de humus en comparación al resto de sustratos (A-1), posiblemente al alto contenido de fibra que estos poseían.

Similar información a la del presente estudio fue lo encontrado por Gonzales y Col. (2007), en su estudio evaluación cuantitativa (lbs) y cualitativa de lombriabono y la calidad nutricional (%) del mismo, producido por lombriz roja de california en cuatro sustratos: Estiércol bovino (T1), Pulpa de café (T2), Desperdicios de frutas y verduras (T3) y Cachaza de caña de azúcar (T4); donde

obtuvieron que en la variable cantidad de lombriabono producido fue el estiércol bovino (T1) el que resulto con la mayor cantidad de abono (141.5 lbs) en promedio, seguido por la pulpa de café (119.0 lbs), cachaza de caña de azúcar (88.25 lbs) y por último los desperdicios de frutas y verduras (37.25 lbs); puesto que las lombrices utilizadas estaba siendo alimentado con estiércol de bovino, por ende las lombrices ya estaban adaptadas a dicho sustrato; también le favorecieron a su adaptación los valores de Ph: 7.32 y T: 31.35°C promedio de dicho sustrato.

### 5.1.2. Valor Nutricional de N-P-K (%), y Microelementos Ca, Mg, Fe (%), Cu, Mn, Zn (mg/kg).

#### 5.1.2.1. Nitrógeno (%).

El detalle de la información para el valor nutricional de nitrógeno “N” (%) de los diferentes sustratos orgánicos para cada tratamiento y bloque comprendió al periodo de estudio se presentan en el anexo A-7. Tomando como base esta información se describe en el tabla 20 los comportamientos por sustrato orgánico promedios para dicho elemento.

**Tabla 20.** Contenido de nitrógeno (%) en humus de los sustratos orgánicos.

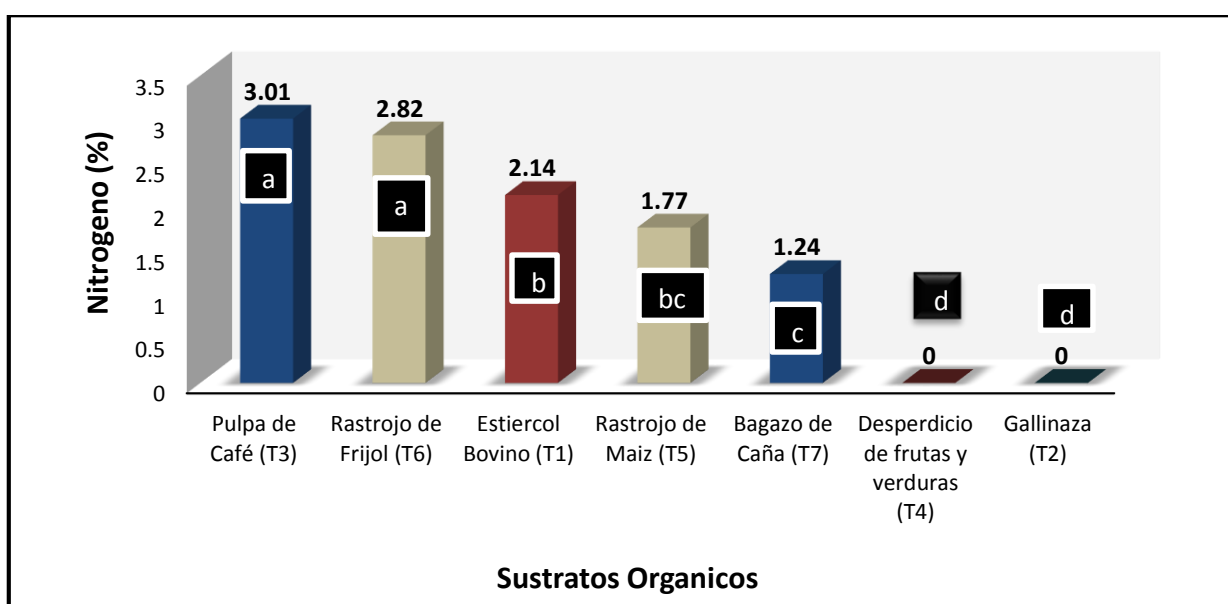
Tratamiento	Nitrógeno (%)	N
(T3) Pulpa de Café	3.01 a	3
(T6) Rastrojo de Frijol	2.82 b	3
(T1) Estiércol Bovino	2.14 b	3
(T5) Rastrojo de Maíz	1.77 bc	3
(T7) Bagazo de Caña	1.24 c	3
(T2) Gallinaza	0.0 d	3
(T4) Desperdicio de Frutas y Verduras	0.0 d	3
<b>Promedio (<math>\bar{X}</math>)</b>	<b>2.19</b>	<b>3</b>
<b>Total (<math>\sum X</math>)</b>	<b>10.98</b>	<b>21</b>

\*Nitrógeno= Contenido de Nitrógeno promedio por tratamiento (%)

\*\*N= Numero de repeticiones por tratamiento.

Con respecto al contenido de nitrógeno en los diferentes sustratos, estos resultados demuestran que en los tratamientos se registraron diferencias

estadísticas significativas ( $p < 0.01$ ), y no así entre los bloques comportándose éstos de manera similar entre ellos (A-8); pudiéndose apreciar que los promedios de los tratamientos oscilaron entre 3.01-0.0%, siendo los mejores promedios entre los sustratos de acuerdo a la prueba estadística Duncan (A-9): pulpa de café y Rastrojo de Frijol con 3.01 y 2.82%; respectivamente, seguido de los sustratos estiércol bovino, Rastrojo de Maíz, y Bagazo de Caña, con 2.14, 1.77, 1.24%; respectivamente. Sin embargo, en los tratamientos Gallinaza y desperdicio de frutas y verduras no se pudo obtener los aportes de Nitrógeno (%), puesto que las producciones de Humus respectivas de los sustratos fueron nulas, (A-1), (A-7), (tabla 20), (ilustración 4).



**Ilustración 4.** Contenido de Nitrógeno (%) en los sustratos orgánicos.

Gonzales y col. (2007), en un estudio similar demostraron que analizando el porcentaje de nitrógeno en las muestras de lombriabono de los diferentes tratamientos evaluados, existieron diferencias estadísticas significativas al 5% entre Pulpa de café (T2): 3.045%, sobre los demás tratamientos: Estiércol Bovino (T1): 2.0115%, Cachaza de Caña (T4): 1.8534% y Desperdicios de frutas y verduras (T3): 1.4825%.

Legall y col. (2006), mencionan que la cantidad de nutrientes que contiene el lombrihumus dependerá de las características químicas del sustrato que le dieron origen, siendo los porcentajes de Nitrógeno según el Manual de Caficultura Orgánica para la pulpa de café de 2%; en el caso del estiércol bovino de 1.67%. También, según Orantes Marinero (1998), es de 1.2% para bagazo de Caña, 2%

para rastrojo de leguminosas, y 1.53% para la caña de maíz. Comparando los datos anteriores con los resultados de la presente investigación se observa que hay valores similar en el porcentaje de Nitrógeno de lombrihumus, dicho comportamiento es atribuido a los siguientes factores: proceso digestivo de la lombriz, actividad microbiana que se lleva a cabo durante el periodo de reposo que esté tiene dentro del lecho, así por ejemplo según Taiariol (2010), el 50% del total de los ácidos húmicos que contiene el humus son proporcionados durante el proceso digestivo y el 50% restante durante el periodo de reposo o maduración. También, Legal y col. (2006), mencionan que la disponibilidad de nitrógeno del lombrihumus es secretado principalmente por la epidermis de la lombriz como microproteína y por la orina de las lombrices.

De igual manera, Orantes Marinero (1998), realizó un análisis de humus de pulpa de café obteniendo un porcentaje de nitrógeno de 3.0% el cual coincide con el resultado de la presente investigación (3.01%).

Además, Hernández (2006), en un estudio en la composición de diversos lombrihumus en fincas experimentales en Santa Lucía de la Universidad Nacional de Costa Rica, menciona que el porcentaje de Nitrógeno del lombrihumus bovino es de 2.02% el cual tiene una coincidencia con el obtenido en la presente investigación que fue de 2.14%.

#### **5.1.2.2. Fosforo (%).**

El detalle de la información para el valor nutricional de fósforo “P” (%) de los diferentes sustratos orgánicos para cada tratamiento y bloque comprendió al periodo de estudio se presentan en el anexo A-7. Tomando como base esta información se describe en el tabla 21 los comportamientos por sustrato orgánico promedios para dicho elemento.

Con respecto al contenido de fósforo en los diferentes sustratos, estos resultados demuestran que en los tratamientos se registraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.01$ ), y no así entre los bloques comportándose éstos de manera similar entre ellos (A-10), pudiéndose apreciar que los promedios de los tratamientos oscilaron entre 0.59–0.0 %, registrándose entre los sustratos de acuerdo a la prueba estadística Duncan (A-11) los promedios más alto en estiércol bovino y pulpa de café (0.59 y 0.48%; respectivamente), seguido de rastrojo de frijol con 0.26%, también de los sustratos bagazo de Caña y

**Tabla 21.** Contenido de fósforo (%) en humus de los sustratos orgánicos.

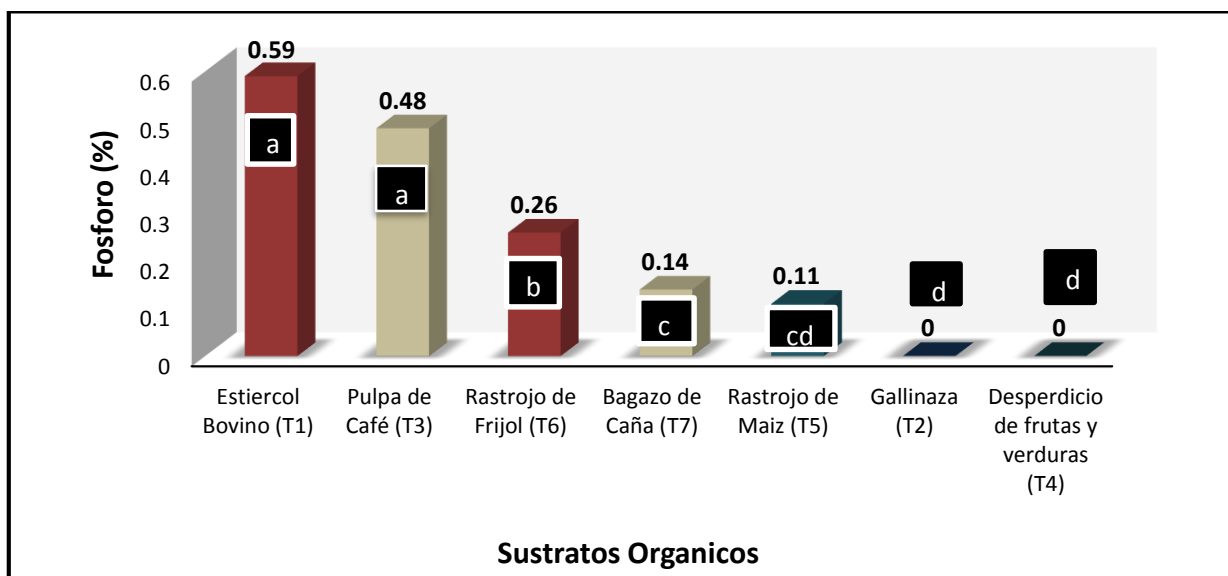
Tratamiento	Fósforo (%)	N
(T1) Estiércol Bovino	0.59 a	3
(T3) Pulpa de Café	0.48 a	3
(T6) Rastrojo de Frijol	0.26 b	3
(T7) Bagazo de Caña	0.14 c	3
(T5) Rastrojo de Maíz	0.11 cd	3
(T2) Gallinaza	0.0 d	3
(T4) Desperdicio de frutas y verduras	0.0 d	3
<b>Promedio (<math>\bar{X}</math>)</b>	<b>0.32</b>	<b>3</b>
<b>Total (<math>\sum X</math>)</b>	<b>1.59</b>	<b>21</b>

\*Fósforo= Contenido de Fósforo promedio por tratamiento (%)

\*\*N= Numero de repeticiones por tratamiento.

rastrojo de maíz (0.14 y 0.11%; respectivamente).

Sin embargo, en los tratamientos Gallinaza y desperdicio de frutas y verduras no se pudo obtener los aportes de Fósforo (%), puesto que las producciones de Humus respectivas de los sustratos fueron nulas, (A-1), (A-7), (tabla 21), (ilustración 5).



**Ilustración 5.** Contenido de Fósforo (%) en los sustratos orgánicos.

Gonzales y col. (2007), en un estudio similar demostraron que analizando el porcentaje de fósforo en las muestras de lombrabono de los diferentes tratamientos evaluados, existieron diferencias estadísticas significativa al 5%

entre Pulpa de café (T2): 0.29%, sobre los demás tratamientos: Estiércol Bovino (T1): 0.23%, Cachaza de Caña (T4): 0.25% y Desperdicios de frutas y verduras (T3): 0.24%; siendo muy similares estos datos a los obtenidos en el presente estudio.

Legall y col. (2006), mencionan que la cantidad de nutrientes que contiene el lombrihumus dependerá de las características químicas del sustrato que le dieron origen, siendo los porcentajes de fósforo según Orantes Marinero (1998), quien le realizó un análisis bromatológico al lombrihumus de su experimento resultándole como mejor en Fósforo: la pulpa de café expresado en partes por millón (1500 ppm), en nuestro caso también fue uno de los mejores pulpa de café (T2) con un porcentaje de 0.48%, siendo similar al estiércol bovino (T1) con 0.59%, seguido de rastrojo de frijol, bagazo de caña y rastrojo de maíz con 0.26, 0.14, 0.11%; respectivamente. Estos resultados se debieron posiblemente a que la pulpa de café y el estiércol bovino según el Manual de caficultura orgánica (2008), presentan 0.19 y 0.21%, a esto sumado lo que se produce durante el proceso digestivo de la lombriz por la actividad microbiana que se lleva a cabo durante el periodo de reposo en el lecho.

También, según Orantes Marinero (1998), es de 0.12% para bagazo de Caña, 0.30% para rastrojo de leguminosas, y 0.09% para la caña de maíz. Comparando los datos anteriores con los resultados de la presente investigación se observa que hay valores similar en el porcentaje de fósforo de lombrihumus.

Además, Hernández (2006), en un estudio en la composición de diversos lombrihumus en fincas experimentales en Santa Lucía de la Universidad Nacional de Costa Rica, menciona que el porcentaje de fósforo del lombrihumus bovino es de 0.47% el cual tiene una coincidencia con el obtenido en la presente investigación que fue de 0.59%. También, este resultado fue similar al encontrado por Campos y col. (1997) que es de 0.42%; esto es debido a que no se sabe qué tipo de alimento se le estaba suministrando al ganado de igual manera en nuestro caso.

#### **5.1.2.3. Potasio (%).**

El detalle de la información para el valor nutricional de potasio “K” (%) de los diferentes sustratos orgánicos para cada tratamiento y bloque comprendió al periodo de estudio se presentan en el anexo A-1. Tomando como base esta



información se describe en el tabla 22 los comportamientos por sustrato orgánico promedios para dicho elemento.

**Tabla 22.** Contenido de potasio (%) en humus de los sustratos orgánicos.

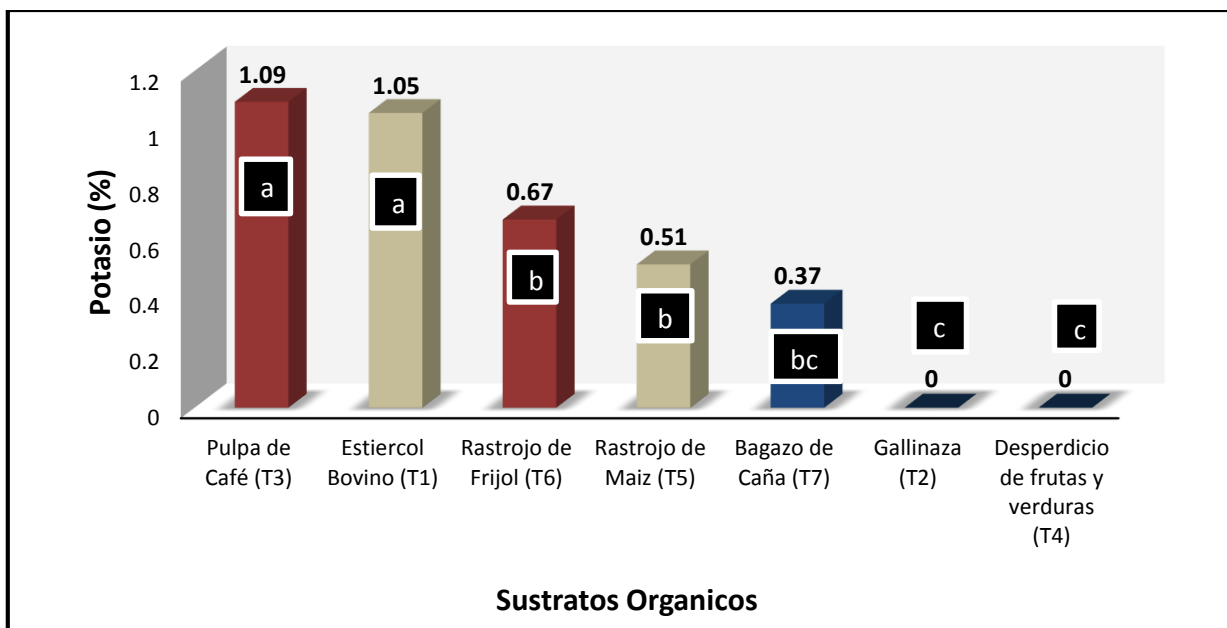
<b>Tratamiento</b>	<b>Potasio (%)</b>	<b>N</b>
<b>(T3)</b> Pulpa de Café	1.09 <b>a</b>	3
<b>(T1)</b> Estiércol Bovino	1.05 <b>a</b>	3
<b>(T6)</b> Rastrojo de Frijol	0.67 <b>b</b>	3
<b>(T5)</b> Rastrojo de Maíz	0.51 <b>b</b>	3
<b>(T7)</b> Bagazo de Caña	0.37 <b>bc</b>	3
<b>(T2)</b> Gallinaza	0.0 <b>c</b>	3
<b>(T4)</b> Desperdicio de frutas y verduras	0.0 <b>c</b>	3
<b>Promedio (<math>\bar{X}</math>)</b>	<b>0.73</b>	<b>3</b>
<b>Total (<math>\sum X</math>)</b>	<b>3.69</b>	<b>21</b>

\*Potasio= Contenido de potasio promedio por tratamiento (%)

\*\*N= Numero de repeticiones por tratamiento.

Con respecto al contenido de potasio en los diferentes sustratos, estos resultados demuestran que en los tratamientos se registraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.01$ ), y no así entre los bloques comportándose éstos de manera similar entre ellos (A-12), pudiéndose apreciar que los promedios de los tratamientos oscilaron entre 1.09–0.0%, registrándose entre los sustratos de acuerdo a la prueba estadística Duncan (A-13) los promedios más altos en pulpa de café y Estiércol Bovino (01.093 y 1.05%); respectivamente, seguido de Rastrojo de Frijol, Rastrojo de Maíz y Bagazo de Caña con 0.67, 0.51 y 0.37%; respectivamente. Sin embargo, en los tratamientos Gallinaza y desperdicio de frutas y verduras no se pudo obtener los aportes de potasio (%), puesto que las producciones de Humus respectivas de los sustratos fueron nulas, (A-1), (A-7), (tabla 22), (ilustración 6).

Gonzales y col. (2007), en un estudio similar demostraron que analizando el porcentaje de fósforo en las muestras de lombricoma de los diferentes tratamientos evaluados, existieron diferencias estadísticas significativa al 1% entre Pulpa de café (T2): 8.43%, sobre los demás tratamientos: Desperdicios de frutas y verduras (T3): 5.30%, Cachaza de Caña (T4): 2.24% y Estiércol Bovino(T1): 01.98%, siendo esto datos muy similares a los encontrados en el presente estudio: pulpa de café y Estiércol Bovino con 01.093 y 1.05%;



**Ilustración 6.** Contenido de Potasio (%) en los sustratos orgánicos.

respectivamente, Rastrojo de Frijol, Rastrojo de Maíz y Bagazo de Caña con 0.67, 0.51 y 0.37%; respectivamente.

Orantes Marinero (1998), a través del departamento de Suelos y Química Agrícola del ISIC realizó un análisis a la pulpa de café de su estudio de lombríhumus resultando en un porcentaje de potasio de 4.48%, De igual manera Campos y col. (1997), realizaron un análisis químico a los rastrojos de leguminosas y les resultó de 0.48% de potasio; con relación al bagazo de caña y rastrojos de maíz Orantes Marinero realizó (1998), un análisis químico en el cual resultó de 0.10 y 0.29%; respectivamente. También, Verdejo (2005), menciona que el porcentaje de potasio del estiércol bovino es de 1.0%.

De acuerdo a lo anterior, Emison (2006), menciona que en el interior del intestino de la lombriz se dan procesos de fraccionamiento, desdoblamiento, síntesis y enriquecimiento enzimático y microbiano; esto tiene como consecuencia un significativo aumento en el contenido de potasio resultando un producto de buena calidad según así sea el sustrato digerido por la lombriz.

#### 5.1.2.4. Calcio (%).

El detalle de la información para el valor nutricional del microelemento calcio "Ca" (%) de los diferentes sustratos orgánicos para cada tratamiento y bloque comprendió al periodo de estudio se presentan en el anexo A-1. Tomando como base esta información se describe en el tabla 23 los comportamientos por

sustrato orgánico promedios para dicho microelemento.

**Tabla 23.** Contenido de calcio (%) en humus de los sustratos orgánicos.

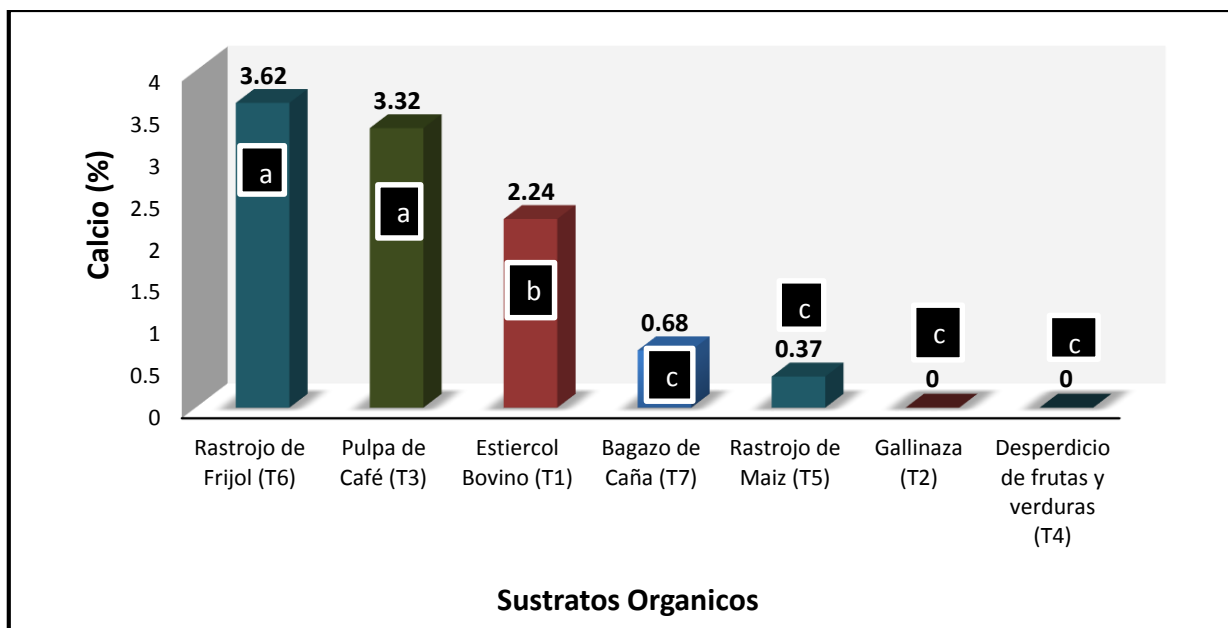
<b>Tratamiento</b>	<b>Calcio (%)</b>	<b>N</b>
<b>(T6)</b> Rastrojo de Frijol	3.62 <b>a</b>	3
<b>(T3)</b> Pulpa de Café	3.32 <b>a</b>	3
<b>(T1)</b> Estiércol Bovino	2.24 <b>b</b>	3
<b>(T7)</b> Bagazo de Caña	0.68 <b>c</b>	3
<b>(T5)</b> Rastrojo de Maíz	0.37 <b>c</b>	3
<b>(T2)</b> Gallinaza	0.0 <b>c</b>	3
<b>(T4)</b> Desperdicio de frutas y verduras	0.0 <b>c</b>	3
<b>Promedio (<math>\bar{X}</math>)</b>	<b>2.04</b>	<b>3</b>
<b>Total (<math>\sum X</math>)</b>	<b>10.23</b>	<b>21</b>

\*Calcio= Contenido de Calcio promedio por tratamiento (%)

\*\*N= Numero de repeticiones por tratamiento.

Con respecto al contenido de Calcio en los diferentes sustratos, estos resultados demuestran que en los tratamientos se registraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.01$ ), y no así entre los bloques comportándose éstos de manera similar entre ellos (A-14); pudiéndose apreciar que los promedios de los tratamientos oscilaron entre 3.62-0.0%, siendo los mejores promedios entre los sustratos de acuerdo a la prueba estadística Duncan (A-15): Rastrojo de Frijol y pulpa de café con 3.62 y 3.32%; respectivamente, seguido de los sustratos estiércol bovino con 2.24%, además del Rastrojo de Maíz y Bagazo de Caña con 0.683 y 0.683%; respectivamente. Sin embargo, en los tratamientos Gallinaza y desperdicio de frutas y verduras no se pudo obtener los aportes de Calcio (%), puesto que las producciones de Humus respectivas de los sustratos fueron nulas, (A-1), (A-7), (tabla 23), (ilustración 7).

Similar información a los datos del presentes estudio fue la encontrada por Alipio Mujica y Col. (2005), quienes evaluaron el contenido nutricional de microelementos presente en humus producido por Lombriz Californiana que fue inoculada en estiércol bovino (T1) y sustratos fibrosos como: rastrojo de frijol (T2) y bagazo de Caña (T3); observándose diferencias estadísticas significativas  $\leq 1\%$ , donde el contenido de Calcio fue mayor en el T1 (6.74%), seguido de rastrojo de frijol con 5.32 % y por ultimo con 4.89% el T3 (Bagazo de Caña).



**Ilustración 7.** Contenido de Calcio (%) en los sustratos orgánicos.

#### 5.1.2.5. Magnesio (%).

El detalle de la información para el valor nutricional del microelemento Magnesio “Mn” (%) de los diferentes sustratos orgánicos para cada tratamiento y bloque comprendió al periodo de estudio se presentan en el anexo A-1. Tomando como base esta información se describe en el tabla 24 los comportamientos por sustrato orgánico promedios para dicho microelemento.

**Tabla 24.** Contenido de Magnesio (%) en humus de los sustratos orgánicos.

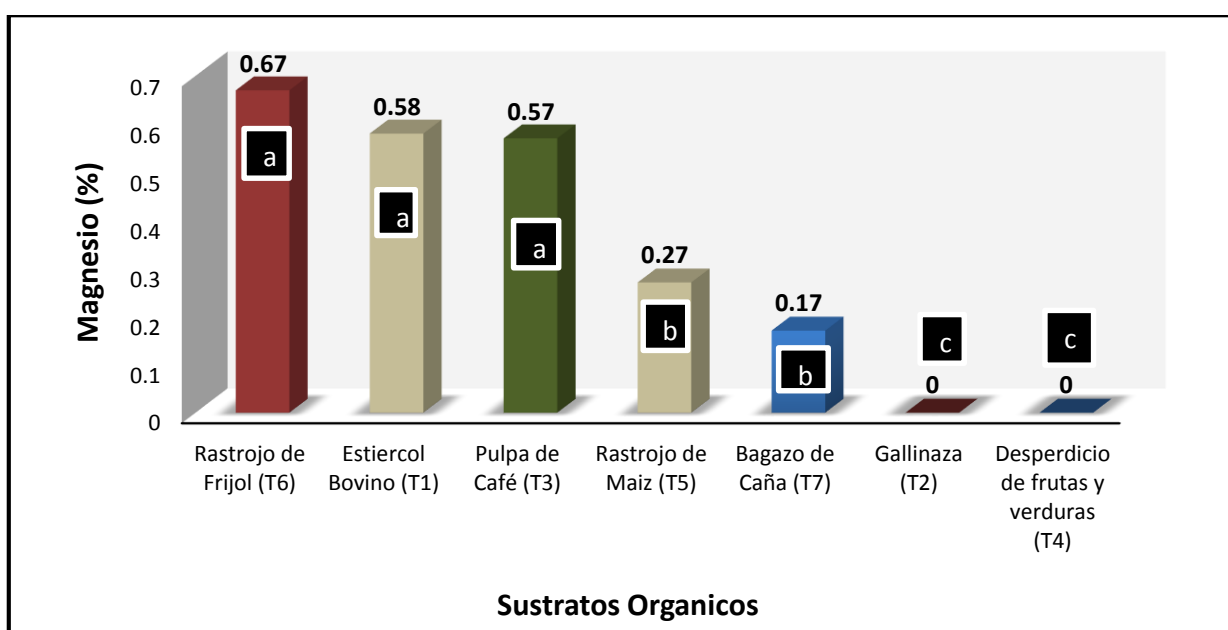
Tratamiento	Magnesio (%)	N
(T6) Rastrojo de Frijol	0.67 a	3
(T1) Estiércol Bovino	0.58 a	3
(T3) Pulpa de Café	0.57 a	3
(T5) Rastrojo de Maíz	0.27 b	3
(T7) Bagazo de Caña	0.17 b	3
(T2) Estiércol Gallinaza	0.0 c	3
(T4) Desperdicio de frutas y verduras	0.0 c	3
<b>Promedio (X)</b>	<b>0.45</b>	<b>3</b>
<b>Total (<math>\Sigma X</math>)</b>	<b>2.28</b>	<b>21</b>

\*Magnesio= Contenido de Magnesio promedio por tratamiento (%)

\*\*N= Numero de repeticiones por tratamiento.

Con respecto al contenido de Magnesio en los diferentes sustratos, estos resultados demuestran que en los tratamientos se registraron diferencias

estadísticas significativas ( $p < 0.01$ ), y no así entre los bloques comportándose éstos de manera similar entre ellos (A-16); pudiéndose apreciar que los promedios de los tratamientos oscilaron entre 0.67-0.0%, siendo los mejores promedios entre los sustratos de acuerdo a la prueba estadística Duncan (A-17): rastrojo de frijol, estiércol bovino y pulpa de café con 0.676, 0.58 y 0.576%; respectivamente, seguido de los sustratos Rastrojo de Maíz y Bagazo de Caña con 0.27 y 0.176%; respectivamente. Sin embargo, en los tratamientos Gallinaza y desperdicio de frutas y verduras no se pudo obtener los aportes de Magnesio (%), puesto que las producciones de Humus respectivas de los sustratos fueron nulas, (A-1), (A-7), (tabla 24), (ilustración 8).



**Ilustración 8.** Contenido de Magnesio (%) en los sustratos orgánicos.

Similares datos al encontrado en la presente investigación fue el obtenido por Alipio Mujica y Col. (2005), en su estudio, donde se evaluó el contenido nutricional de microelementos presente en humus producido por Lombriz Californiana alimentada con estiércol bovino (T1) y sustratos fibrosos como: rastrojo de frijol (T2) y bagazo de Caña (T3); observándose diferencias estadísticas significativas  $\leq 1\%$ , donde el contenido de magnesio fue mayor en el estiércol bovino con (0.98%), seguido del T3 con 0.77%, en el T2: 0.57%.

#### 5.1.2.6. Hierro (%).

El detalle de la información para el valor nutricional del microelemento Hierro "Fe" (%) de los diferentes sustratos orgánicos para cada tratamiento y

bloque comprendió al periodo de estudio se presentan en el anexo A-1. Tomando como base esta información se describe en el tabla 25 los comportamientos por sustrato orgánico promedios para dicho microelemento.

**Tabla 25.** Contenido de Hierro (%) en humus de los sustratos orgánicos.

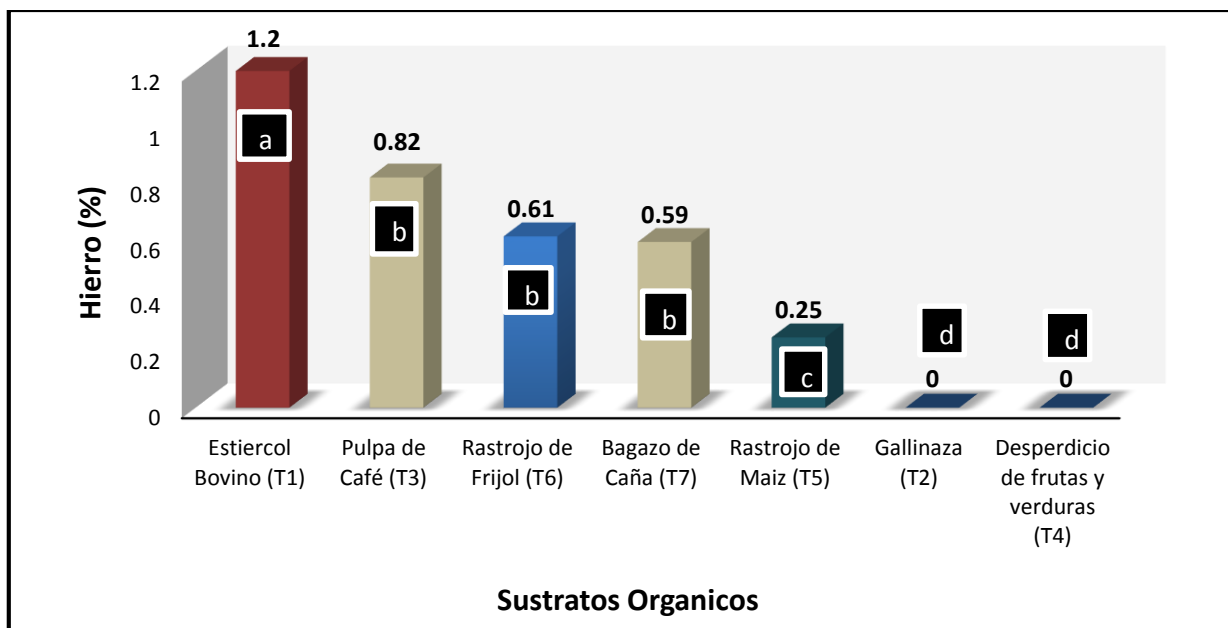
<b>Tratamiento</b>	<b>Hierro (%)</b>	<b>N</b>
<b>(T1)</b> Estiércol Bovino	1.20 <b>a</b>	3
<b>(T3)</b> Pulpa de Café	0.82 <b>b</b>	3
<b>(T6)</b> Rastrojo de Frijol	0.61 <b>b</b>	3
<b>(T7)</b> Bagazo de Caña	0.59 <b>b</b>	3
<b>(T5)</b> Rastrojo de Maíz	0.25 <b>c</b>	3
<b>(T2)</b> Estiércol Gallinaza	0.0 <b>d</b>	3
<b>(T4)</b> Desperdicio de frutas y verduras	0.0 <b>d</b>	3
<b>Promedio (X)</b>	<b>0.69</b>	<b>3</b>
<b>Total (<math>\Sigma X</math>)</b>	<b>3.48</b>	<b>18</b>

\*Hierro= Contenido de Hierro promedio por tratamiento (%)

\*\*N= Numero de repeticiones por tratamiento.

Con respecto al contenido de Hierro en los diferentes sustratos, estos resultados demuestran que en los tratamientos se registraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.01$ ), y no así entre los bloques comportándose éstos de manera similar entre ellos (A-18); pudiéndose apreciar que los promedios de los tratamientos oscilaron entre 0.67-0.0%, siendo el mejor promedio entre los sustratos de acuerdo a la prueba estadística Duncan (A-19): estiércol bovino (1.200%), seguido de pulpa de café, rastrojo de frijol y Bagazo de Caña con 0.82, 0.613 y 0.596%; respectivamente, además del sustrato Rastrojo de Maíz 0.25%. Sin embargo, en los tratamientos Gallinaza y desperdicio de frutas y verduras no se pudo obtener los aportes de Hierro (%), puesto que las producciones de Humus respectivas de los sustratos fueron nulas, (A-1), (A-7), (tabla 25), (ilustración 9).

Apaza y Rodríguez (2009), evaluó el contenido nutricional de microelementos en humus producido por Lombriz Californiana alimentada con estiércol bovino (T1) y cascarilla de café (T2); obteniéndose diferencias estadísticas significativas  $\leq 1\%$ , donde en el contenido del T1 se obtuvo 2.0% de hierro y en la cascarilla de café su presencia fue de 1.30%; siendo estos datos similares a los encontrados en el presentes estudio donde el estiércol bovino



**Ilustración 9.** Contenido de Hierro (%) en los sustratos orgánicos.

obtuvo el mejor contenido de hierro.

De igual manera al presente estudio, fue lo analizado por Alipio Mujica y Col. (2005), quienes determinaron el contenido nutricional de microelementos presente en humus producido por Lombriz Californiana que fue inoculada en estiércol bovino (T1) y sustratos fibrosos como: rastrojo de frijol (T2) y bagazo de Caña (T3); observándose diferencias estadísticas significativas  $\leq 1\%$ , donde el contenido de Hierro fue mayor en el estiércol bovino con (1.20%), seguido del T2 con 1.09% y en el T3: 0.74%.

#### 5.1.2.7. Cobre (mg/kg).

El detalle de la información para el valor nutricional del microelemento Cobre "Cu" (mg/kg) de los diferentes sustratos orgánicos para cada tratamiento y bloque comprendió al periodo de estudio se presentan en el anexo A-1. Tomando como base esta información se describe en el tabla 26 los comportamientos por sustrato orgánico promedios para dicho microelemento.

Con respecto al contenido de cobre en los diferentes sustratos, estos resultados demuestran que en los tratamientos se registraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.01$ ), y no así entre los bloques comportándose éstos de manera similar entre ellos (A-20); pudiéndose apreciar que los promedios de los tratamientos oscilaron entre 43.0-0.0%, siendo los mejores promedios entre los sustratos de acuerdo a la prueba estadística Duncan (A-21):

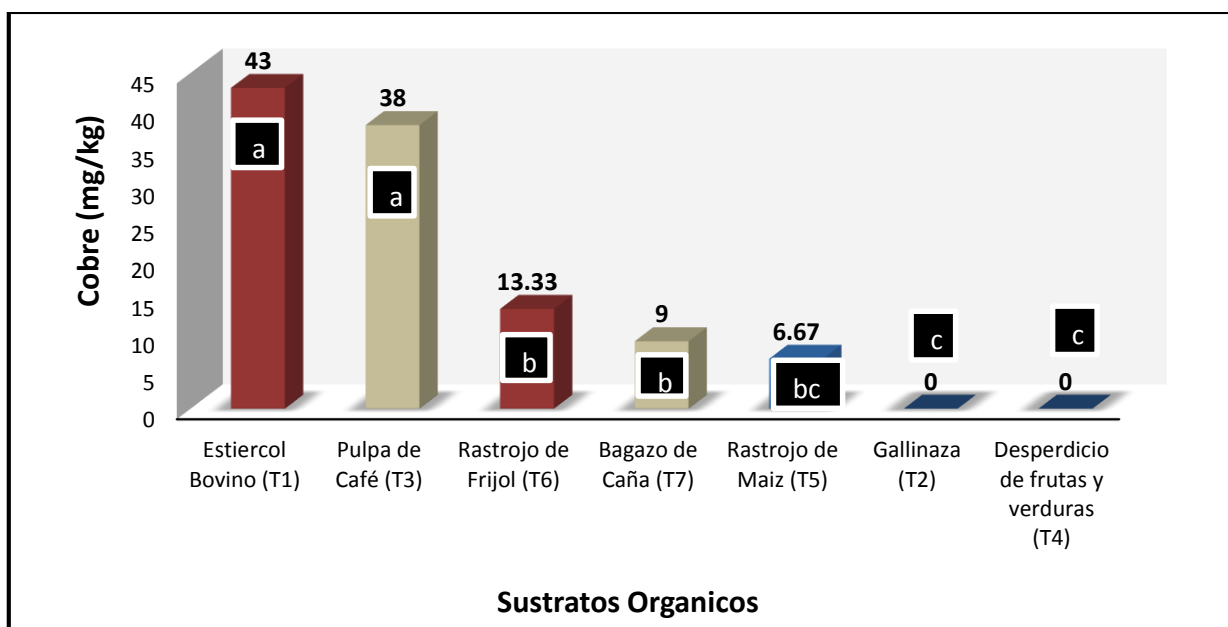
**Tabla 26.** Contenido de Cobre (mg/kg) en humus de los sustratos orgánicos.

Tratamiento	Cobre (mg/kg)	N
(T1) Estiércol Bovino	43 a	3
(T3) Pulpa de Café	38 a	3
(T6) Rastrojo de Frijol	13.3 b	3
(T7) Bagazo de Caña	9 b	3
(T5) Rastrojo de Maíz	6.6 bc	3
(T2) Estiércol Gallinaza	0.0 c	3
(T4) Desperdicio de frutas y verduras	0.0 c	3
<b>Promedio (X)</b>	<b>22.0</b>	<b>3</b>
<b>Total (<math>\Sigma X</math>)</b>	<b>110.0</b>	<b>18</b>

\*Cobre= Contenido de Cobre promedio por tratamiento (mg/kg)

\*\*N= Numero de repeticiones por tratamiento.

estiércol bovino y pulpa de café (43.0 y 38.0Mg/kg; respectivamente), seguidos de rastrojo de frijol, bagazo de Caña y rastrojo de Maíz con 13.33, 9.0 y 6.67Mg/kg; respectivamente. Sin embargo, en los tratamientos Gallinaza y desperdicio de frutas y verduras no se pudo obtener los aportes de Cobre (mg/kg), puesto que las producciones de Humus respectivas de los sustratos fueron nulas, (A-1), (A-7), (tabla 26), (ilustración 10).



**Ilustración 10.** Contenido de Cobre (mg/kg) en los sustratos orgánicos.

Similar fue lo expresado a la presente investigación pero en partes por millón



(ppm) por Alipio Mujica y Col. (2005), en su estudio, donde se evaluó el contenido nutricional de microelementos presente en humus producido por Lombriz Californiana alimentada con estiércol bovino (T1) y sustratos fibrosos como: rastrojo de frijol (T2) y bagazo de Caña (T3); observándose diferencias estadísticas significativas  $\leq 1\%$ , donde el estiércol bovino presento 163ppm de cobre, seguido de cascarilla de café (149ppm) y rastrojo de frijol con 131ppm.

También, Apaza y Rodríguez (2009), evaluó el contenido nutricional de microelementos (ppm) en humus producido por Lombriz Californiana alimentada con estiércol bovino (T1) y cascarilla de café (T2); obteniéndose diferencias estadísticas significativas  $\leq 1\%$ , respecto al contenido de Cobre 86.58 ppm fue lo registrado en el T1 y en el T2: 80.30 ppm; teniendo esta información una tendencia similar a la obtenida en este trabajo donde el estiércol bovino y la pulpa de café obtuvieron los mejores resultados con 470 y 424mg/kg; respectivamente.

#### 5.1.2.8. Manganeso (mg/kg).

El detalle de la información para el valor nutricional del microelemento Manganeso “Mg” (mg/kg) de los diferentes sustratos orgánicos para cada tratamiento y bloque comprendió al periodo de estudio se presentan en el anexo A-1. Tomando como base esta información se describe en el tabla 27 los comportamientos por sustrato orgánico promedios para dicho microelemento.

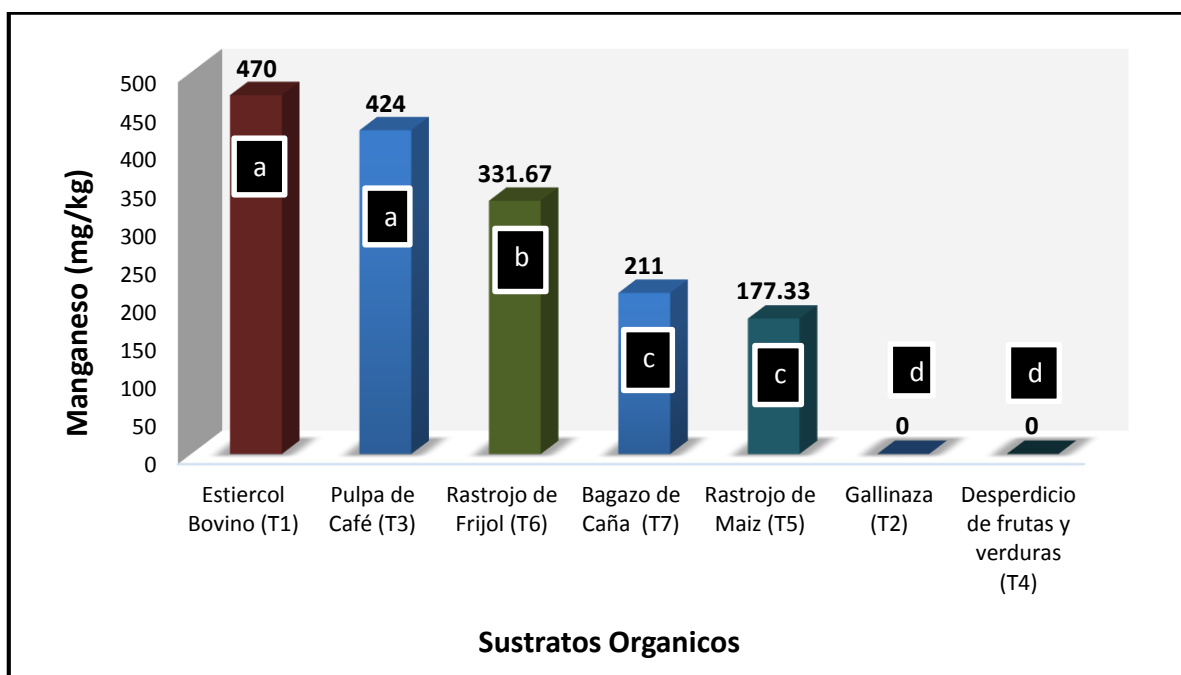
**Tabla 27.** Contenido de Manganeso (mg/kg) en humus de los sustratos orgánicos.

Tratamiento	Manganeso (mg/kg)	N
(T1) Estiércol Bovino	470 a	3
(T3) Pulpa de Café	424 a	3
(T6) Rastrojo de Frijol	331.6 b	3
(T7) Bagazo de Caña	211 c	3
(T5) Rastrojo de Maíz	177.3 c	3
(T2) Gallinaza	0.0 d	3
(T4) Desperdicio de frutas y verduras	0.0 d	3
<b>Promedio (X)</b>	<b>322.8</b>	<b>3</b>
<b>Total (<math>\Sigma X</math>)</b>	<b>1,614.0</b>	<b>18</b>

\*Manganeso= Contenido de Manganeso promedio por tratamiento (mg/kg)

\*\*N= Numero de repeticiones por tratamiento.

Con respecto al contenido de manganeso en los diferentes sustratos, estos resultados demuestran que en los tratamientos se registraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.01$ ), y no así entre los bloques comportándose éstos de manera similar entre ellos (A-22); pudiéndose apreciar que los promedios de los tratamientos oscilaron entre 470.0-0.0%, siendo los mejores promedios entre los sustratos de acuerdo a la prueba estadística Duncan (A-23): estiércol bovino y pulpa de café (470.0 y 424.0Mg/kg; respectivamente), seguidos de rastrojo de frijol, bagazo de Caña y rastrojo de Maíz con 331.67, 211.0 y 177.33Mg/kg; respectivamente. Sin embargo, en los tratamientos Gallinaza y desperdicio de frutas y verduras no se pudo obtener los aportes de Manganeso (Mg/kg), puesto que las producciones de Humus respectivas de los sustratos fueron nulas, (A-1), (A-7), (tabla 27), (ilustración 11).



**Ilustración 11.** Contenido de Manganeso (mg/kg) en los sustratos orgánicos.

En un estudio realizado por Apaza y Rodríguez (2009), se evaluó el contenido nutricional de microelementos en humus producido por Lombriz Californiana alimentada con estiércol bovino (T1) y cascarilla de café (T2); obteniéndose diferencias estadísticas significativas  $\leq 1\%$ , respecto al contenido de manganeso en el estiércol bovino fue mayor con 913.3 y 856.3ppm en el T2; siendo estos similares a los encontrados en el presente estudio donde el estiércol bovino y pulpa de café resultaron con los mejores contenidos en relación al resto de tratamientos.

También, Alipio Mujica y Col. (2005), al determinar el contenido nutricional (microelementos) presente en humus producido por Lombriz Californiana alimentada con estiércol bovino (T1) y sustratos fibrosos como: rastrojo de frijol (T2) y bagazo de Caña (T3); observándose diferencias estadísticas significativas  $\leq 1\%$ ; respecto al contenido de manganeso 536ppm fue lo registrado en el T1, 528 en el T2 y en T3: 511 ppm, siendo similares a la información determinada en la presente investigación donde el estiércol bovino (T1) obtuvo el mejor valor (470mg/kg).

#### 5.1.2.9. Zinc (mg/kg).

El detalle de la información para el valor nutricional del microelemento Zinc “Zn” (mg/kg) de los diferentes sustratos orgánicos para cada tratamiento y bloque comprendió al periodo de estudio se presentan en el anexo A-1. Tomando como base esta información se describe en el tabla 28 los comportamientos por sustrato orgánico promedios para dicho microelemento.

Con respecto al contenido de cobre en los diferentes sustratos, estos resultados demuestran que en los tratamientos se registraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.01$ ), y no así entre los bloques comportándose éstos de manera similar entre ellos (A-24); pudiéndose apreciar que los promedios de los tratamientos oscilaron entre 192.33-0.0%, siendo el mejor promedios entre los sustratos de acuerdo a la prueba estadística Duncan (A-25):

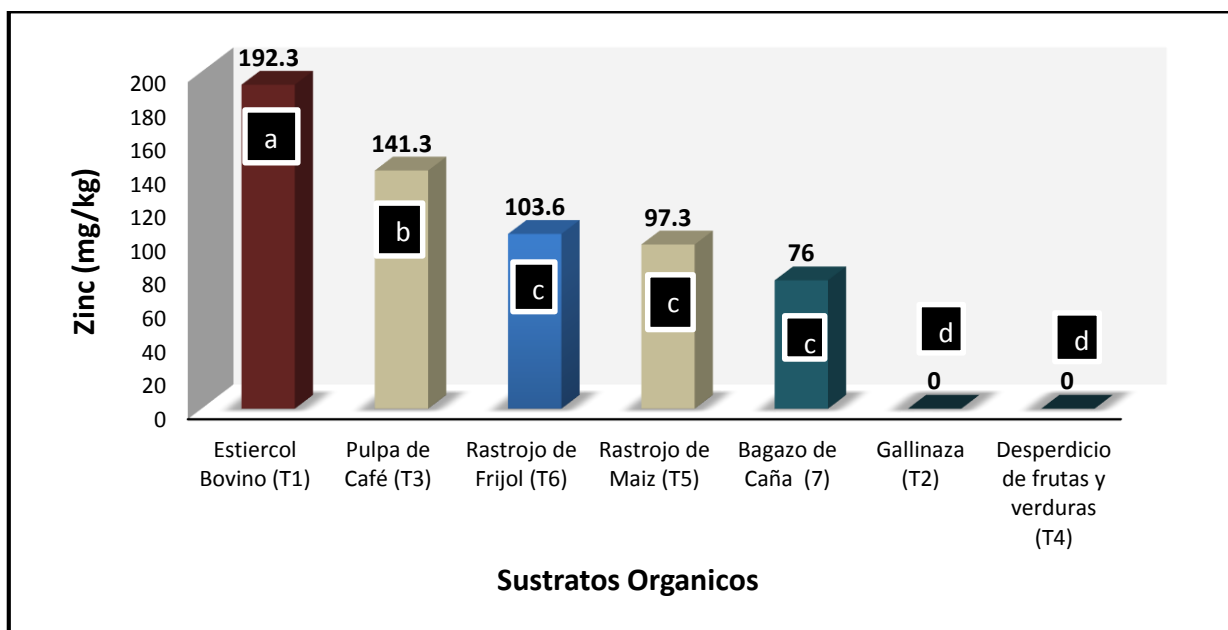
**Tabla 28.** Contenido de Zinc (mg/kg) en humus de los sustratos orgánicos.

Tratamiento	Zinc (mg/kg)	N
(T1) Estiércol Bovino	192.3 a	3
(T3) Pulpa de Café	141.3 b	3
(T6) Rastrojo de Frijol	103.6 c	3
(T5) Rastrojo de Maíz	97.3 c	3
(T7) Bagazo de Caña	76 c	3
(T2) Gallinaza	0.0 d	3
(T4) Desperdicio de frutas y verduras	0.0 d	3
<b>Promedio (X)</b>	<b>122.13</b>	<b>3</b>
<b>Total (<math>\sum X</math>)</b>	<b>610.66</b>	<b>18</b>

\*Zinc= Contenido de Zinc promedio por tratamiento (mg/kg)

\*\*N= Numero de repeticiones por tratamiento.

estiércol bovino (424.0Mg/kg), seguidos de pulpa de café, rastrojo de frijol, rastrojo de Maíz y bagazo de Caña con 141.33, 103.67, 97.33, y 76.0Mg/kg; respectivamente. Sin embargo, en los tratamientos Gallinaza y desperdicio de frutas y verduras no se pudo obtener los aportes de Zinc (Mg/kg), puesto que las producciones de Humus respectivas de los sustratos fueron nulas, (A-1), (A-7), (tabla 28), (ilustración 12).



**Ilustración 12.** Contenido de Zinc (mg/kg) en los sustratos orgánicos.

En un estudio realizado por Alipio Mujica y Col. (2005), se evaluó el contenido nutricional de microelementos presente en humus producido por Lombriz Californiana inoculada en estiércol bovino (T1) y sustratos fibrosos como: rastrojo de frijol (T2) y bagazo de Caña (T3); observándose diferencias estadísticas significativas  $\leq 1\%$ ; observándose que en el estiércol bovino fue mayor en los elementos zinc con 758ppm, en comparación con el T2 (639ppm) y con el Bagazo de Caña (T3): 481ppm; respectivamente. Siendo estos datos similares a los determinados en la presente investigación, en donde el T1 presento 192.33mg/kg de Zinc.

También, en un estudio realizado por Apaza y Rodríguez (2009), se evaluó el contenido nutricional de microelementos en humus producido por Lombriz Californiana alimentada con estiércol bovino (T1) y cascarilla de café (T2); obteniéndose diferencias estadísticas significativas  $\leq 1\%$ , pero respecto al contenido de zinc en la cascarilla de café fue mayor con 624.0 en relación a 602.1ppm en el T1, siendo diferente pero casi similar en nuestro estudio, ya que

el estiércol bovino (T1) presento el más alto contenido con 192.33mg/kg en comparación del resto de tratamientos en estudio.

## 5.2. Fase de Investigación II.

En esta fase se evaluó tomando como base al humus con mejor contenido del macroelemento químico “fosforo” (Estiércol Bovino), contra una fórmula tradicional (triple 15), contra “bocashi” y contra un testigo (sin aplicación), para determinar que fuente de fertilización provocaba un mejor rendimiento y desarrolló en el cultivo indicador “rábano”, a través de las siguientes variables:

### 5.2.1. Producción de Biomasa (Kg).

#### 5.2.1.1. Peso de Rábanos (tubérculos con su follaje) (Kg).

El detalle de la información para la variable peso de tubérculos con su follaje (producción de biomasa) para cada tratamiento y bloque comprendió al periodo de estudio se presentan en el anexo A-26. Tomando como base esta información se describe en el tabla 29 los comportamientos por fuente fertilizante promedios para el indicador peso de Rábano de dicha variable.

Con respecto al peso de rábanos con su follaje, estos resultados demuestran que en los tratamientos se registraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.01$ ), y no así entre los bloques comportándose éstos de manera similar entre ellos (A-28), pudiéndose apreciar que los promedios de los tratamientos oscilaron entre 2.92-2.0kgs, registrándose entre las fuentes de

**Tabla 29.** Peso de Tubérculos con su follaje en producción de biomasa (Kg) del cultivo indicador rábano.

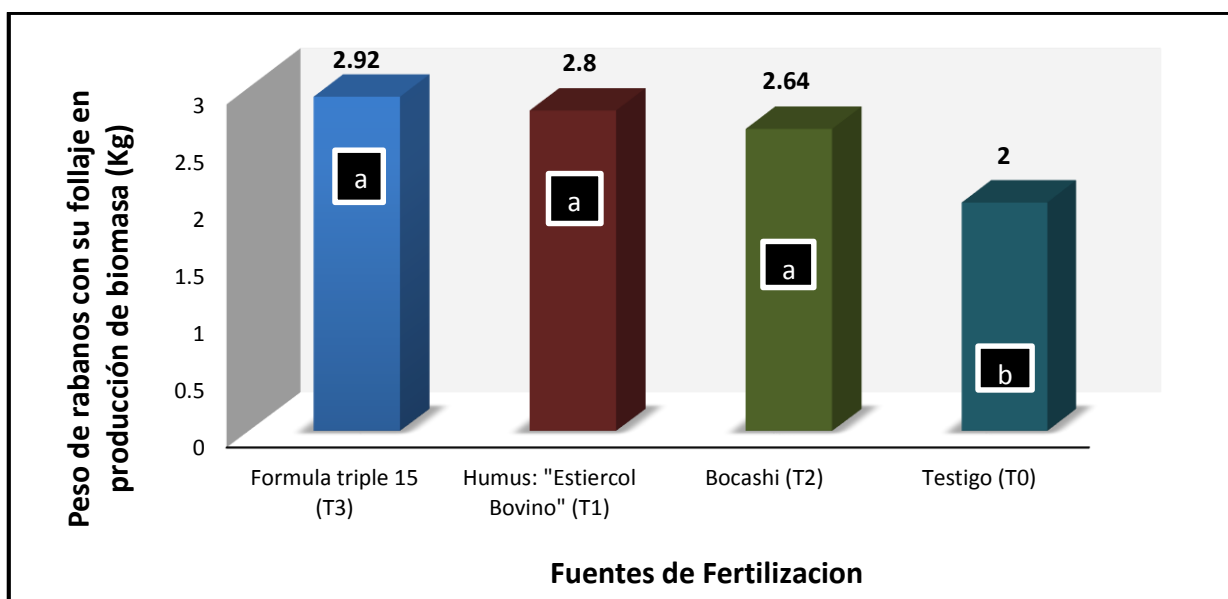
Tratamiento	Peso (kg)	N
(T3) Formula triple 15	2.92 a	5
(T1) Humus (Estiércol Bovino)	2.80 a	5
(T2) Bocashi	2.64 a	5
(T0) Testigo	2.0 b	5
<b>Promedio (X)</b>	<b>2.59</b>	<b>5</b>
<b>Total (<math>\sum X</math>)</b>	<b>10.36</b>	<b>20</b>

\*Peso = Peso de tubérculos con su follaje promedio por tratamiento (Kg)

\*\*N= Numero de repeticiones por tratamiento.

acuerdo a la prueba estadística Duncan (A-29) los promedios más altos de peso en Formula triple 15 y Humus: estiércol bovino (2.92 y 2.80kg); respectivamente,

y siendo similares estadísticamente entre ellos; seguido de Bocashi (2.64kgs); además se observó el promedio más bajo de peso en el tratamiento testigo con 2.0kg, (A-26), (tabla 29), (ilustración 13).



**Ilustración 13.** Peso de tubérculos con su follaje en producción de biomasa (Kg) del cultivo indicador rábano para las diferentes fuentes de fertilización.

Argueta (2011), determino productividad de rábano en condiciones de manejo orgánico: lombrihumus a razón de 30,000 kg/ha, compost 19,0000 kg/ha y Bocashi a razón de 50,000 kg/ha y un tratamiento químico (testigo): fertilizante completo (N, P, K) formula 15-15-15, a razón de 1,290 kg/ha; encontrando que no hubo diferencia significativa para las variables de crecimiento tomadas en momentos diferentes, con 29, 27, 30 y 30 cm en promedio. En cuanto a las variables de rendimiento la única que mostro significancia fue la variable peso de la raíz, logrando el Bocashi el mayor resultado con (22.3 gramos), y respecto a rendimiento del cultivo (unidad/área) los tratamientos no mostraron significancia entre ellos, con 24, 20, 23 y 24 frutos en promedio; respectivamente.

También, esto resultados de similitud estadística entre las fuentes fertilizantes, se debió a que se cubrieron exactamente los requerimientos nutricionales exigidos por el cultivo de Rábano en cada parcela en estudio, ya que según el departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), 2011, estos son N: 80, P: 120, K: 80 Kilogramos por Hectárea (ha); por lo cual los tratamientos en los cuales se aplicó alguna fuentes de fertilización, se les aporó la misma cantidad nutricional requerida para germinación, desarrollo y producción del cultivo, (A-35).

Además, influyeron otras actividades de manejo del cultivo como el método, frecuencia de Aporco y riego al cultivo, puesto que por estar presente la estación lluviosa en el país y debido a su intermitencia en frecuencia, ya que según el observatorio ambiental del MARN (2013) fueron 3mm/día de precipitación en promedio para el mes de Junio, por lo cual se determinó el proporcionar riegos manuales ligeros, por lo cual no se tuvo control si las actividades precipitación (lluvia) y riego manual cubrían los requerimientos en lámina de riego para un suelo de textura Franco-Arenoso que el cultivo rábano exige de: 6.6mm, (Chow, 2009).

Respecto a eso, Chow (2009), en su manual Método para satisfacer las necesidades de diseño de sistemas de riego por goteo en Hortalizas, expone que humedades por debajo de las necesidades exigidas afectara los rendimientos del cultivo de rábano, aunque se hayan cubierto los requerimientos nutricionales y sin interesar el tipo o variedad de semilla utilizada.

Lo cual también contrasta con la cultura del agricultor salvadoreño, puesto que en la mayoría de los casos en el sector agrícola se fertiliza excesivamente para obtener presuntivamente mejores rendimientos en cultivos por el aporte de mayores cantidades de nutrientes que los que se requiere, trayendo consigo graves consecuencias para el medio ambiente, al desconocer que ese exceso de fertilizante químico se pierde por lixiviación y fluye hacia los cuerpos de agua superficiales, se volatiliza también afectando al aire; además, saliniza, cambia el Ph y la estructura del suelo modificando las condiciones idóneas del hábitat de los microorganismos regeneradores y productores del mismo suelo.

De igual manera, Gonzales y col. (2007), manifiestan que los fertilizante químico ponen a disposición o liberan mucho más rápido sus nutrientes para que las plantas los utilicen, contrastando con la perspectiva ecológica de los abonos orgánicos, aunque la absorción es más lenta que los sintéticos, pero favorecen a los suelos al activar las bacterias descomponedoras, siendo estos a largo plazo la mejor alternativa, presto que los nutrientes que contienen los abonos orgánicos permanecen en el suelo mucho más tiempo que los artificiales, evitándose además que por lixiviación se contaminen los acuíferos o se laven o volatilicen más rápidamente de las capas superficiales del suelo.

Por otra parte, los datos obtenidos de parcelas testigo se debió a que el tipo de suelo en donde se cultivó contenía y aportó una suficientes cantidad de

elementos nutrientes al cultivo Rábano para poder este desarrollarse en biomasa y producir pero en mucha menor cantidad, en comparación con los otros tratamientos, (A-41).

### 5.2.1.2. Diámetro de Tubérculos (mm).

El detalle de la información para la variable diámetro de Tubérculo (producción de biomasa) para cada tratamiento y bloque comprendió al periodo de estudio se presentan en el anexo A-26. Tomando como base esta información se describe en el tabla 30 los comportamientos por fuente fertilizante promedios para el indicador diámetro de raíz de Rábano de dicha variable.

**Tabla 30.** Diámetro de tubérculos en producción de biomasa (mm) del cultivo indicador rábano.

Tratamiento	Diámetro (mm)	N
(T3) Formula triple 15	48.71 a	5
(T1) Humus (Estiércol Bovino)	46.90 a	5
(T2) Bocashi	44.69 a	5
(T0) Testigo	31.23 b	5
<b>Promedio (X)</b>	<b>42.88</b>	<b>5</b>
<b>Total (<math>\sum X</math>)</b>	<b>171.53</b>	<b>20</b>

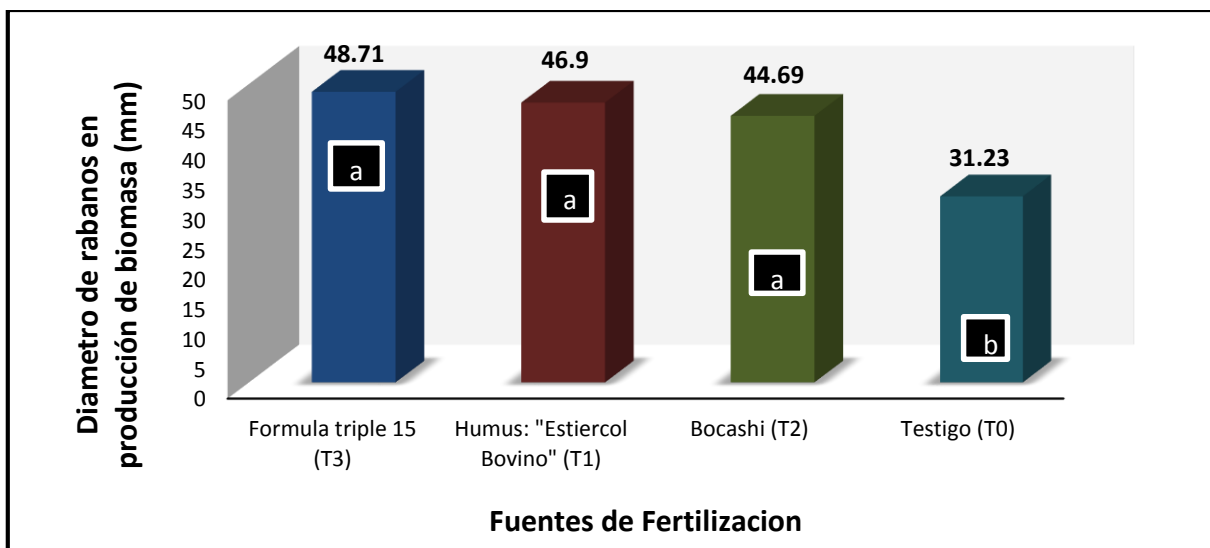
\*Diámetro = Diámetro de tubérculos promedio por tratamiento (mm)

\*\*N= Numero de repeticiones por tratamiento.

Con respecto al diámetro de frutos, estos resultados demuestran que en los tratamientos se registraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.01$ ), y no así entre los bloques comportándose éstos de manera similar entre ellos (A-30), pudiéndose apreciar que los promedios de los tratamientos oscilaron entre 48.71-31.23mm, registrándose entre las fuentes de acuerdo a la prueba estadística Duncan (A-31) los promedios más altos de diámetro en Formula triple 15 y Humus de estiércol bovino con 48.71 y 46.90mm; respectivamente, y siendo similares estadísticamente entre ellos; seguido de Bocashi (44.69mm); además se observó el promedio más bajo de diámetro en el tratamiento testigo con 31.23mm, (A-26), (tabla 30), (ilustración 14).

Argueta (2011), determino productividad de rábano en condiciones de manejo orgánico: lombrihumus a razón de 30,000 kg/ha, compost 19,0000 kg/ha y Bocashi a razón de 50,000 kg/ha y un tratamiento químico (testigo): fertilizante





**Ilustración 14.** Diámetro de tubérculos en producción de biomasa (mm) del cultivo indicador rábano para las diferentes fuentes de fertilización.

completo (N, P, K) formula 15-15-15, a razón de 1,290 kg/ha; encontrando que no hubo diferencia significativa para las variables de crecimiento tomadas en momentos diferentes, con 29, 27, 30 y 30 cm en promedio. En cuanto a las variables de rendimiento la única que mostro significancia fue la variable peso de la raíz, logrando el Bocashi el mayor resultado con (22.3 gramos), y respecto a rendimiento del cultivo (unidad/área) los tratamientos no mostraron significancia entre ellos, con 24, 20, 23 y 24 frutos en promedio; respectivamente.

También, influyeron otras actividades de manejo del cultivo como el método, frecuencia de Aporco y riego al cultivo, puesto que por estar presente la estación lluviosa en el país y debido a su intermitencia en frecuencia, ya que según el observatorio ambiental del MARN (2013) fueron 3mm/día de precipitación en promedio para el mes de Junio, por lo cual se determinó el proporcionar riegos manuales ligeros, por lo cual no se tuvo control si las actividades precipitación (lluvia) y riego manual cubrían los requerimientos en lámina de riego para un suelo de textura Franco-Arenoso que el cultivo rábano exige de: 6.6mm, (Chow, 2009).

Respecto a eso, Chow (2009), en su manual Método para satisfacer las necesidades de diseño de sistemas de riego por goteo en Hortalizas, expone que humedades por debajo de las necesidades exigidas afectara los rendimientos del cultivo de rábano, aunque se hayan cubierto los requerimientos nutricionales y sin interesar el tipo o variedad de semilla utilizada.

También, esto resultados de haber similitud estadísticas entre las fuentes

fertilizantes, se debió a que se cubrieron exactamente los requerimientos nutricionales exigidos por el cultivo de Rábano en cada parcela en estudio, ya que según el departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), 2011, estos son N: 80, P: 120, K: 80 Kilogramos por Hectárea (ha); por lo cual los tratamientos en los cuales se aplicó alguna fuentes de fertilización, se les aporó la misma cantidad nutricional requerida para germinación, desarrollo y producción del cultivo, (A-35).

Lo cual también contrasta con la cultura del agricultor salvadoreño, puesto que en la mayoría de los casos en el sector agrícola se fertiliza excesivamente para obtener presuntivamente mejores rendimientos en cultivos por el aporte de mayores cantidades de nutrientes que los que se requiere, trayendo consigo graves consecuencias para el medio ambiente, al desconocer que ese exceso de fertilizante químico se pierde por lixiviación y fluye hacia los cuerpos de agua superficiales, se volatiliza también afectando al aire; además, saliniza, cambia el Ph y la estructura del suelo modificando las condiciones idóneas del hábitat de los microorganismos regeneradores y productores del mismo suelo.

De igual manera, Gonzales y col. (2007), manifiestan que los fertilizante químico ponen a disposición o liberan mucho más rápido sus nutrientes para que las plantas los utilicen, contrastando con la perspectiva ecológica de los abonos orgánicos, aunque la absorción es más lenta que los sintéticos, pero favorecen a los suelos al activar las bacterias descomponedoras, siendo estos a largo plazo la mejor alternativa, presto que los nutrientes que contienen los abonos orgánicos permanecen en el suelo mucho más tiempo que los artificiales, evitándose además que por lixiviación se contaminen los acuíferos o se laven o volatilicen más rápidamente de las capas superficiales del suelo.

Por otra parte, los datos obtenidos de parcelas testigo se debió a que el tipo de suelo en donde se cultivó contenía y aporó una mínima y significativa pero a la vez suficientes cantidad de elementos nutrientes al cultivo Rábano para poder este desarrollarse en biomasa y producir pero en mucha menor cantidad, diámetro y peso de frutos en comparación con los otros tratamientos, (A-41).

### **5.2.2. Rendimiento del Cultivo (u/Mt<sup>2</sup>).**

El detalle de la información para la variable rendimiento del cultivo (unidad/mt<sup>2</sup>) para cada tratamiento y bloque comprendió al periodo de estudio se

presentan en el anexo A-27. Tomando como base esta información se describe en el tabla 31 los comportamientos por fuentes fertilizante promedios de dicha variable.

**Tabla 31.** Rendimiento (u/Mt<sup>2</sup>) del cultivo indicador “Rábano” para las diferentes fuentes fertilizantes.

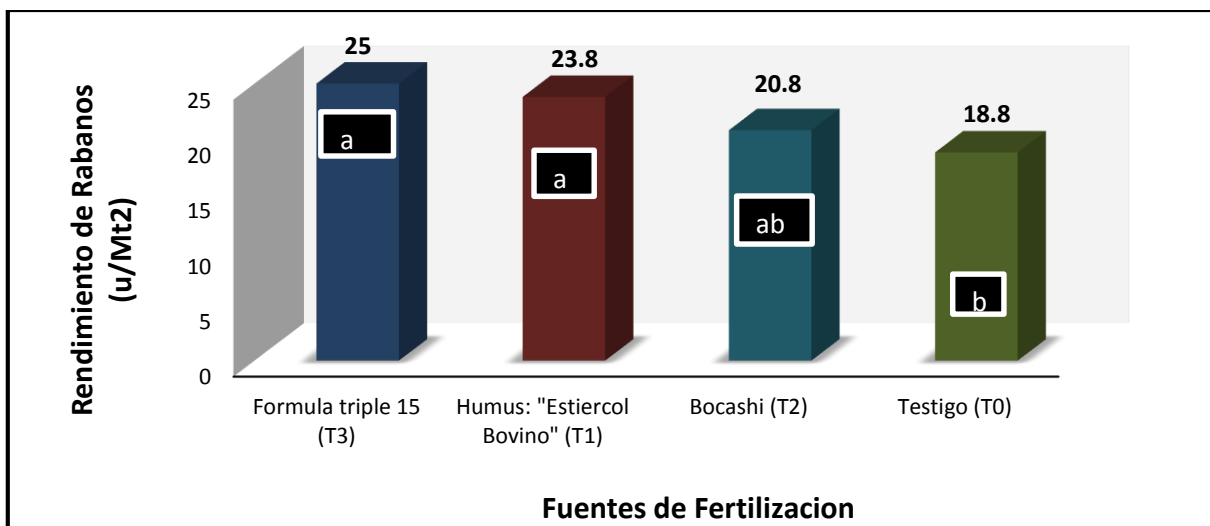
<b>Tratamiento</b>	<b>Rendimiento (u/Mt<sup>2</sup>)</b>	<b>N</b>
<b>(T3)</b> Formula triple 15	25 <b>a</b>	5
<b>(T1)</b> Humus (Estiércol Bovino)	23.8 <b>a</b>	5
<b>(T2)</b> Bocashi	20.8 <b>ab</b>	5
<b>(T0)</b> Testigo	18.8 <b>b</b>	5
<b>Promedio (X)</b>	<b>22.1</b>	<b>5</b>
<b>Total (<math>\sum X</math>)</b>	<b>88.4</b>	<b>20</b>

\*Rendimiento = Unidades de Rábano/metro cuadrado promedio por tratamiento (u/Mt<sup>2</sup>). \*\*N= Numero de repeticiones por tratamiento.

Con respecto al rendimiento del cultivo indicador, estos resultados demuestran que en los tratamientos se registraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.01$ ), y no así entre los bloques comportándose éstos de manera similar entre ellos (A-32), pudiéndose apreciar que los promedios de los tratamientos oscilaron entre 25.0-18.8(u/Mt<sup>2</sup>), registrándose entre las fuentes de acuerdo a la prueba estadística Duncan (A-33) los promedio más altos de rendimiento en formula triple 15 y Humus de estiércol bovino (25.0 y 23.8u/Mt<sup>2</sup>; respectivamente), seguido de la fuente Bocashi con 20.8u/Mt<sup>2</sup>; además se observó el promedio más bajo de peso en el tratamiento testigo con 18.8u/Mt<sup>2</sup>, (A-27), (tabla 31), (ilustración 15).

Esto resultados de haber similitud estadísticas entre las fuentes fertilizantes, se debió a que se cubrieron exactamente los requerimientos nutricionales exigidos por el cultivo de Rábano en cada parcela en estudio, ya que según el departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), 2011, estos son N: 80, P: 120, K: 80 Kilogramos por Hectárea (ha); por lo cual los tratamientos en los cuales se aplicó alguna fuentes de fertilización, se les aporco la misma cantidad nutricional requerida para germinación, desarrollo y producción del cultivo, (A-35).

Además, influyeron otras actividades de manejo del cultivo como el método, frecuencia de Aporco y riego al cultivo, puesto que por estar presente la



**Ilustración 15.** Rendimiento (u/Mt2) del cultivo indicador “Rabano” para las diferentes fuentes de fertilización.

estación lluviosa en el país y debido a su intermitencia en frecuencia, ya que según el Observatorio Ambiental del MARN (2013) fueron 3mm/día de precipitación en promedio para el mes de Junio, por lo cual se determinó el proporcionar riegos manuales ligeros, por lo cual no se tuvo control si las actividades precipitación (lluvia) y riego manual cubrían los requerimientos en lámina de riego para un suelo de textura Franco-Arenoso que el cultivo rábano exige de: 6.6mm, (Chow, 2009).

Respecto a eso, Chow (2009), en su manual Método para satisfacer las necesidades de diseño de sistemas de riego por goteo en Hortalizas, expone que humedades debajo de las necesidades exigidas afectara los rendimientos del cultivo de rábano, aunque se hayan cubierto los requerimientos nutricionales y sin interesar el tipo o variedad de semilla utilizada.

Lo cual también contrasta con la cultura del agricultor salvadoreño, puesto que en la mayoría de los casos en el sector agrícola se fertiliza excesivamente para obtener presuntivamente mejores rendimientos en cultivos por el aporte de mayores cantidades de nutrientes que los que se requiere, trayendo consigo graves consecuencias para el medio ambiente, al desconocer que ese exceso de fertilizante químico se pierde por lixiviación y fluye hacia los cuerpos de agua superficiales, se volatiliza también afectando al aire; además, saliniza, cambia el Ph y la estructura del suelo modificando las condiciones idóneas del hábitat de los microorganismos regeneradores y productores del mismo suelo.

Por otra parte, Argueta (2011), determino productividad de rábano en

condiciones de manejo orgánico: lombrihumus a razón de 30,000 kg/ha, compost 19,000 kg/ha y Bocashi a razón de 50,000 kg/ha y un tratamiento químico (testigo): fertilizante completo (N, P, K) fórmula 15-15-15, a razón de 1,290 kg/ha; encontrando que no hubo diferencia significativa para las variables de crecimiento tomadas en momentos diferentes, con 29, 27, 30 y 30 cm en promedio. En cuanto a las variables de rendimiento la única que mostro significancia fue la variable peso de la raíz, logrando el Bocashi el mayor resultado con (22.3 gramos), y respecto a rendimiento del cultivo (unidad/área) los tratamientos no mostraron significancia entre ellos, con 24, 20, 23 y 24 frutos en promedio; respectivamente.

De igual manera, Gonzales y col. (2007), manifiestan que los fertilizante químico ponen a disposición o liberan mucho más rápido sus nutrientes para que las plantas los utilicen, contrastando con la perspectiva ecológica de los abonos orgánicos, aunque la absorción es más lenta que los sintéticos, pero favorecen a los suelos al activar las bacterias descomponedoras, siendo estos a largo plazo la mejor alternativa, presto que los nutrientes que contienen los abonos orgánicos permanecen en el suelo mucho más tiempo que los artificiales, evitándose además que por lixiviación se contaminen los acuíferos o se laven o volatilicen más rápidamente de las capas superficiales del suelo.

Además, los datos obtenidos de parcelas testigo se debió a que el tipo de suelo en donde se cultivó contenía y apporto una mínima y significativa pero a la vez suficientes cantidad de elementos nutrientes al cultivo Rábano para poder este desarrollarse en biomasa y producir pero en mucha menor cantidad, en comparación con los otros tratamientos, (A-41).

### **5.2.3. Clasificación Comercial de Rábanos.**

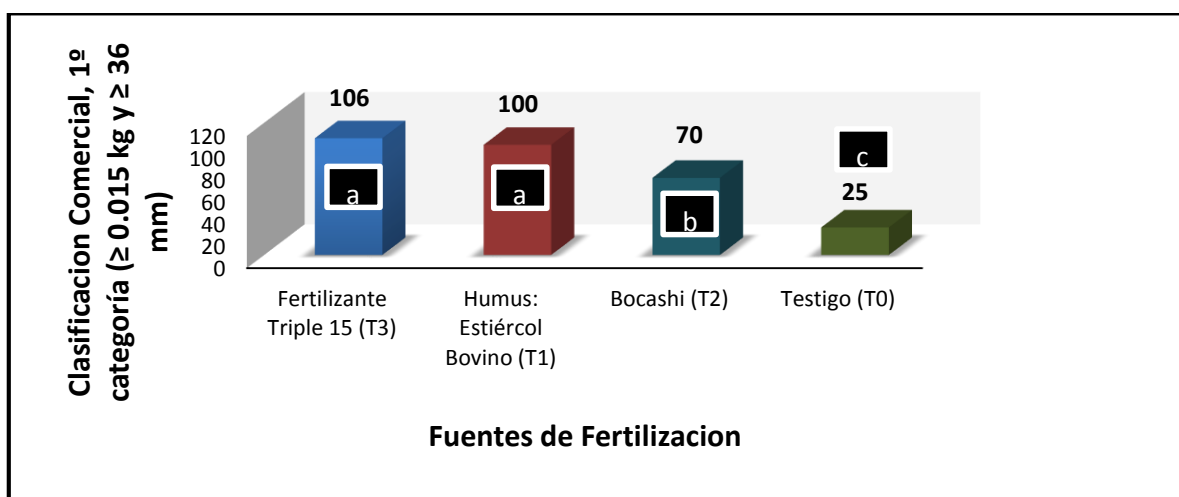
Por otra parte, se observó que sin existir diferencias estadísticas significativas T3 con el T1 (fertilizante triple 15 y Humus de estiércol bovino), fueron los que obtuvieron los mayores números de rábanos clasificados como de 1° categoría ( $\geq 0.015$  kg y  $\geq 36$  mm) con: 106 y 100; respectivamente, seguidos de Bocashi (70 frutos) y por último el tratamiento testigo con 25 frutos. Aunque, para el caso de rábanos de 2° categoría ( $\leq 0.014$  kg y  $\leq 35$  mm), el T0 (testigo) presento 69 tubérculos en total, seguido del T2 (bocashi) con 34 rábanos y por último los tratamientos T3 (Humus de estiércol bovino) y T1 (triple 15), con 19 y 19 rábanos clasificados; respectivamente, (tabla 32), (ilustración 16, ilustración 17), (A-36, A-37, A-38, A-39, A-40).

**Tabla 32.** Clasificación comercial de frutos de rábano para las diferentes fuentes fertilizantes.

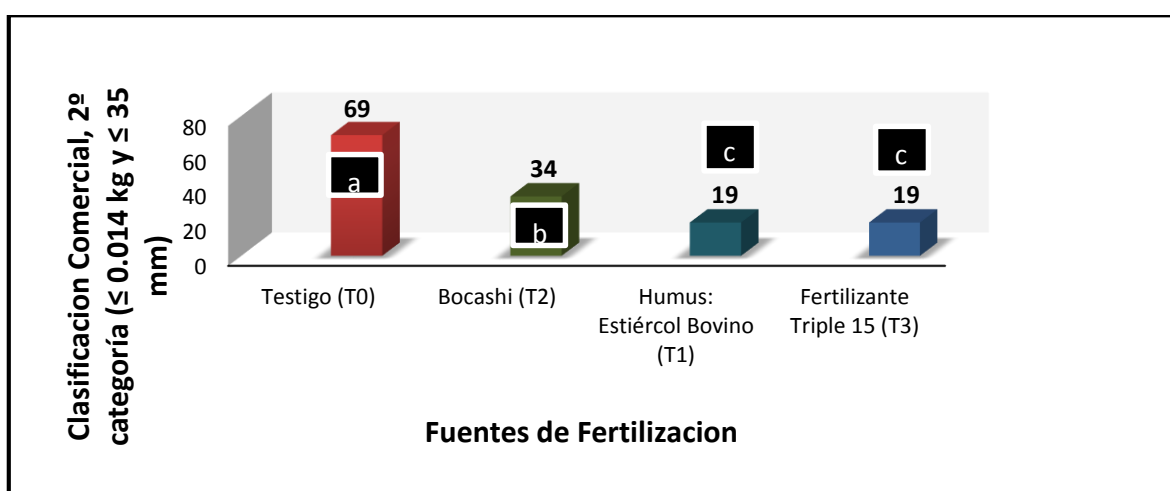
TRATAMIENTOS	Clasificación de Frutos de Rábano		ΣX
	1º categoría (≥ 0.015 kg y ≥ 36 mm)	2º categoría (≤ 0.014 kg y ≤ 35 mm)	
Fertilizante Triple 15 (T3)	106 a	19 c	125
Humus: Estiércol Bovino (T1)	100 a	19 c	119
Bocashi (T2)	70 b	34 b	104
Testigo (T0)	25 c	69 a	94

\*Clasificación = Clasificación comercial de frutos de rábano por tratamiento.

\*\*ΣX = Número total de frutos por tratamiento.



**Ilustración 16.** Clasificación comercial, 1ª categoría de frutos de rábano para las diferentes fuentes fertilizantes.



**Ilustración 17.** Clasificación comercial, 2ª categoría de frutos de rábano para las diferentes fuentes fertilizantes.

## CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 6.1. Conclusiones.

Finalizada la investigación y en base a los resultados obtenidos se presentan las conclusiones siguientes:

1. En cuanto a producción de Humus, entre los tratamientos se registraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.01$ ), y no así entre los bloques comportándose éstos de manera similar entre ellos.
2. El Sustrato estiércol bovino (T1) fue el mejor en producción de Humus con 57Kg en promedio ( $p < 0.01$ ), seguido por pulpa de café (42Kg), Rastrojo de Maíz (27Kg) y por último los sustrato Bagazo de Caña y Rastrojo de Frijol (24 y 15Kg; respectivamente).
3. Se observó que en los tratamientos Gallinaza (T2) y desperdicio de frutas y verduras (T4) la producción de Humus fue Nula, esto debido a condiciones físico-químicas ( $T^\circ$ , Humedad y Ph) presentes en los sustratos, las cuales les fueron adversas al desarrollo, producción y reproducción por parte de la Lombriz Californiana, dificultando la obtención de la información: producción de humus y contenido nutricional para ambos sustratos.
4. En cuanto a valores nutricionales de los sustratos, entre los tratamientos se registraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.01$ ), y no así entre los bloques comportándose éstos de manera similar entre ellos.
5. El porcentaje de nitrógeno fue mayor en la pulpa de café (T3) donde se obtuvo un promedio de 3.01% ( $p < 0.01$ ), seguido del rastrojo de frijol (2.82%), estiércol bovino (2.14%), rastrojo de maíz (1.77%) y por último el bagazo de Caña (1.24%).
6. El porcentaje de fosforo fue mayor en el tratamiento estiércol bovino con un promedio de 0.59% ( $p < 0.01$ ), le sigue la pulpa de café (0.48%), rastrojo de

- frijol (0.26%) y por último los sustratos bagazo de caña y el rastrojo de maíz (0.14 y 0.11%; respectivamente).
7. La presencia del macroelemento potasio fue mayor en pulpa de café con 1.09% ( $p < 0.01$ ), estiércol bovino (1.05%), rastrojo de frijol (0.67%), rastrojo de maíz (0.51%) y el bagazo de caña (0.37%).
  8. El porcentaje de calcio fue mayor en el sustrato rastrojo de frijol (3.62%) ( $p < 0.01$ ), seguido de pulpa de café (3.32%), estiércol bovino (2.24%), bagazo de caña (0.68%) y por último el rastrojo de maíz (0.37%).
  9. El sustrato que obtuvo el más alto porcentaje de magnesio fue el rastrojo de frijol con un promedio de 0.67% ( $p < 0.01$ ), le sigue el estiércol bovino (0.58%), pulpa de café (0.57%) y por último los sustratos rastrojo de maíz y el bagazo de caña (0.27 y 0.17%; respectivamente).
  10. El porcentaje de hierro fue mejor en el tratamiento estiércol bovino que presentó 1.2% ( $p < 0.01$ ), seguido de pulpa de café (0.852%), rastrojo de frijol (0.61%), bagazo de caña (0.59%) y el rastrojo de maíz (0.25%).
  11. El tratamiento que más alto valor en contenido de cobre fue el estiércol bovino 43mg/kg ( $p < 0.01$ ), siguiéndole la pulpa de café (38mg/kg), rastrojo de frijol (13.33mg/kg), bagazo de caña (9mg/kg) y el rastrojo de maíz (6.67mg/kg).
  12. La presencia del microelemento manganeso fue mejor en el estiércol bovino, que obtuvo el valor de (470mg/kg) ( $p < 0.01$ ), seguido de pulpa de café (424mg/kg), rastrojo de frijol (331.67mg/kg), bagazo de caña (211mg/kg) y el rastrojo de maíz (192.33mg/kg).
  13. En contenido de zinc fue más alto en el sustrato estiércol bovino 43mg/kg ( $p < 0.01$ ), seguidamente de pulpa de café (141.33mg/kg), rastrojo de frijol (103.67mg/kg), rastrojo de maíz (97.33mg/kg) y por último el bagazo de caña (76mg/kg).



14. En cuanto a la variable rendimiento en biomasa (peso de rábanos con su follaje y diámetro de tubérculos del cultivo indicador), se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ( $p < 0.01$ ), y no así entre los bloques comportándose éstos de manera similar entre ellos.
15. Los promedios más altos de peso (tubérculos con su follaje) fueron: Formula triple 15 y Humus (estiércol bovino) (2.92 y 2.80kg); respectivamente, y siendo similares estadísticamente entre ellos ( $p < 0.01$ ); seguido de Bocashi (1.64kgs) y el promedio más bajo fue el del tratamiento testigo con 2.0kg.
16. Los promedios más altos de diámetro de rábanos fueron: Formula triple 15 y Humus de estiércol bovino con 48.71 y 46.90mm; respectivamente, y siendo similares estadísticamente entre ellos ( $p < 0.01$ ); seguido de Bocashi (44.69mm); y el promedio más bajo: el tratamiento testigo con 31.23mm.
17. Los promedios más altos en rendimiento del cultivo fueron: Formula triple 15 y Humus de estiércol bovino con 125 y 119 rábanos; respectivamente, y siendo similares estadísticamente entre ellos ( $p < 0.01$ ); seguido de Bocashi (104 rábanos); y el promedio más bajo: el tratamiento testigo con 94 frutos.
18. Los promedios más altos en la clasificación comercial de frutos cosechados para 1<sup>o</sup> categoría fueron: Formula triple 15 y Humus (estiércol bovino) con 106 y 100 rábanos; respectivamente, y siendo similares estadísticamente entre ellos ( $p < 0.05$ ); seguido de Bocashi (70 rábanos) y el promedio más bajo registrado fue el del tratamiento testigo con 25 frutos; y viceversa el resultados por tratamiento de frutos clasificados como de 2<sup>o</sup> categoría, con 69 y 34 rábanos el tratamiento testigo y el Bocashi; respectivamente, siendo el humus de estiércol bovino y el fertilizante triple 15 con 19 y 19 rábanos los promedios más bajos.

## 6.2. Recomendaciones.

Finalizada la investigación, y en base a los resultados obtenidos, se presentan las recomendaciones siguientes:

1. Si los objetivos de la explotación son: producción en volumen de Humus, reproducción y explotación de lombrices, se recomienda utilizar estiércol bovino (T1) y Pulpa de Café (T3).
2. Para fertilizar, utilizar Humus de Estiércol Bovino (T1) y/o de pulpa de café (T3) por presentar las mejores producciones y los mejores porcentajes de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y microelementos (Calcio, magnesio, hierro, manganeso, cobre y zinc).
3. Fertilizar específicamente cultivos de Rábano con Humus de estiércol bovino a razón de 20,339Kg/Ha (2.03Kg/mt<sup>2</sup>).
4. Si se desea fertilizar con Humus a otro tipo de cultivos, calcular la cantidad a utilizar de humus en función a los requerimientos nutricionales que exija el cultivo y considerar el contenido nutricional que aportara el suelo o sustrato donde se sembrara.
5. Utilizar el Humus de Lombriz Californiana para fertilizar pequeñas áreas de extensión, huertos caseros y/o familiares, y/o cultivos rentables económicamente.
6. Fertilizar con Humus durante varios ciclos productivos de manera continua, para poder observar mejores rendimientos en producciones futuras.
7. Realizar investigaciones utilizando humus de los diferentes tratamientos evaluados, en otros tipos de cultivos hortícolas, frutales y gramíneas en diferentes dosis y comparándolo a la vez con fertilización química.

8. Realizar investigaciones evaluando similares variables, pero mezclando diferentes sustratos como: Gallinaza (T2) y/o desperdicios de frutas y verduras (T4) con Estiércol bovino (T1) y/o Pulpa de Café (T3).
9. Realizar investigaciones utilizando otros tipos de sustratos como el estiércol Caprino y cunicula, por su fácil adquisición y alto contenido nutricional.
10. Realizar pruebas de adaptación de Lombrices en los sustratos, 30 días previos a la inoculación en ellos.
11. Realizar investigaciones donde se evalué a factores físico-químicos (T°, humedad, y Ph) presentes en los sustratos, y su efecto en la adaptación, reproducción y producción de humus de Lombriz Californiana.
12. Realizar investigaciones de carácter económico, donde se determinen estrategias para mejorar rendimientos de humus a bajos costes de producción.
13. Realizar investigaciones al factor Medio Ambiental suelo fertilizado con humus de Lombriz Californiana, con el objeto de determinar impactos físicos y químicos generados a consecuencia de la incorporación del humus, a través de pruebas de laboratorio.

## FUENTES DE INFORMACIÓN CONSULTADAS

1. Actividades productivas no tradicionales. 2010. Cría de lombriz roja en cautiverio. Consultado el 15 de Julio del 2012. Disponible en [www.portalbioceanico.com/nuevasactividades\\_lombricultura.htm](http://www.portalbioceanico.com/nuevasactividades_lombricultura.htm).
2. Agencia para el Desarrollo de Austria/IICA. 2009. Diagnóstico y propuesta para el fomento de la producción orgánica en El Salvador, El Salvador. Pag. 47.
3. Ángel, T. 2008, La Producción Orgánica en El Salvador. Marco Regulatorio, Apoyo Institucional y acceso a mercados. El Salvador. Pag. 18.
4. Apaza, V; Rodríguez, D. 2009. Lombriz californiana para la Producción de humus. Colombia. P:19-24.
5. Alipio, Mujica; Corque, Tobar; Rodríguez, David. 2005. Instituto Nacional de Investigación y Extensión agraria "ILLPA-PUNO". Manual de Instalación y manejo de una granja de lombrices para la Producción de Humus. Perú.
6. Argueta, M. 2011. Aplicación de lombriabono a partir de residuos ganaderos en rábano, consultado 2 de agosto de 2012 disponible en: [http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1505/4/Capitulo\\_3.pdf](http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1505/4/Capitulo_3.pdf)
7. Banco Central de Reserva (BCR). 2010. Súper intendencia de competencia. Consultado en línea 15 de julio de 2012. Disponible en: <http://www.bcr.gob.sv/esp/>
8. Basaure, C. 2006. Maíz: Composición del rastrojo. Chile. Consultado 6 de agosto de 2012 disponible en: <http://www.manualdelombricultura.com/foro/mensajes/15476.html>

9. Boolootian, R. A. 2005. Fundamentos de zoología. México DF.168-178 p.
10. Campos, C. A.; Meléndez, O. A.; Morales Canjura, M. O. 1997. Uso de sustratos alimenticios en el desarrollo reproductivo y Cantidad proteica de la lombriz de tierra (Eisenia foetida). Tesis Ing. Agr. San Salvador, Universidad de El Salvador. 24 p.
11. Carrera Silva, M.; 2006. Una nueva visión de lombricultura. Consultado el 01 de agosto del 2012. Disponible en [www.ipesorg/águila/publicaciones/lombricultura.htm](http://www.ipesorg/águila/publicaciones/lombricultura.htm).
12. Castillo, S. 2005. Uso de la pulpa de café en la lombricultura para la producción de humus. Visión consulting S. A. 3 p.
13. Castillo Tobar, J. L., 2005. Informe de lombricultura. Consultado el 04 de Julio del 2012. Disponible en: [www.monografias.com/trabajos15/lombricultura/lombricultura.5html](http://www.monografias.com/trabajos15/lombricultura/lombricultura.5html)
14. Castillo, H. 2007. Lombricultura. Mayores cosechas empleando la lombriz coqueta roja (DIGESA). Guatemala y las lombrices (REDTA). Colombia. 93-106 p.
15. Centro de Transferencia y Tecnología agropecuaria; Ministerio de agricultura y Ganadería (CENTA, MAG). 2012. Anuario estadístico agropecuario, 2011-2012.
16. Centro de Transferencia y Tecnología agropecuaria; Ministerio de agricultura y Ganadería (CENTA, MAG). 2010. Manual Técnico para la Elaboración de Abonos Fermentados.
17. Centro de Transferencia y Tecnología agropecuaria; Ministerio de agricultura y Ganadería (CENTA, MAG). 2012. Base estadística de Grupo Fertica S.A. de C.V. y agro-servicios.

18. Centro de Transferencia y Tecnología agropecuaria; Ministerio de agricultura y Ganadería (CENTA, MAG). 2012. Dirección Nacional de Economía Agropecuaria. Área de información de precios de mercado.
19. Centro de información y documentación agropecuaria. (CIDA). 2010. Explotación comercial de lombrices de tierra. Habana Cuba. 72 p.
20. Chinery, M. 2006. Los animales pequeños. Bilbao, España. Publicaciones Fher. 12- 14 p.
21. Chow, J. L. 2009. Manual: Métodos para satisfacer las necesidades de diseño de sistemas de riego por goteo en Hortalizas (MEFADERG). CATIE/FIDA; SEJICSA/ SETEDER.
22. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). 2011. Requerimientos nutricionales del cultivo de Rábano.
23. Dueñas Garzón, L. F.; 2007. Lombricultura. Consultado el 14 de julio del 2012. Disponible en: [www.geocities.com/sanfdo/index.htm](http://www.geocities.com/sanfdo/index.htm)
24. Emison, J. 2005. Vermicompostaje industrial. Consultado el 10 de Julio del 2012. Disponible en: [www.emison.com/5131.htm](http://www.emison.com/5131.htm).
25. Emison, J. 2006. Lombricultura, consultado el 20 de Julio de 2012. Disponible en: [www.ipesorg/águila/publicaciones/lombricultura.htm](http://www.ipesorg/águila/publicaciones/lombricultura.htm).
26. Ferruzzi, C. 2009. Manual de lombricultura; ediciones mundi- prensa; Madrid España; 95 p.
27. Fogar, M, N y Col. 2007. Respuesta de lombriz roja (*Eisenia foetida*) frente a diferentes alimentos; Cátedra de Microbiología Agrícola-Facultad de Ciencias Agrarias-UNNE. Argentina. Consultado el 16 de Julio de 2012. Disponible en: [www.monografias.com/trabajos15/lombricultura/lombricultura.5html](http://www.monografias.com/trabajos15/lombricultura/lombricultura.5html)

28. Fuente Yagüe, J. L. 2008. La crianza de lombriz roja. Madrid, España. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. 28 p.
29. Giraldo, M. J. E. 2007. Cría de la lombriz de tierra. Bogotá, Colombia. Instituto mayor campesino. 12 p.
30. Gonzales, M; Martínez, W; Moreira, R. 2007. Evaluación cuantitativa y cualitativa de abono orgánico producido a través de la lombriz roja californiana (Eisenia foetida) utilizando cuatro diferentes sustratos. Tesis. UES.
31. Helmans, R. 2007. Departamento de coordinación y asesoría de proyecto. La Lombricultura; para práctica de producir alimento para animal y abono orgánico para suelo y cultivo. Cuba. 6 p.
32. Hernández, D. 2006. Lombricultura contra contaminación ambiental, Universidad Nacional, Costa Rica, 3 p.
33. Información técnica agrícola (INFOAGRO). 2005. La lombricultura. consultado de 20 de julio 2012. Disponible en:  
[www.infoagro.com/abonos/lombricultura.asp](http://www.infoagro.com/abonos/lombricultura.asp)
34. Instituto Tecnológico Superior de Campeche (ISITESCAM). Cultivo de rábano. consultado de 24 de julio de 2012 Disponible en:  
[www.geocities.com/sanfdo/index.htm](http://www.geocities.com/sanfdo/index.htm)
35. Larde, G.; 2007; Guía para la producción de vermiabono; Fundación Salvadoreña para la investigación de café PROCAFE; Santa Tecla, San Salvador, El Salvador.
36. Legall Meléndez, J. R.; Discovski Rioboo, L. E; Valenzuela Castellón, Z. I. 2006. Manual básico de Lombricultura para condiciones tropicales. Escuela de agricultura y ganadería de Estelí "Francisco Luís Espinoza". Nicaragua. [luisdi@ibw.com.ni](mailto:luisdi@ibw.com.ni)

37. Manual de Caficultura Orgánica, 2008, Centro Cooperativo Sueco, USAID, CRECER, UCRAPROBEX, El Salvador, P34-39.
38. Martínez, C. 2010. Como Elaborar Abonos Fermentados. Pag. 27-43.
39. Martínez, N. y Col. 2004. Producción y comercialización de los productos obtenidos del vermicultivo "San Bernardo" de la Ciudad de Duitama (Página web) consultado en línea 10 julio de 2012. [www.monografias.com/trabajos15/lombricultura/lombricultura.5html](http://www.monografias.com/trabajos15/lombricultura/lombricultura.5html)
40. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). 2010. Plan Nacional de Ordenamiento y Desarrollo Territorial. P65-72.
41. Observatorio Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). 2013.
42. Oduber, Q, D. 2007. Simposio centroamericano sobre agricultura orgánica. Acuerdo bilateral de desarrollo sostenible; San José Costa Rica.
43. Orantes Marinero, E. A. 1998. Evaluación de tres sustratos en la reproducción de la lombriz de tierra (Eisenia foetida) y la producción de vermiabono. Tesis ing. Agr. San Vicente. Universidad de El Salvador. 5 p.
44. Perla, S. E.; Berg, U. M; Diana, W. 2009. Biología. quinta Ed. México DF. 620-622, 733-737 p.
45. Pineda, 2006. Lombricultura. Honduras. Pag. 20. Consultado en línea 11 de agosto de 2012 disponible en: [www.pasolac.org.ni/files/publicacion/1175041790\\_IHCAFE](http://www.pasolac.org.ni/files/publicacion/1175041790_IHCAFE).
46. Putzulu, G.; Compagnoni, L. 2005. Cría moderna de las lombrices y utilización rentable del humus. Ed. De vecchi. España. 15-16 p.



47. PROCAFE. 2007 (Fundación Salvadoreña Para Investigaciones del Café, ES).
48. Ripodas, 2011. Evaluación de diferentes tipos de fertilizantes químicos y orgánicos en la producción de frijol (Phaseolus vulgaris, L var. Aluvia) en el distrito de San Juan Castovirreyna-Huancavelica (Perú). Consultado 11 de agosto de 2012 disponible en: <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/3454/577423.pdf?sequence=1>
49. Rivera, A. 2005; Lombrices a la venta, un rubro agroecológico con beneficios a corto plazo. 12-31p.
50. Rodríguez, R; Trujillo, R; Zavala, M. 2010, Los abonos naturales (Página web) consultado el 20 julio 2012 en línea:  
<http://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol19num2articulos/abonos/index/html>
51. Taiariol, D. 2010. Lombrices rojas californiana. Consultado el 08 de Julio 2012. Disponible en: [dtaiariol78@hotmail.com](mailto:dtaiariol78@hotmail.com)
52. Tineo, A.L. 2009. Crianza y Manejo de Lombrices de tierra con fines agrícolas. Turrialba. Costa Rica. CATIE. 30-32p.
53. Verdejo Vega, R. C. 2005; Lombricultura intensiva. Consultado el 13 de Julio 2012 disponible en: <http://www.jardinactual.com>
54. Ville, S; Walker, W; Zavala, P. 2006. Biología segunda ed. Interamericana. México DF. 1404 p.
55. Ville, C. A. 2008. Biología, trad. Roberto Espinoza, séptima ed. México DF. McGraw-Hill. 258-262 p.
56. Villee, C. A.; Walker, W. F.; Barnes, P. 2005. Zoología de las Lombrices. Sexta Ed. México DF. 631-636 p.

# **ANEXOS**

**A- 1. Producción de Humus (Kg) de los sustratos orgánicos, (en base a 60Kg aplicados).**

Identificación	Bloque I	Bloque II	Bloque III	$\Sigma X$	$\bar{X}$ Producción de Humus (Kg)	$\bar{X}$ Producción de Humus (%)
<b>(T1)</b> Estiércol Bovino	58	56	57	<b>171</b>	<b>57</b>	<b>95</b>
<b>(T2)</b> Gallinaza	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>(T3)</b> Pulpa de café	40	44	42	<b>126</b>	<b>42</b>	<b>70</b>
<b>(T4)</b> Desperdicio de Frutas y Verduras	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>(T5)</b> Rastrojo de Maíz	26	29	26	<b>81</b>	<b>27</b>	<b>45</b>
<b>(T6)</b> Rastrojo de frijol	13	16	16	<b>45</b>	<b>15</b>	<b>25</b>
<b>(T7)</b> Bagazo de caña	23	23	26	<b>72</b>	<b>24</b>	<b>40</b>
<b>Promedio (<math>\bar{X}</math>)</b>	<b>22.85</b>	<b>24.0</b>	<b>23.85</b>			
<b><math>\Sigma X</math></b>	<b>160</b>	<b>168</b>	<b>167</b>			

**A- 2. Análisis de varianza de Producción de Humus (Kg) de los Sustratos Orgánicos.**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	7966.571 <sup>a</sup>	8	995.821	529.424	0.000
Intersección	11667.857	1	11667.857	6203.165	0.000
<b>Tratamiento</b>	<b>7961.143</b>	<b>6</b>	<b>1326.857</b>	<b>705.418**</b>	<b>0.000</b>
<b>Bloque</b>	<b>5.429</b>	<b>2</b>	<b>2.714</b>	<b>1.443<sup>NS</sup></b>	<b>0.274</b>
Error	22.571	12	1.881		
Total	19657.000	21			
Total corregida	7989.143	20			

\*\*= Diferencias estadísticas significativas (P<0.01).

n.s= Diferencias estadísticas no significativas.

**A- 3. Prueba Duncan para tratamientos de Producción de humus (Kg) de los sustratos orgánicos.**

Tratamientos	N	Subconjunto					
		1	2	3	4	5	6
(T4) Desperdicio de Frutas y Verduras	3	0.0 <sup>f</sup>					
(T2) Gallinaza	3	0.0 <sup>f</sup>					
(T6) Rastrojo de Frijol	3		15.00 <sup>e</sup>				
(T7) Bagazo de Caña	3			24.00 <sup>d</sup>			
(T5) Rastrojo de Maíz	3				27.00 <sup>c</sup>		
(T3) Pulpa de Café	3					42.00 <sup>b</sup>	
(T1) Estiércol Bovino	3						57.00 <sup>a</sup>
<b>Sig.</b>		<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>

#### A- 4. Humedad (%) contenida en cada Sustrato Orgánico.

# de Lab.		Identificación	HUMEDAD (%)								
			Febrero		Marzo		Abril		Mayo		(X̄)
245	(T1)	Estiércol Bovino, Bloque I	81.07	85.38	84.53	78.84	82.71	84.52	85.60	82.79	83.17
246		Estiércol Bovino, Bloque II	83.50	83.88	81.65	79.64	86.66	81.80	83.64	83.90	83.08
247		Estiércol Bovino, Bloque III	84.35	81.90	84.89	83.67	79.41	82.87	84.74	83.85	83.21
PROMEDIO											<b>83.15</b>
260	(T2)	Gallinaza, Bloque I	59.75	57.72	58.94	59.90	-----	-----	-----	-----	59.07
261		Gallinaza, Bloque II	59.90	58.93	57.47	60.07	-----	-----	-----	-----	59.09
262		Gallinaza, Bloque III	58.79	59.77	59.97	59.85	-----	-----	-----	-----	59.59
PROMEDIO											<b>59.25</b>
248	(T3)	Pulpa de café, Bloque I	81.07	83.34	81.53	78.90	82.71	80.52	80.59	80.79	81.18
249		Pulpa de café, Bloque II	82.49	81.20	81.69	79.64	82.66	80.89	81.64	79.04	81.26
250		Pulpa de café, Bloque III	81.35	80.91	80.80	82.60	79.48	82.87	82.86	80.94	81.47
PROMEDIO											<b>81.30</b>
263	(T4)	Desperdicios de fruta y verduras, Bloque I	71.75	72.82	69.94	70.69	-----	-----	-----	-----	71.30

264		Desperdicios de fruta y verduras, Bloque II	72.70	71.93	70.47	72.47	-----	-----	-----	-----	71.89
265		Desperdicios de fruta y verduras, Bloque III	71.20	70.67	71.54	70.65	-----	-----	-----	-----	71.01
PROMEDIO											<b>71.4</b>
251	(T5)	Rastrojo de Maíz, Bloque I	72.75	72.82	71.94	71.69	73.92	70.53	71.98	72.21	72.23
252		Rastrojo de Maíz, Bloque II	72.70	71.93	71.47	72.47	72.73	71.95	72.10	72.37	72.21
253		Rastrojo de Maíz, Bloque III	72.20	72.67	72.54	72.65	72.57	72.43	73.00	73.81	72.71
PROMEDIO											<b>72.38</b>
254	(T6)	Rastrojo de frijol, Bloque I,	71.75	72.82	71.94	71.69	70.42	70.53	69.98	71.21	71.29
255		Rastrojo de frijol, Bloque II	70.70	71.93	70.47	72.47	72.73	71.95	71.00	70.37	71.53
256		Rastrojo de frijol, Bloque III	71.20	71.67	71.54	71.65	71.57	71.43	71.63	70.81	71.43
PROMEDIO											<b>71.41</b>
257	(T7)	Bagazo de caña, Bloque I	73.75	72.92	71.94	71.89	73.92	73.73	73.98	73.21	73.16
258		Bagazo de caña, Bloque II	74.70	71.83	72.00	72.67	75.83	71.95	72.50	72.37	72.97
259		Bagazo de caña, Bloque III	73.20	73.87	74.64	72.65	73.77	74.53	74.78	73.81	73.89
PROMEDIO											<b>73.34</b>

**A- 5. Temperatura (°C) contenida en cada Sustrato Orgánico.**

# de Lab.		Identificación	TEMPERATURA (°C)								
			Febrero		Marzo		Abril		Mayo		(X̄)
245	(T1)	Estiércol Bovino, Bloque I	28.00	30.00	32.00	30.25	31.00	30.00	30.25	30.25	30.22
246		Estiércol Bovino, Bloque II	32.25	32.25	33.25	30.75	32.00	30.00	31.50	30.00	31.75
247		Estiércol Bovino, Bloque III	30.05	31.55	32.25	32.75	33.00	29.00	32.50	31.00	31.51
PROMEDIO											<b>31.16</b>
260	(T2)	Gallinaza, Bloque I	37.00	36.90	36.00	36.98	-----	-----	-----	-----	36.72
261		Gallinaza, Bloque II	36.75	36.00	37.05	36.30	-----	-----	-----	-----	36.52
262		Gallinaza, Bloque III	36.80	36.70	36.85	36.50	-----	-----	-----	-----	36.71
PROMEDIO											<b>36.65</b>
248	(T3)	Pulpa de café, Bloque I	34.00	30.00	34.00	32.00	31.70	34.50	30.09	31.00	32.16
249		Pulpa de café, Bloque II	35.75	30.00	32.75	33.50	30.90	33.75	34.70	32.75	33.01
250		Pulpa de café, Bloque III	33.00	31.00	33.00	32.75	31.20	34.00	32.75	32.20	32.48
PROMEDIO											<b>32.55</b>
263	(T4)	Desperdicios de fruta y verduras, Bloque I	35.00	36.20	34.00	36.80	-----	-----	-----	-----	35.50

264		Desperdicios de fruta y verduras, Bloque II	37.00	36.00	35.50	36.50	-----	-----	-----	-----	36.25
265		Desperdicios de fruta y verduras, Bloque III	35.00	36.00	34.50	34.00	-----	-----	-----	-----	34.87
PROMEDIO											<b>35.54</b>
251	(T5)	Rastrojo de Maíz, Bloque I	33.00	32.00	31.00	31.50	29.00	31.70	31.00	30.75	31.24
252		Rastrojo de Maíz, Bloque II	36.50	33.50	33.40	31.50	32.00	32.50	33.00	31.50	33.00
253		Rastrojo de Maíz, Bloque III	34.00	33.00	32.00	30.50	31.00	31.00	30.00	30.55	31.5
PROMEDIO											<b>31.91</b>
254	(T6)	Rastrojo de frijol, Bloque I,	33.00	32.70	31.90	33.50	30.60	34.00	31.00	34.75	32.68
255		Rastrojo de frijol, Bloque II	37.50	30.50	34.35	32.50	31.40	30.50	33.00	30.50	32.53
256		Rastrojo de frijol, Bloque III	34.75	31.25	32.50	32.75	31.00	32.00	31.75	32.00	32.25
PROMEDIO											<b>32.48</b>
257	(T7)	Bagazo de caña, Bloque I	34.00	32.00	32.00	31.50	30.00	32.00	30.00	32.75	31.77
258		Bagazo de caña, Bloque II	34.50	32.50	33.00	31.50	31.00	31.50	30.00	32.50	32.06
259		Bagazo de caña, Bloque III	33.50	31.25	31.00	30.90	31.00	30.21	31.00	30.20	31.13
PROMEDIO											<b>31.65</b>



### A- 6. Potencial de Hidrogeno (PH) contenido en cada Sustrato Orgánico.

# de Lab.		Identificación	PH								
			Febrero		Marzo		Abril		Mayo		(X̄)
245	(T1)	Estiércol Bovino, Bloque I	7.82	8.98	8.53	7.84	7.71	8.52	8.60	7.79	8.21
246		Estiércol Bovino, Bloque II	7.60	7.88	8.65	7.64	7.66	7.80	8.64	8.90	8.09
247		Estiércol Bovino, Bloque III	8.71	7.90	7.89	7.67	8.41	7.87	8.74	7.85	8.13
PROMEDIO										<b>8.14</b>	
260	(T2)	Gallinaza, Bloque I	6.23	6.46	6.15	6.4	-----	----	-----	-----	6.31
261		Gallinaza, Bloque II	6.42	6.17	6.37	6.24	-----	-----	-----	-----	6.30
262		Gallinaza, Bloque III	6.37	6.29	6.42	6.28	-----	-----	-----	-----	6.34
PROMEDIO										<b>6.3</b>	
248	(T3)	Pulpa de café, Bloque I	8.82	8.98	7.93	7.84	7.91	8.52	8.60	7.69	8.28
249		Pulpa de café, Bloque II	7.80	7.89	8.65	7.99	7.96	8.80	8.64	8.94	8.33
250		Pulpa de café, Bloque III	8.91	7.90	7.89	8.77	8.31	7.87	8.74	7.95	8.29
PROMEDIO										<b>8.30</b>	
263	(T4)	Desperdicios de fruta y verduras, Bloque I	6.48	6.78	7.15	6.75	-----	-----	-----	-----	6.79

264		Desperdicios de fruta y verduras, Bloque II	6.79	6.69	6.87	6.93	-----	-----	-----	-----	6.82
265		Desperdicios de fruta y verduras, Bloque III	7.10	6.31	7.05	6.74	-----	-----	-----	-----	6.80
PROMEDIO											<b>6.80</b>
251	(T5)	Rastrojo de Maíz, Bloque I	8.82	8.98	8.93	7.84	7.91	8.52	8.60	7.69	8.40
252		Rastrojo de Maíz, Bloque II	7.90	7.89	7.65	7.99	7.96	8.80	8.64	8.94	8.33
253		Rastrojo de Maíz, Bloque III	8.91	8.90	7.89	8.77	8.31	7.87	8.74	7.95	8.41
PROMEDIO											<b>8.38</b>
254	(T6)	Rastrojo de frijol, Bloque I,	8.92	8.78	8.93	7.94	7.91	8.52	8.70	7.79	8.43
255		Rastrojo de frijol, Bloque II	7.70	8.69	7.85	8.59	7.96	8.90	8.74	8.84	8.39
256		Rastrojo de frijol, Bloque III	8.81	8.95	7.89	8.77	8.51	7.87	8.84	7.85	8.43
PROMEDIO											<b>8.41</b>
257	(T7)	Bagazo de caña, Bloque I	8.92	8.78	8.83	7.94	7.81	8.52	8.60	7.79	8.37
258		Bagazo de caña, Bloque II	7.80	7.69	7.95	7.69	8.06	8.90	8.84	8.84	8.22
259		Bagazo de caña, Bloque III	8.81	8.95	7.89	8.77	8.51	7.87	8.84	7.85	8.43
PROMEDIO											<b>8.34</b>

## A- 7. Contenido de N, P, K y Microelementos (% , mg/kg) en cada sustrato orgánico.



Laboratorio de Química Agrícola  
Km 33 1/2 carretera a Santa Ana, La Libertad, El Salvador, C.A.  
Tel.: 2302-02-00 ext. 269

Ing. Marco Isai Claros Hernández, e Ing. Leonel Edgardo Reyes Romero  
Muestras: Lombrihumus

Universidad de El Salvador (UES, FMO.)

Resultados:

# de Lab.	Identificación	% N	% P	% K	% Ca	% Mg	% Fe	mg/Kg Cu	mg/Kg Mn	mg/Kg Zn	
245	(T1)	Estiércol Bovino, Bloque I	2.29	0.54	1.23	2.28	0.49	1.18	39	486	192
246		Estiércol Bovino, Bloque II	2.14	0.59	1.05	2.24	0.58	1.20	43	470	192
247		Estiércol Bovino, Bloque III	2.00	0.64	0.87	2.20	0.67	1.22	47	454	193
PROMEDIO		2.14	0.59	1.05	2.24	0.58	1.20	43	470	192	
-----	(T2)	Gallinaza, Bloque I, II, III	0	0	0	0	0	0	0	0	
248	(T3)	Pulpa de café, Bloque I	3.68	0.36	1.29	3.72	0.54	0.56	37	430	146
249		Pulpa de café, Bloque II	1.96	0.61	0.60	2.22	0.64	1.06	45	384	179
250		Pulpa de café, Bloque III	3.39	0.48	1.39	4.02	0.55	0.84	32	458	99
PROMEDIO		3.01	0.48	1.09	3.32	0.57	0.82	38	424	141.3	
-----	(T4)	Desperdicios de Frutas y Verduras	0	0	0	0	0	0	0	0	
251	(T5)	Rastrojo de Maíz, Bloque I	1.82	0.11	0.56	0.74	0.25	0.18	6	182	90
252		Rastrojo de Maíz, Bloque II	1.52	0.08	0.43	0.47	0.20	0.31	5	144	75
253		Rastrojo de Maíz, Bloque III	1.99	0.14	0.54	0.84	0.36	0.26	9	206	127
PROMEDIO		1.77	0.11	0.51	0.68	0.81	0.25	6.6	177.3	97.3	
254	(T6)	Rastrojo de frijol, Bloque I	2.87	0.23	0.57	3.82	0.72	0.59	12	291	96
255		Rastrojo de frijol, Bloque II	2.76	0.29	0.95	3.28	0.66	0.85	17	365	111
256		Rastrojo de frijol, Bloque III	2.84	0.28	0.49	3.76	0.65	0.40	11	339	104
PROMEDIO		2.82	0.26	0.67	3.62	0.67	0.61	13.3	331.6	103.6	
257	(T7)	Bagazo de caña, Bloque I	1.63	0.21	0.49	1.14	0.27	0.73	15	335	91
258		Bagazo de caña, Bloque II	1.02	0.12	0.34	0.54	0.13	0.56	7	166	79
259		Bagazo de caña, Bloque III	1.07	0.09	0.28	0.37	0.13	0.50	5	132	58
PROMEDIO		1.24	0.14	0.37	0.68	0.17	0.59	9	211	76	

Nota: Este informe de análisis se basa en una muestra de producto recibido por el laboratorio, el proceso del muestreo ha sido responsabilidad de los interesados.

Lic. Mirian Álvarez de Amaya  
Jefa del Laboratorio de Química Agrícola




**A- 8. Análisis de varianza del contenido de Nitrógeno (%) en humus de los sustratos orgánicos.**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	27.682 <sup>a</sup>	8	3.460	28.776	0.000
Intersección	51.700	1	51.700	429.941	0.000
<b>Tratamiento</b>	<b>27.078</b>	<b>6</b>	<b>4.513</b>	<b>37.530**</b>	<b>0.000</b>
<b>Bloque</b>	<b>0.604</b>	<b>2</b>	<b>0.302</b>	<b>2.513<sup>ns</sup></b>	<b>0.123</b>
Error	1.443	12	0.120		
Total	80.825	21			
Total corregida	29.125	20			

\*\*= Diferencias estadísticas significativas (P<0.01).

n.s= Diferencias estadísticas no significativas.

**A- 9. Prueba Duncan del contenido de Nitrógeno (%) en humus de los sustratos orgánicos.**

Tratamientos	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
(T4) Desperdicio de Frutas y Verduras	3	0.0000 <sup>d</sup>			
(T2) Gallinaza	3	0.0000 <sup>d</sup>			
(T7) Bagazo de Caña	3		1.2400 <sup>c</sup>		
(T5) Rastrojo de Maíz	3		1.7767 <sup>c</sup>	1.7767 <sup>b</sup>	
(T1) Estiércol Bovino	3			2.1433 <sup>b</sup>	
(T6) Rastrojo de Frijol	3				2.8233 <sup>a</sup>
(T3) Pulpa de Café	3				3.0000 <sup>a</sup>
<b>Sig.</b>		<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>

**A- 10. Análisis de varianza del contenido de Fosforo (%) en humus de los sustratos orgánicos.**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	0.975 <sup>a</sup>	8	0.122	33.624	0.000
Intersección	1.083	1	1.083	299.052	0.000
<b>Tratamiento</b>	<b>0.970</b>	<b>6</b>	<b>0.162</b>	<b>44.627<sup>**</sup></b>	<b>0.000</b>
<b>Bloque</b>	<b>0.004</b>	<b>2</b>	<b>0.002</b>	<b>0.615<sup>ns</sup></b>	<b>0.557</b>
Error	0.043	12	0.004		
Total	2.101	21			
Total corregida	1.018	20			

**\*\*= Diferencias estadísticas significativas (P<0.01).**

**n.s= Diferencias estadísticas no significativas.**

**A- 11. Prueba Duncan del contenido de Fosforo (%) en humus de los sustratos orgánicos.**

Tratamiento	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
(T4) Desperdicio de frutas y verduras	3	0.00000 <sup>d</sup>			
(T2) Gallinaza	3	0.00000 <sup>d</sup>			
(T5) Rastrojo de Maíz	3	0.11000 <sup>d</sup>	0.11000 <sup>c</sup>		
(T7) Bagazo de Caña	3		0.14000 <sup>c</sup>		
(T6) Rastrojo de Frijol	3			0.266667 <sup>b</sup>	
(T3) Pulpa de Café	3				0.483333 <sup>a</sup>
(T1) Estiércol Bovino	3				0.590000 <sup>a</sup>
<b>Sig.</b>		<b>0.054</b>	<b>0.553</b>	<b>1.000</b>	<b>0.051</b>

**A- 12. Análisis de varianza del contenido de potasio (%) en humus de los sustratos orgánicos.**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	3.631 <sup>a</sup>	8	0.454	10.025	0.000
Intersección	5.846	1	5.846	129.133	0.000
<b>Tratamiento</b>	<b>3.585</b>	<b>6</b>	<b>0.598</b>	<b>13.199**</b>	<b>0.000</b>
<b>Bloque</b>	<b>0.046</b>	<b>2</b>	<b>0.023</b>	<b>0.504<sup>ns</sup></b>	<b>0.616</b>
Error	0.543	12	0.045		
Total	10.020	21			
Total corregida	4.174	20			

\*\*= Diferencias estadísticas significativas (P<0.01).

n.s= Diferencias estadísticas no significativas.

**A- 13. Prueba Duncan del contenido de potasio (%) en humus de los sustratos orgánicos.**

Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
(T4) Desperdicio de frutas y verduras	3	0.000000 <sup>c</sup>		
(T2) Gallinaza	3	0.000000 <sup>c</sup>		
(T7) Bagazo de Caña	3	0.370000 <sup>c</sup>	0.370000 <sup>b</sup>	
(T5) Rastrojo de Maíz	3		0.510000 <sup>b</sup>	
(T6) Rastrojo de Frijol	3		0.670000 <sup>b</sup>	
(T1) Estiércol Bovino	3			1.050000 <sup>a</sup>
(T3) Pulpa de Café	3			1.093333 <sup>a</sup>
<b>Sig.</b>		<b>0.065</b>	<b>0.126</b>	<b>0.807</b>

**A- 14. Análisis de varianza del contenido de calcio (%) en humus de los sustratos orgánicos.**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	GI	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	43.274 <sup>a</sup>	8	5.409	37.551	0.000
Intersección	47.671	1	47.671	330.926	0.000
<b>Tratamiento</b>	<b>42.564</b>	<b>6</b>	<b>7.094</b>	<b>49.246**</b>	<b>0.000</b>
<b>Bloque</b>	<b>0.710</b>	<b>2</b>	<b>0.355</b>	<b>2.465<sup>ns</sup></b>	<b>0.127</b>
Error	1.729	12	0.144		
Total	92.674	21			
Total corregida	45.003	20			

\*\*= Diferencias estadísticas significativas (P<0.01).

n.s= Diferencias estadísticas no significativas.

**A- 15. Prueba Duncan del contenido de Calcio (%) en humus de los Sustratos orgánicos.**

Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
(T4) Desperdicio de frutas y verduras	3	0.000000 <sup>c</sup>	2.240000 <sup>b</sup>	3.320000 <sup>a</sup>
(T2) Gallinaza	3	0.000000 <sup>c</sup>		
(T5) Rastrojo de Maíz	3	0.683333 <sup>c</sup>		
(T7) Bagazo de Caña	3	0.683333 <sup>c</sup>		
(T1) Estiércol Bovino	3			
(T3) Pulpa de Café	3			
(T6) Rastrojo de Frijol	3			
<b>Sig.</b>		<b>0.063</b>	<b>1.000</b>	<b>0.352</b>

**A- 16. Análisis de varianza del contenido de Magnesio (%) en humus de los sustratos orgánicos.**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1.467 <sup>a</sup>	8	0.183	44.021	0.000
Intersección	2.228	1	2.228	534.998	0.000
<b>Tratamiento</b>	<b>1.465</b>	<b>6</b>	<b>0.244</b>	<b>58.630**</b>	<b>0.000</b>
<b>Bloque</b>	<b>0.002</b>	<b>2</b>	<b>0.001</b>	<b>0.196<sup>ns</sup></b>	<b>0.825</b>
Error	0.050	12	0.004		
Total	3.744	21			
Total corregida	1.517	20			

\*\*= Diferencias estadísticas significativas (P<0.01).

n.s= Diferencias estadísticas no significativas.

**A- 17. Prueba Duncan del contenido de Magnesio (%) en humus de los sustratos orgánicos.**

Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
(T4) Desperdicio de frutas y verduras	3	0.00000 <sup>c</sup>		
(T2) Gallinaza	3	0.00000 <sup>c</sup>		
(T7) Bagazo de Caña	3		0.176667 <sup>b</sup>	
(T5) Rastrojo de Maíz	3		0.270000 <sup>b</sup>	
(T3) Pulpa de Café	3			0.576667 <sup>a</sup>
(T1) Estiércol Bovino	3			0.580000 <sup>a</sup>
(T6) Rastrojo de Frijol	3			0.676667 <sup>a</sup>
<b>Sig.</b>		<b>1.000</b>	<b>0.102</b>	<b>0.095</b>



**A- 18. Análisis de varianza del contenido de Hierro (%) en humus de los sustratos orgánicos.**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	3.585 <sup>a</sup>	8	0.448	25.371	0.000
Intersección	5.190	1	5.190	293.876	0.000
<b>Tratamiento</b>	<b>3.531</b>	<b>6</b>	<b>0.589</b>	<b>33.323**</b>	<b>0.000</b>
<b>Bloque</b>	<b>0.054</b>	<b>2</b>	<b>0.027</b>	<b>1.517<sup>ns</sup></b>	<b>0.259</b>
Error	0.212	12	0.018		
Total	8.987	21			
Total corregida	3.797	20			

\*\*= Diferencias estadísticas significativas (P<0.01).

n.s= Diferencias estadísticas no significativas.

**A- 19. Prueba Duncan del contenido de Hierro (%) en humus de los sustratos orgánicos.**

Tratamiento	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
(T4) Desperdicio de frutas y verduras	3	0.0000 <sup>d</sup>			
(T2) Gallinaza	3	0.0000 <sup>d</sup>			
(T5) Rastrojo de Maíz	3		0.2500 <sup>c</sup>		
(T7) Bagazo de Caña	3			0.59667 <sup>b</sup>	
(T6) Rastrojo de Frijol	3			0.61333 <sup>b</sup>	
(T3) Pulpa de Café	3			0.82000 <sup>b</sup>	
(T1) Estiércol Bovino	3				1.20000 <sup>a</sup>
<b>Sig.</b>		<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>0.073</b>	<b>1.000</b>

**A- 20. Análisis de varianza del contenido de Cobre (Mg/kg) en humus de los sustratos orgánicos.**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	5615.238 <sup>a</sup>	8	701.905	44.088	0.000
Intersección	5185.714	1	5185.714	325.723	0.000
<b>Tratamiento</b>	<b>5602.952</b>	<b>6</b>	<b>933.825</b>	<b>58.655**</b>	<b>0.000</b>
<b>Bloque</b>	<b>12.286</b>	<b>2</b>	<b>6.143</b>	<b>0.386<sup>ns</sup></b>	<b>0.688</b>
Error	191.048	12	15.921		
Total	10992.000	21			
Total corregida	5806.286	20			

\*\*= Diferencias estadísticas significativas (P<0.01).

n.s= Diferencias estadísticas no significativas.

**A- 21. Prueba Duncan del contenido de Cobre (Mg/kg) en humus de los sustratos orgánicos.**

Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
(T4) Desperdicio de frutas y verduras	3	0.00 <sup>c</sup>		
(T2) Gallinaza	3	0.00 <sup>c</sup>		
(T5) Rastrojo de Maíz	3	6.67 <sup>c</sup>	6.67 <sup>b</sup>	
(T7) Bagazo de Caña	3		9.00 <sup>b</sup>	
(T6) Rastrojo de Frijol	3		13.33 <sup>b</sup>	
(T3) Pulpa de Café	3			38.00 <sup>a</sup>
(T1) Estiércol Bovino	3			43.00 <sup>a</sup>
<b>Sig.</b>		<b>0.075</b>	<b>0.075</b>	<b>0.151</b>

**A- 22. Análisis de varianza del contenido de Manganeso (Mg/kg) en humus de los sustratos orgánicos.**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	646363.810 <sup>a</sup>	8	80795.476	33.584	0.000
Intersección	1116426.857	1	1116426.85	464.061	0.000
<b>Tratamiento</b>	<b>643513.810</b>	<b>6</b>	<b>107252.302</b>	<b>44.581**</b>	<b>0.000</b>
<b>Bloque</b>	<b>2850.000</b>	<b>2</b>	<b>1425.000</b>	<b>0.592<sup>ns</sup></b>	<b>0.568</b>
Error	28869.333	12	2405.778		
Total	1791660.000	21			
Total corregida	675233.143	20			

\*\*= Diferencias estadísticas significativas (P<0.01).

n.s= Diferencias estadísticas no significativas.

**A- 23. Prueba Duncan del contenido de Manganeso (Mg/kg) en humus de los sustratos orgánicos.**

Tratamiento	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
(T4) Desperdicio de frutas y verduras	3	0.00 <sup>d</sup>			
(T2) Gallinaza	3	0.00 <sup>d</sup>			
(T5) Rastrojo de Maíz	3		177.33 <sup>c</sup>		
(T7) Bagazo de Caña	3		211.00 <sup>c</sup>		
(T6) Rastrojo de Frijol	3			331.67 <sup>b</sup>	
(T3) Pulpa de Café	3				424.00 <sup>a</sup>
(T1) Estiércol Bovino	3				470.00 <sup>a</sup>
<b>Sig.</b>		<b>1.000</b>	<b>0.417</b>	<b>1.000</b>	<b>0.273</b>

**A- 24. Análisis de varianza del contenido de Zinc (Mg/kg) en humus de los sustratos orgánicos.**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	89291.238 <sup>a</sup>	8	11161.405	26.177	0.000
Intersección	159820.190	1	159820.190	374.830	0.000
<b>Tratamiento</b>	<b>89071.143</b>	<b>6</b>	<b>14845.190</b>	<b>34.817**</b>	<b>0.000</b>
<b>Bloque</b>	<b>220.095</b>	<b>2</b>	<b>110.048</b>	<b>0.258<sup>ns</sup></b>	<b>0.777</b>
Error	5116.571	12	426.381		
Total	254228.000	21			
Total corregida	94407.810	20			

**\*\*= Diferencias estadísticas significativas (P<0.01).**

**n.s.= Diferencias estadísticas no significativas.**

**A- 25. Prueba Duncan del contenido de Zinc (Mg/kg) en humus de los sustratos orgánicos.**

Tratamiento	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
(T4) Desperdicio de frutas y verduras	3	0.00 <sup>d</sup>			
(T2) Gallinaza	3	0.00 <sup>d</sup>			
(T7) Bagazo de Caña	3		76.00 <sup>c</sup>		
(T5) Rastrojo de Maíz	3		97.33 <sup>c</sup>		
(T6) Rastrojo de Frijol	3		103.67 <sup>c</sup>		
(T3) Pulpa de Café	3			141.33 <sup>b</sup>	
(T1) Estiércol Bovino	3				192.33 <sup>a</sup>
<b>Sig.</b>		<b>1.000</b>	<b>0.144</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>

**A- 26. Producción de Biomasa (Kg) del cultivo indicador “Rábano”.**

Tratamientos/Bloques	Produccion de Biomasa													
	Peso de Raices y hojas (Kg)							Diametro (mm)						
	I	II	III	IV	V	$\sum X$	( $\bar{X}$ )	I	II	III	IV	V	$\sum X$	( $\bar{X}$ )
<b>Estiercol Bovino (T1)</b>	2.8	2.8	2.4	2.9	3.1	<b>14.0</b>	<b>2.8</b>	40.6	59.6	49.3	36.9	48.1	<b>234.5</b>	<b>46.90</b>
<b>Bocashi (T2)</b>	2.7	2.4	2.6	2.8	2.7	<b>13.2</b>	<b>2.64</b>	41.4	39.35	53.1	48.7	40.9	<b>223.45</b>	<b>44.69</b>
<b>Triple 15 (T3)</b>	2.7	3.1	3.5	2.9	2.4	<b>14.6</b>	<b>2.92</b>	52.7	47.45	42.5	47.8	53.1	<b>243.55</b>	<b>48.71</b>
<b>Testigo (T0)</b>	2.0	1.8	2.2	2.1	1.9	<b>10.0</b>	<b>2.0</b>	35.6	30.7	28.8	34.7	26.35	<b>156.15</b>	<b>31.23</b>
<b>Promedio (<math>\bar{X}</math>)</b>	<b>2.55</b>	<b>2.52</b>	<b>2.62</b>	<b>2.62</b>	<b>2.52</b>			<b>42.65</b>	<b>44.27</b>	<b>43.42</b>	<b>42.02</b>	<b>42.11</b>		

**A- 27. Rendimiento del cultivo (u/mt2) indicador “Rábano”.**

Tratamientos/Bloques	Rendimiento (u/mt <sup>2</sup> )						
	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	Bloque V	$\sum X$	( $\bar{X}$ )
<b>Estiercol Bovino (T1)</b>	23	27	23	23	23	<b>119</b>	<b>23.8</b>
<b>Bocashi (T2)</b>	27	18	19	24	21	<b>104</b>	<b>20.8</b>
<b>Triple 15 (T3)</b>	33	32	32	12	16	<b>125</b>	<b>25.0</b>
<b>Testigo (T0)</b>	15	19	24	17	19	<b>94</b>	<b>18.8</b>
<b>Promedio (<math>\bar{X}</math>)</b>	<b>24.5</b>	<b>24</b>	<b>24.5</b>	<b>19</b>	<b>19.2</b>		

**A- 28. Análisis de varianza del indicador peso de raíces y hojas (Kg) de rábano en producción de biomasa.**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	0.782 <sup>a</sup>	7	0.112	0.443	0.857
Intersección	83.232	1	83.232	330.067	0.000
<b>Tratamiento</b>	<b>0.284</b>	<b>3</b>	<b>0.095</b>	<b>4.375**</b>	<b>0.072</b>
<b>Bloques</b>	<b>0.498</b>	<b>4</b>	<b>0.125</b>	<b>0.494<sup>ns</sup></b>	<b>0.741</b>
Error	3.026	12	0.252		
Total	87.040	20			
Total corregida	3.808	19			

\*\*= Diferencias estadísticas significativas (P<0.01).

n.s= Diferencias estadísticas no significativas.

**A- 29. Prueba Duncan del indicador peso de raíces y hojas de rábanos en producción de biomasa (Kg) para las diferentes fuentes fertilizantes.**

Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
(T0) Testigo	5	2.0 <sup>b</sup>	
(T2) Bocashi	5		2.64 <sup>a</sup>
(T1) Humus (Estiércol Bovino)	5		2.80 <sup>a</sup>
(T3) Formula triple 15	5		2.92 <sup>a</sup>
<b>Sig.</b>		<b>0.486</b>	<b>0.398</b>

**A- 30. Análisis de varianza del indicador diámetro de rábano en producción de biomasa (mm).**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	107.220 <sup>a</sup>	7	15.317	3.503	0.028
Intersección	11605.117	1	11605.117	2654.247	0.000
<b>Tratamiento</b>	<b>77.829</b>	<b>3</b>	<b>25.943</b>	<b>5.933**</b>	<b>0.010</b>
<b>Bloques</b>	<b>29.391</b>	<b>4</b>	<b>7.348</b>	<b>1.681<sup>ns</sup></b>	<b>0.219</b>
Error	52.467	12	4.372		
Total	11764.804	20			
Total corregida	159.687	19			

\*\*= Diferencias estadísticas significativas (P<0.01).

n.s= Diferencias estadísticas no significativas.

**A- 31. Prueba Duncan del indicador diámetro de rábanos en producción de biomasa (Kg) para las diferentes fuentes fertilizantes.**

Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
(T0) Testigo	5	31.23 <sup>b</sup>	
(T2) Bocashi	5		44.69 <sup>a</sup>
(T1) Humus (Estiércol Bovino)	5		46.90 <sup>a</sup>
(T3) Formula triple 15	5		48.71 <sup>a</sup>
<b>Sig.</b>		<b>0.087</b>	<b>0.050</b>

**A- 32. Análisis de varianza de Rendimiento (número de rábanos por metro cuadrado).**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	213.700 <sup>a</sup>	7	30.529	0.819	0.590
Intersección	9245.000	1	9245.000	248.021	0.000
<b>Tratamiento</b>	<b>100.200</b>	<b>3</b>	<b>33.400</b>	<b>8.340**</b>	<b>0.0471</b>
<b>Bloques</b>	<b>113.500</b>	<b>4</b>	<b>28.375</b>	<b>0.761<sup>ns</sup></b>	<b>0.570</b>
Error	447.300	12	37.275		
Total	9906.000	20			
Total corregida	661.000	19			

\*\*= Diferencias estadísticas significativas (P<0.01).

n.s= Diferencias estadísticas no significativas.

**A- 33. Prueba Duncan de Rendimiento (u/Mt<sup>2</sup>) de Rábano para las diferentes fuentes fertilizantes.**

Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
(T0) Testigo	5	18.80 <sup>b</sup>	
(T2) Bocashi	5	20.80 <sup>b</sup>	20.80 <sup>a</sup>
(T1) Humus (Estiércol Bovino)	5		23.80 <sup>a</sup>
(T3) Formula triple 15	5		25.00 <sup>a</sup>
<b>Sig.</b>		<b>0.246</b>	<b>0.162</b>



**A- 34. Contenido de N, P, K y Microelementos (% , mg/kg) en el sustrato Bocashi.**



**Laboratorio de Química Agrícola**  
 Km 33 1/2 carretera a Santa Ana, La Libertad, El Salvador, C.A. Tel.: 2302-02-00 ext. 269  
 San Andrés, 04 de junio de 2013

**Ing. Marco Isaí Claros Hernández, e Ing. Leonel Edgardo Reyes Romero**  
**Universidad de El Salvador (UES, FMO.)**

**Muestras:** BOCASHI

**Lugar de Recolección:** San Francisco Gotera, Morazán.

**Fecha de recolección de muestra:** 12/05/13

**RESULTADOS**

# de Lab.	Identificación	% Humedad	% N	% P	% K	% Ca	% Mg	% Fe	mg/Kg Cu	mg/Kg Mn	mg/Kg Zn	mg/Kg B	mg/Kg S	pH	
266	BOCASHI	Base Húmeda	7.23	1.45	0.97	1.29	2.38	0.73	3.64	130	0.13	B	29	No se detecto	7.57
		Base Seca	-----	1.56	0.99	1.39	2.57	0.79	3.92	140	0.14	29	31	-----	-----

**Nota:** Este informe de análisis se basa en una muestra de producto recibido por el laboratorio, el proceso del muestreo ha sido responsabilidad de los interesados.

  
 Lic. Mirian Álvarez de Amaya  
 Jefa del Laboratorio de Química Agrícola



**A- 35. Cantidades de fuentes fertilizantes aplicadas, en base a los Requerimientos Nutricionales del cultivo Rábano.**

Requerimientos Nutricionales del Cultivo Rábano: N: 80, P: 120, K: 80. (Kg/Ha)						
TRATAMIENTOS	(Kg/Mt <sup>2</sup> )	(Kg/Ha)	Ton/Ha	(Lb/Mt <sup>2</sup> )	(Lb/Mz)	Ton/Mz
Humus: Estiércol Bovino (T1)	2.03	20,339	20.34	4.47	31,322	15.66
Bocashi (T2)	1.22	12,244.9	12.24	2.69	18,857.14	9.43
Fertilizante Triple 15 (T3)	0.08	800	0.8	0.17	1,232	0.61
Testigo (T0)	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada

**A- 36. Clasificación Comercial de frutos cosechados del cultivo Rábano.**

Cultivo Rábano											
1° categoría (≥ 0.015 kg y ≥ 36 mm)						2° categoría (≤ 0.014 kg y ≤ 35 mm)					
TRATAMIENTOS	BI	BII	BIII	BIV	BV	BI	BII	BIII	BIV	BV	ΣX
Humus: Estiércol Bovino (T1)	18	22	23	19	18	5	3	4	4	3	119
Bocashi (T2)	13	12	11	16	18	9	5	9	4	7	104
Fertilizante Triple 15 (T3)	21	20	24	22	19	4	3	5	3	4	125
Testigo (T0)	8	4	3	6	4	15	12	14	16	12	94

**A- 37. Análisis de varianza de Clasificación Comercial de Frutos cosechados del cultivo de Rábano (1º categoría).**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1382.417 <sup>a</sup>	5	276.483	114.407	0.000
Intersección	7550.083	1	7550.083	3124.172	0.000
<b>Tratamiento</b>	<b>1370.250</b>	<b>3</b>	<b>456.750</b>	<b>189.00**</b>	<b>0.000</b>
<b>Bloque</b>	<b>12.167</b>	<b>2</b>	<b>6.083</b>	<b>2.517<sup>ns</sup></b>	<b>0.161</b>
Error	14.500	6	2.417		
Total	8947.000	12			
Total corregida	1396.917	11			

\*\*= Diferencias estadísticas significativas (P<0.01).

n.s= Diferencias estadísticas no significativas.

**A- 38. Prueba Duncan de Clasificación Comercial de Frutos cosechados del cultivo de Rábano (1º categoría).**

Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
(T0) Testigo	3	5.0 <sup>c</sup>		
(T2) Bocashi	3		14.0 <sup>b</sup>	
(T1) Humus (Estiércol Bovino)	3			20.0 <sup>a</sup>
(T3) Fertilizante Triple 15	3			21.2 <sup>a</sup>
<b>Sig.</b>		<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>0.166</b>

**A- 39. Análisis de varianza de Clasificación Comercial de Frutos cosechados del cultivo de Rábano (2º categoría).**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1382.417 <sup>a</sup>	5	276.483	114.407	0.000
Intersección	7550.083	1	7550.083	3124.172	0.000
<b>Tratamiento</b>	<b>1370.250</b>	<b>3</b>	<b>456.750</b>	<b>189.00**</b>	<b>0.000</b>
<b>Bloque</b>	<b>12.167</b>	<b>2</b>	<b>6.083</b>	<b>2.517<sup>ns</sup></b>	<b>0.161</b>
Error	14.500	6	2.417		
Total	8947.000	12			
Total corregida	1396.917	11			

\*\*= Diferencias estadísticas significativas (P<0.01).

n.s= Diferencias estadísticas no significativas.

**A- 40. Prueba Duncan de Clasificación Comercial de Frutos cosechados del cultivo de Rábano (2º categoría).**

Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
(T1) Humus (Estiércol Bovino)	3	19.0 <sup>c</sup>		
(T3) Fertilizante Triple 15	3	19.0 <sup>c</sup>		
(T2) Bocashi	3		34.0 <sup>b</sup>	
(T0) Testigo	3			69.0 <sup>a</sup>
<b>Sig.</b>		<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>0.166</b>

**A- 41. Análisis y contenido Nutricional de Suelo donde se realizó la Investigación.**



**Laboratorio de Química Agrícola**  
 Km 33 1/2 carretera a Santa Ana, La Libertad, El Salvador, C.A. Tel.: 2302-02-00 ext. 269  
 San Andrés, 04 de junio de 2013

**Ing. Marco Isáí Claros Hernández, e Ing. Leonel Edgardo Reyes Romero**  
**Universidad de El Salvador (UES, FMO.)**

**Muestra:** SUELO      **Lugar de Recolección:** San Francisco Gotera, Morazán.      **Fecha de recolección de muestra:** 12/05/13

**RESULTADOS**

# de Lab.	Identificación	% Humedad	% N	% P	% K	% Ca	% Mg	% Fe	mg/Kg Cu	mg/Kg Mn	mg/Kg Zn	mg/Kg B	mg/Kg S	pH
300	<b>SUELO, Textura: Franco-Arenoso</b>	7.15	3.56	6.99	7.39	2.57	1.79	2.92	190	1.14	29	31	27	7.57

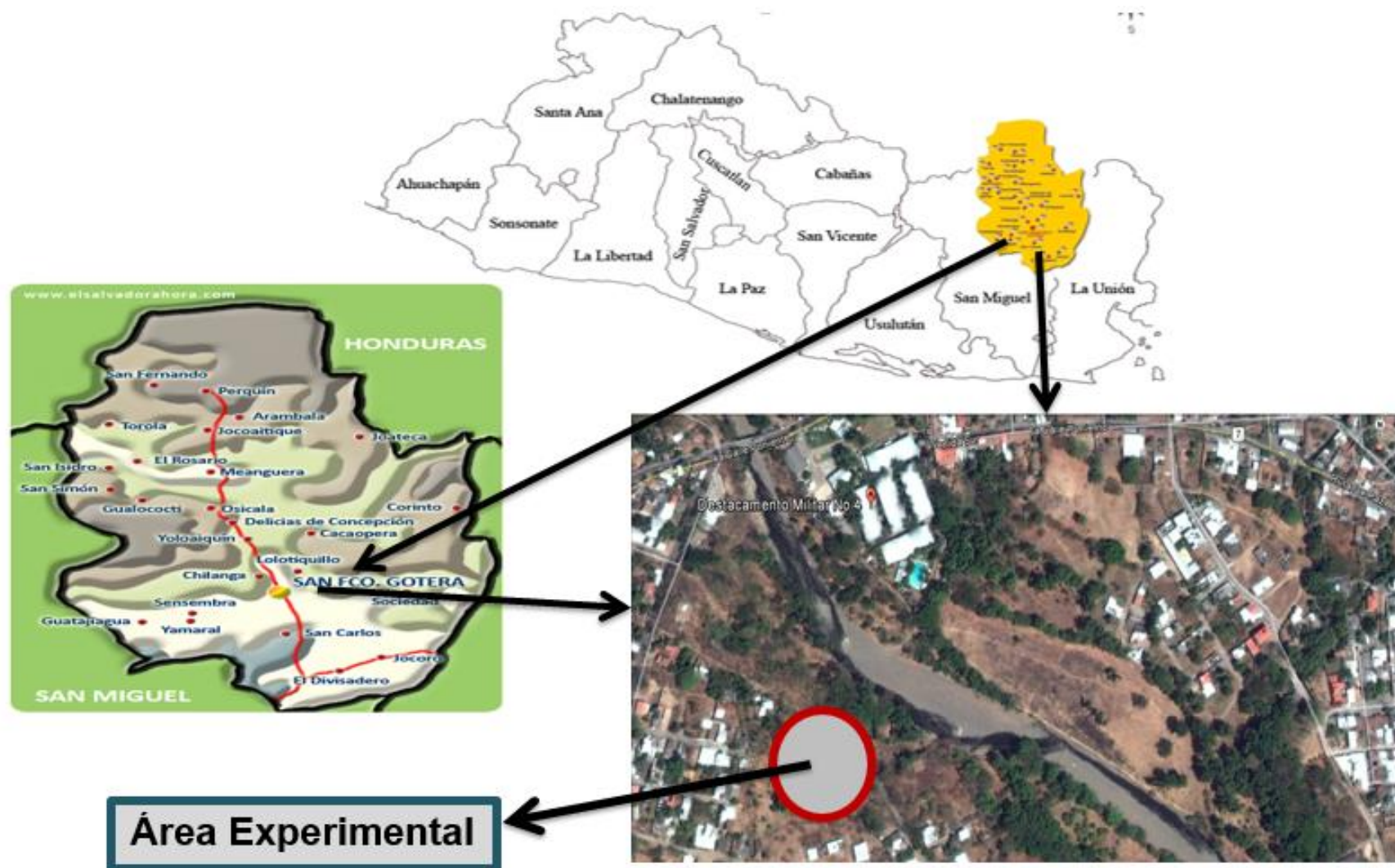
**Nota:** Este informe de análisis se basa en una muestra de producto recibido por el laboratorio, el proceso del muestreo ha sido responsabilidad de los interesados.

Lic. *Mirian Álvarez de Amaya*  
 Jefa del Laboratorio de Química Agrícola

A- 42. Análisis económico (\$) de producción de Humus por Lombriz californiana de los diferentes sustratos orgánicos.

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Contenedores de madera	21	Cajas	\$ 12.50	\$ 262.50	\$37.50	\$37.50	\$37.50	\$37.50	\$37.50	\$37.50	37.50
Lombriz Roja Californiana	21	Kilogramo	\$ 15.00	\$ 315.00	\$45.00	\$45.00	\$45.00	\$45.00	\$45.00	\$45.00	\$45.00
Sustratos alimenticios	28	QQ	\$ 2.00	\$ 56.00	\$8.00	\$8.00	\$8.00	\$8.00	\$8.00	\$8.00	\$8.00
Análisis nutricional química agrícola	15	Analisis	\$ 58.25	\$ 873.75	\$124.82	\$124.82	\$124.82	\$124.82	\$124.82	\$124.82	\$124.82
Manejo (Mano de obra)	4	Mes	\$ 15.00	\$ 60.00	\$8.57	\$8.57	\$8.57	\$8.57	\$8.57	\$8.57	\$8.57
Visita del asesor	4	visita	\$ 30.00	\$ 120.00	\$17.14	\$17.14	\$17.14	\$17.14	\$17.14	\$17.14	\$17.14
Alquiler de Ph-chimetro	1	unidad	\$ 5.00	\$ 5.00	\$0.71	\$0.71	\$0.71	\$0.71	\$0.71	\$0.71	\$0.71
Termómetro	1	unidad	\$ 5.00	\$ 5.00	\$0.71	\$0.71	\$0.71	\$0.71	\$0.71	\$0.71	\$0.71
Basculas	2	unidad	\$ 26.23	\$ 52.46	\$7.49	\$7.49	\$7.49	\$7.49	\$7.49	\$7.49	\$7.49
<b>Costo Total</b>				<b>\$ 1,749.71</b>	<b>\$249.96</b>	<b>\$249.96</b>	<b>\$249.96</b>	<b>\$249.96</b>	<b>\$249.96</b>	<b>\$249.96</b>	<b>\$249.96</b>
<b>Ventas</b>											
QQ de lombriabono					3.762	0	2.772	0	1.782	0.99	1.584
Precio/qq					\$10.00	\$10.00	\$10.00	\$10.00	\$10.00	\$10.00	\$10.00
<b>Ingreso</b>					<b>\$37.62</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$27.72</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$17.82</b>	<b>\$9.90</b>	<b>\$15.84</b>
Lbs de lombrices					35	0	26	0	19	19	17
Precio/lb.					\$15.00	\$15.00	\$15.00	\$15.00	\$15.00	\$15.00	\$15.00
<b>Ingresos</b>					<b>\$525</b>	<b>\$0</b>	<b>\$390</b>	<b>\$0</b>	<b>\$285</b>	<b>\$285</b>	<b>\$255</b>
<b>Ingreso total</b>					<b>\$562.62</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$417.72</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$302.82</b>	<b>\$294.90</b>	<b>\$270.84</b>
<b>Beneficio Bruto</b>					<b>\$312.66</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$167.76</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$52.86</b>	<b>\$44.94</b>	<b>\$20.88</b>
<b>B/C</b>					<b>\$1.25</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.67</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.21</b>	<b>\$0.18</b>	<b>\$0.08</b>

A- 43. Ubicación del campo experimental (Colonia Jerusalén) donde se desarrolló la investigación.



**A- 44. Instrumento de Recolección de información (I fase de Investigación).**

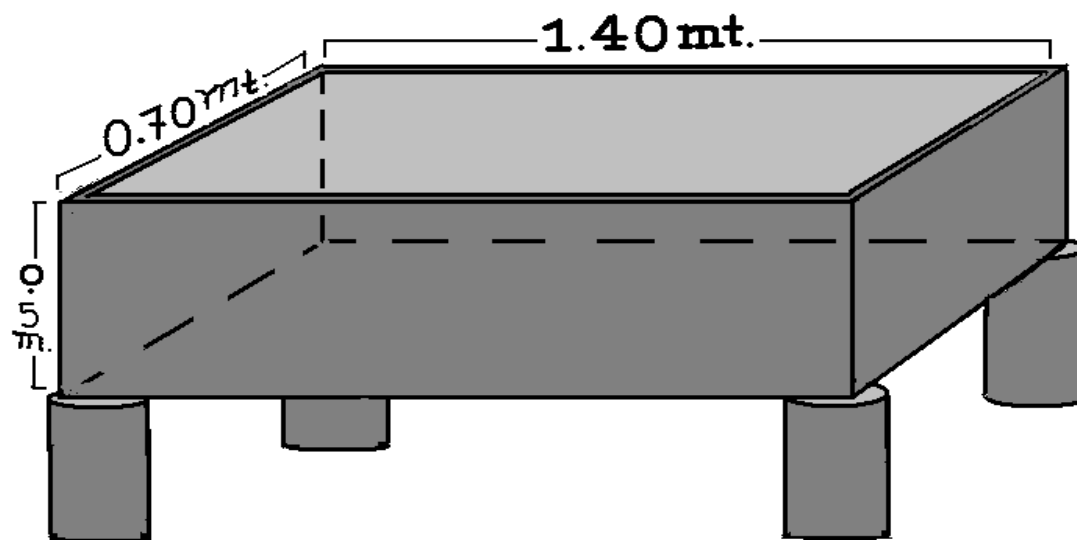
<b>Código (B/T)</b>	<b>Producción de Humus (Kg)</b>	<b>N (%)</b>	<b>P (%)</b>	<b>K (%)</b>	<b>Ca (%)</b>	<b>Fe (%)</b>	<b>Mn (%)</b>	<b>Zn (mg/kg)</b>	<b>Cu (mg/kg)</b>	<b>Mg (mg/kg)</b>
B1 T1										
B1 T2										
B1 T3										
B1 T4										
B1 T5										
B1 T6										
B1 T7										
B2 T1										
B2 T2										
B2 T3										
B2 T4										
B2 T5										
B2 T6										
B2 T7										
B3 T1										
B3 T2										
B3 T3										
B3 T4										
B3 T5										
B3 T6										
B3 T7										



A- 45. Instrumento de Recolección de información (II fase de Investigación).

Codigo (B/T)	Produccion de Biomasa		Rendimiento (u/mt <sup>2</sup> )	Clasificacion Comercial	
	Peso (Kg)	Diametro (mm)		1° Categoria	2° Categoria
B1-T1					
B1-T2					
B1-T3					
B1-T0					
B2-T1					
B2-T2					
B2-T3					
B2-T0					
B3-T1					
B3-T2					
B3-T3					
B3-T0					
B4-T1					
B4-T2					
B4-T3					
B4-T0					
B5-T1					
B5-T2					
B5-T3					
B5-T0					

A- 46. Diseño de contenedores o cunas de Lombriz Roja Californiana.



A- 47. Croquis de distribución de cunas de Lombriz Roja Californiana (I fase de Investigación).



A- 48. Croquis de distribución de parcelas de Cultivo indicador “Rábano” (II fase de Investigación).

