

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
MENCIÓN: CULTIVOS TROPICALES**



**EFFECTO DE LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES Y
RESTOS VEGETALES EN LA CALIDAD DE HUMUS DE
LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*Eisenia foetida* Sav.) EN
HUACRACHUCO, 2018**

Tesis

**Para optar el Grado Académico de
MAESTRO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS,
MENCIÓN: CULTIVOS TROPICALES**

Presentado por:

BENANCIO PANTOJA MEDINA

TINGO MARÍA – PERÚ

2021



VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN
OFICINA DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO

I. DATOS GENERALES DE POSGRADO

Universidad	: Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad	: Facultad de Agronomía
Título de Tesis	: EFECTO DE LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES Y RESTOS VEGETALES EN LA CALIDAD DE HUMUS DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (<i>Eisenia foetida</i> Sav.) EN HUACRACHUCO, 2018.
Autor	: Benancio Pantoja Medina
Asesor de Tesis	: Dr. José Wilfredo Zavala Solórzano
Maestría y Mención	: Ciencias Agrícolas / Mención Cultivos Tropicales
Programa de Investigación	: Suelos y fertilizantes
Línea (s) de Investigación	: Recuperación y manejo de suelos
Eje temático de investigación	: Calidad de humus de lombriz Roja.
Lugar de Ejecución	: Huacrachuco
Duración	: Abril – Diciembre 2018
Financiamiento	: s/ 3000.00
FEDU	: NO
Propio	: SI
Otros	: NO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

ESCUELA DE POSGRADO DIRECCIÓN



"Año del bicentenario del Perú: 200 años de independencia"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 001-2021-EPG-UNAS

En la ciudad universitaria, siendo las 5:00 pm del día lunes 31 de agosto del 2020, reunidos en el Aula virtual, se instaló el Jurado Calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada:

"EFECTO DE LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES Y RESTOS VEGETALES EN LA CALIDAD DE HUMUS DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*Eisenia foetida* Sav.), EN HUACRACHUCO, 2018"

A cargo del candidato al Grado de Maestro en Ciencias agrícola, mención: Cultivos Tropicales, **Ing. BENANCIO PANTOJA MEDINA**

Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el Jurado Calificador procedió a emitir su fallo declarando **Aprobado** con el calificativo de **MUY BUENO**.

Acto seguido, a horas 7:07 p.m. el presidente dio por culminada la sustentación; procediéndose a la suscripción de la presente acta por parte de los miembros del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.

Dr. Hugo Alfredo Huamani Yupanqui
Presidente de Jurado

Blgo. M. Sc. Luis Gil Bacilio
Miembro del Jurado



Ing. M. Sc. Victorino Rivas Pulache
Miembro del Jurado

Dr. José Wilfredo Zavala Solórzano
Asesor

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía y fortaleza,
por darme el conocimiento para
seguir adelante y fuerza para
sobrepasar victorioso los
obstáculos que la vida me ha dado.

A mis queridos padres:

LIBERATO PANTOJA PARDO y
TEODOMIRA MEDINA PRINCIPE,
que siempre estuvieron
apoyándome, por ser mi motor y
motivo, para salir adelante, por sus
consejos y por impulsarme día tras
día a continuar con paso firme y
lograr todas mis metas.

AGRADECIMIENTO

- A Dios, por hacer realidad este sueño esperado, sin él no hubiese sido posible lograr el éxito.
- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María, “Primeros en la Amazonía Peruana”.
- Al Dr. José Wilfredo Zavala Solórzano, asesor del presente trabajo, por su invaluable aporte metodológico y científico; así mismo por brindarme su apoyo y orientación en la culminación de mi tesis.
- A los miembros de jurado, Dr. Hugo Huamaní Yupanqui (Presidente), M. Sc. José Luis Gil Bacilio (Miembro) y M. Sc. Victorino Rivas Pulache (Miembro)
- A todas aquellas personas que, de una u otra manera, colaboraron y me apoyaron en la realización del presente trabajo, en especial al Ing. Elvis Ottos Sánchez a quien hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1. Generalidades de la lombriz roja	3
2.2. Clasificación taxonómica	4
2.3. Importancia de la lombriz	4
2.4. Sistema de reproducción	5
2.5. Ciclo de vida de la lombriz roja californiana	6
2.6. Factores que afectan la reproducción.....	7
2.7. Sistema digestivo.....	8
2.8.1. Humedad.....	8
2.8.2. Temperatura	9
2.8.3. Luz	9
2.8.4. pH	10
2.9. Hábitos alimenticios de la lombriz	10
2.10. Factores que amenazan la reproducción de lombrices	11
2.10.1. Enemigos de la lombriz.....	11
2.11. Materia orgánica	12
2.12. Humus	13
2.13. Características químicas de los abonos de origen animal.....	14
2.13.1. Calidad del humus de lombriz	14
2.13.2. Contenido de nutrientes en el humus de lombriz.....	15
2.13.3. Compuesto principal del humus	15
2.13.4. Beneficios que aporta.....	18
2.14. Sustancias húmicas (SH).....	18
2.14.1. Ácidos fúlvicos (AF).....	19
2.14.2. Ácidos húmicos (AH).....	20
2.14.3. Humina (HUM).....	21
2.15. Estiércol de bovino	21
2.16. Microorganismos eficaces (EM)	22
2.16.1. Composición del EM	22
2.17. Relación carbono nitrógeno C/N	23

2.18. Antecedentes	24
III. MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1. Lugar de ejecución	26
3.2.1. Materiales y equipos.....	26
3.2.2. Reactivos.....	27
3.3. Metodología de la investigación	27
3.3.1. Labores a realizar en el campo experimental.....	27
3.3.2. Fraccionamiento químico de la materia orgánica.....	29
3.4. Diseño de la investigación	30
3.4.1. Esquema de análisis de variancia para el diseño (DBCA)	31
3.4.2. Variables en estudio	32
3.4.3. Croquis del experimento	32
3.4.4. Croquis de la unidad experimental	33
3.5. Parámetros a evaluar	33
3.5.1. Capacidad reproductiva de lombriz por tratamiento	33
3.5.2. Determinación de la calidad química del humus de lombriz	34
3.5.3. Obtención del té del vermicompost de cada tratamiento.....	35
3.5.4. Fraccionamiento químico de las sustancias húmicas del humus ...	35
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
4.2. Efecto de los microorganismos eficientes y restos vegetales frescos	37
4.1.1. Número de cocones por tratamiento.....	37
4.1.2. Población de lombrices adultas	39
4.1.3. Población de lombrices juveniles en 100 g de humus.....	41
4.1.4. Peso de las lombrices por tratamiento.....	43
4.1.5. Tamaño de la lombriz	45
4.1.6. Determinación de la calidad química del humus.....	48
4.1.7. Contenido de micronutrientes en el humus de lombriz	59
4.2. Contenido nutricional del té de humus de lombriz	64
4.3. Determinación de las sustancias húmicas del humus de lombriz	65
V. CONCLUSIONES	75
VI. RECOMENDACIONES	76
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	77
VIII. ANEXO	83

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
1. Características químicas de los estiércoles de los diferentes animales.	14
2. Características químicas del humus de lombriz.	14
3. Parámetros que determina si el humus producido es de buena calidad.....	15
4. Composición química del humus.....	17
5. Composición de humus líquido de lombriz.	17
6. Modelo de ADEVA.	31
7. Variables en estudio.....	32
8. Descripción de los tratamientos en estudio.	32
9. Análisis de varianza para el número de cocones en 100 g. de humus.....	37
10. Prueba de significación de Duncan para el número de cocones en 100 g de humus.	38
11. Número de individuos adultos en 100 g. de humus de lombriz roja.	39
12. Prueba de significación de Duncan para el número de individuos adultos en 100 g de humus de lombriz.	40
13. Número de individuos juveniles en 100 gramos de humus.	42
14. Prueba de significación de Duncan para el número de individuos juveniles en 100 gramos de humus por tratamiento.	42
15. Análisis de varianza para peso 50 individuos (lombrices).	44
16. Prueba de significación de Duncan para el peso de 50 lombrices adultas. ...	44
17. Análisis de varianza para el tamaño de 50 lombrices adultas.	46
18. Prueba de significación de Duncan para el tamaño promedio de 50 lombrices por tratamiento.....	47
19. Análisis químico del humus de lombriz.	48
20. Análisis de varianza para el porcentaje de contenido de materia orgánica.....	49
21. Porcentaje de contenido de materia orgánica.	50
22. Análisis de varianza para determinar el pH de humus de lombriz.	
23. Prueba de significación de Duncan para determinar el pH del humus lombriz durante los 120 días.....	52
24. Análisis químico del contenido de micronutrientes del humus de lombriz.	60

25. Contenido de macro y micronutrientes del té de humus en miligramos/litro de biol.	64
26. Concentración de sustancias húmicas en el humus de lombriz.....	65
27. Análisis de varianza para el porcentaje de concentración de ácidos fúlvicos en el humus de lombriz.	66
28. Prueba de Duncan para la concentración porcentual de ácidos fúlvicos. ...	67
29. Análisis de varianza para determinar la concentración de ácidos húmicos.....	68
30. Prueba de significación de Duncan de ácidos húmicos.....	69
31. Análisis de varianza para la fracción humina (FH).	71
32. Prueba de significación de Duncan para la fracción humina.	71
33. Número de cocones por tratamientos en 100 gramos de sustrato.	84
34. Población de lombrices adultas en 100 g de sustrato.	84
35. Población de lombrices juveniles en 100 g de sustrato.	85
36. Peso de la lombriz en gramos de 50 lombrices adultas.	85
37. Promedio de tamaño de la lombriz.	86
38. Nivel de pH del humus de lombriz.....	86
39. Contenido de nitrógeno.	87
40. Contenido de materia orgánica.	87
41. Contenido de fósforo.....	88
42. Contenido de potasio (k).	88
43. Promedio de ácidos fúlvicos.....	89
44. Promedio de ácidos húmicos.	89
45. Contenido de humina.	90

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1. Detalle de la compostera experimental.	32
2. Detalle de la unidad experimental	33
3. Número cocones en 100 g de humus por tratamiento.....	39
4. Población de adultos en 100 g de humus.....	41
5. Población de juveniles en 100 g de humus.	43
6. Peso en gramos de 50 lombrices adultas por tratamiento.....	45
7. Tamaño promedio de 50 lombrices adultas por tratamiento.....	47
8. Porcentaje del contenido de materia orgánica en base seca.	51
9. Nivel de pH del humus de lombriz.....	53
10. Contenido de nitrógeno orgánico en el humus elaborado por la lombriz roja californiana.....	54
11. Rango de temperatura durante el proceso de elaboración del humus de lombriz durante 120 días.	55
12. Relación de carbono/nitrógeno en el humus de lombriz.	56
13. Contenido de fósforo en el humus elaborado por la lombriz roja californiana.	57
14. Porcentaje de potasio en el humus elaborado por la lombriz roja californiana.	58
15. Porcentaje de calcio presente en el humus elaborado por la lombriz roja californiana.	58
16. Porcentaje de magnesio en el humus elaborado por la lombriz roja californiana.	59
17. Contenido de cobre en el humus elaborado por la lombriz roja californiana.	61
18. Contenido de hierro en el humus elaborado por la lombriz roja californiana.	61
19. Contenido de zinc en el humus elaborado por la lombriz roja californiana.....	62
20. Contenido de manganeso en el humus elaborado por la lombriz roja californiana.	63
21. Porcentaje de ácidos fúlvicos.....	67
22. Porcentaje de ácidos húmicos.	70
23. Porcentaje de la fracción humina.	72

24. Porcentaje de materia orgánica total.	73
25. a. Pesado del estiércol de bovino, b. Llenado de sustrato en las cajas.	90
26. Medición del pH de los sustratos.	91
27. a. Restos vegetales frescos, b. Adicionando el EM 5 %.	91
28. Tratamientos en proceso de descomposición.	92
29. Evaluación de las muestras.	92
30. Evaluación de la longitud de las lombrices.	93
31. Cosecha del humus de la lombriz a los 6 meses.	93
32. Pesando las muestras para preparar el biol del humus.	94
33. Gigantografía anunciado la tesis a ejecutar.	94
34. Compostera en el cual se llevó a cabo el experimento.	95
35. Labores de agitación en agitador horizontal.	95
36. Ácido fúlvico + ácido húmico.	96
37. a. Fraccionamiento de la humina, b. Ácido fúlvico + ácido húmico.	96
38. Determinación de la materia orgánica en el ácido fúlvico.	97
39. Determinación de la materia orgánica en el ácido húmico.	97
40. Determinación de la materia orgánica en la humina.	98
41. Titulación de la materia orgánica.	98

RESUMEN

Los restos vegetales que son ampliamente desechados por el hombre, que fácilmente son arrojados en diferentes partes de la superficie, que posteriormente van generando olores desagradables y contaminando el medio ambiente, hoy en día a pasado a ser un insumo de mucha importancia para la alimentación de organismos vivos como son la lombriz roja californiana, disminuyendo grandemente la contaminación y haciéndole aprovechable en su totalidad a los restos vegetales. La producción de humus de lombriz roja californiana es una alternativa para la producción de abonos orgánicos de excelente calidad que dará buenos resultados en la producción agrícola y ganadera. El presente estudio tuvo como objetivo de evaluar el efecto de la microorganismos eficientes y restos vegetales en la capacidad reproductiva y calidad del humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* Sav.) en Huacrachuco, Se trabajó con el diseño de DBCA (Diseño de Bloques Completamente al Azar) con 4 tratamientos y 3 repeticiones, haciendo un total de 12 parcelas experimentales. Las técnicas estadísticas fueron el análisis de varianza y la prueba de rangos múltiples de Duncan. Los tratamientos en estudio fueron estiércol de vacuno + microorganismos eficientes (EM) al 5% (T₁), estiércol de vacuno + restos vegetales frescos (T₂), estiércol de vacuno + restos vegetales frescos + EM al 5% (T₃), y como testigo se usó estiércol de vacuno (T₀). Las observaciones realizadas fueron, capacidad reproductiva de la lombriz roja (peso y tamaño) y calidad química del humus. La incorporación de restos vegetales frescos en el estiércol de vacuno (T₂) produjo un efecto significativo en la capacidad reproductiva y el tamaño de las lombrices, el mejor incremento en el peso de las lombrices se obtuvo con el tratamiento T₁ (estiércol de vacuno y EM al 5%) y la mejor calidad química del humus de lombriz se obtuvo con el tratamiento T₃ (estiércol de vacuno, restos vegetales frescos y microorganismos eficientes al 5%). Para el contenido de nutrientes en el té de humus, el tratamiento que obtuvo un mejor resultado fue con el tratamiento T₂ (estiércol de vacuno + restos vegetales frescos) y la mejor concentración de sustancias húmicas en el humus de lombriz con tratamiento T₂ (estiércol de vacuno y restos vegetales frescos), calificando al humus de buena calidad.

Palabras claves: Microorganismos eficientes, compostera, humus, lombricultura.

ABSTRACT

Vegetable remains that are widely discarded by man, which are easily thrown into different parts of the surface, which subsequently generate unpleasant odors and pollute the environment, today has become a very important input for the feeding of living organisms such as the Californian red worm, greatly reducing pollution and making plant debris fully usable. The production of Californian red worm humus is an alternative for the production of organic fertilizers of excellent quality that will give good results in agricultural and livestock production. The present study aimed to evaluate the effect of efficient microorganisms and plant remains on the reproductive capacity and quality of the humus of the Californian red worm (*Eisenia foetida* Sav.) In Huacrachuco. We worked with the DBCA design (Completely Block Design Random) with 4 treatments and 3 repetitions, making a total of 12 experimental plots. Statistical techniques were analysis of variance and Duncan's multiple range test. The treatments under study were cattle manure + efficient microorganisms (EM) at 5% (T1), cattle manure + fresh vegetable remains (T2), cattle manure + fresh vegetable remains + EM at 5% (T3), and as Bovine manure (T0) was used as control. The observations made were the reproductive capacity of the red worm (weight and size) and the chemical quality of the humus. The incorporation of fresh plant remains in the cattle manure (T2) produced a significant effect on the reproductive capacity and the size of the worms, the best increase in the weight of the worms was obtained with the treatment T1 (cattle manure and EM 5%) and the best chemical quality of the worm humus was obtained with the T3 treatment (cow manure, fresh plant remains and efficient microorganisms at 5%). For the content of nutrients in the humus tea, the treatment that obtained the best results was with the T2 treatment (beef manure + fresh vegetable remains) and the best concentration of humic substances in the worm humus with T2 treatment (manure of beef and fresh vegetable remains), qualifying the hummus of good quality.

Keywords: Efficient microorganisms, compost, humus, vermiculture.

I. INTRODUCCIÓN

La lombricultura es una tecnología, donde se aplican determinadas normas y técnicas de producción utilizándose la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* Savigny 1826), estos anélidos efectúan sus excreciones consideradas como el estiércol orgánico más importante en la Tierra (TORRES, 2000). Estos restos orgánicos elaborados por la lombriz es conocido como humus que se caracteriza como un abono orgánico de calidad.

La materia orgánica cumple un papel muy significativo en corregir y mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, debido a su gran importancia implica a seleccionar los restos orgánicos que pueden descomponerse en menor tiempo y estos pueden ser los desperdicios de cocina (restos vegetales) estiércoles de corrales, etc.

Los residuos vegetales recientes forman parte como desechos orgánicos ya que son residuos de los productos utilizados por las amas de casa en la cocina y por los comerciantes ampliamente distribuidos en las zonas urbanas y rurales, por su facilidad de descomposición es una alternativa para ser usado como sustrato para la alimentación de la lombriz y al combinarlo con el estiércol se puede formar un alimento muy apetitoso para que estos organismos realicen su trabajo de descomposición de la materia orgánica.

Por otro lado, los microorganismos eficientes (EM) ayudan a acelerar el procedimiento de desintegración de materia orgánica y mediante la fermentación producen ácidos orgánicos como: Ácidos lácticos, Ácidos acéticos, Aminoácidos y Ácidos málicos, Sustancias bioactivas y Vitaminas. Para este proceso un insumo fundamental es la materia orgánica que es originado por los residuos de los cultivos, materia verde y deshechos animales. Las bacterias ácido lácticas, que son importantes microorganismos en el EM, suprimen los microbios patógenos directa y indirectamente por la fabricación de actinomicetos. El efecto antioxidante de los microorganismos eficaces mejora el sistema inmunológico de plantas y animales. El empleo de los microorganismos eficientes en el compostaje es una tecnología de biorremediación con el propósito de mejorar la tasa de degradación y la calidad del compost (FAN *et al.*, 2017).

Por lo tanto, el propósito de este trabajo de investigación está enfocado en evaluar el efecto de los microorganismos eficientes (EM), restos vegetales y estiércol de bovino para mejorar la capacidad reproductiva y calidad de humus de la lombriz roja californiana, haciendo posible obtener los insumos orgánicos a menor costo sin afectar la economía del agricultor, mejorando la textura del suelo y la rentabilidad de sus cultivos.

Considerando lo antes mencionado se realizó el presente trabajo de investigación, cuyos objetivos se plantean lo siguiente.

Objetivo general:

Evaluar el efecto de los microorganismos eficiente y restos vegetales en la capacidad reproductiva y calidad química de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* Sav.) en Huacrachuco.

Objetivos específicos:

- a. Medir el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes (ME) en la capacidad reproductiva y calidad química de humus de lombriz roja californiana.
- b. Medir el efecto de los restos vegetales frescos en la capacidad reproductiva y calidad del humus de lombriz roja californiana.
- c. Cuantificar el contenido de nutrientes del té de humus por cada tratamiento.
- d. Determinar las sustancias húmicas mediante la fracción química del humus de lombriz.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Generalidades de la lombriz roja

BARBADO (2004), señala que en la antigüedad la lombriz roja californiana era conocida como intestino de la tierra, debido a que los griegos observaron que, al excavar galerías en el terreno, se volvía poroso y facilitaba la oxigenación y permeabilidad del agua. La reina Cleopatra en el antiguo Egipto le confirió como un animal sagrado y se prohibía sacarlo a otros territorios y si lo hacían se castigaba con una pena máxima FLORES (2010), menciona que en España y en países como Argentina, Brasil, Ecuador y México, la cría de lombrices comenzó a desarrollarse a principios de la década de los 80's. En la actualidad se están extendiendo las explotaciones de este tipo debido a que la obtención de humus a partir del compostaje de materia orgánica permite mejorar la calidad de muchos suelos agrícolas o recuperar zonas degradadas, al mismo tiempo evitar la contaminación de las aguas que provocan los vertidos indiscriminados de materia orgánica. (FLORES 2010)

COMPAGNONI y PUTZOLU (1995) señala que la lombriz roja (*Eisenia foetida* Sav.) es originaria de Europa y Asia; ya que los primeros trabajos realizados en criaderos intensivos se realizaron en la década de los 50 en California, Estados Unidos, desde ahí procede su nombre. Hasta la actualidad se ha logrado reconocer 8000 mil especies de lombrices de las cuales sólo tres de ellas se han logrado conducir, así como: la (*Eudrilus Eugenia*), (*Lumbricus rubellus*) y (*Eisenia foetida*) esta última presenta se adapta a diferentes sustratos, temperaturas, pH, humedad y con máximo prestigio económica a cota mundial. Esta naturaleza presenta alta capacidad reproductiva que puede reduplicar su billete cada tres meses (BOLLO, 2001).

SCHULDT (2004), menciona, menciona que la lombriz es capaz de sobrevivir hasta más de 4.5 años en la superficie y puede alcanzar a medir hasta 3 a 7 cm de longitud, con un peso promedio de 0.8 hasta 1.4 g, sin embargo carecen de ojos, por lo que para poder percibir la luz y sustancias tóxicas lo hacen por medio de las células de su piel ya que éstas poseen receptores que le permiten también a orientarse en la búsqueda de su alimento

y humedad del mismo modo las células de la cutícula originan una mucosidad que le permite mantener húmeda evitando que se seque ya que puede bloquear el intercambio gaseoso (ingreso de oxígeno y eliminación de dióxido de carbono) debido a que las lombrices respiran únicamente por su piel, sin embargo, el exceso de humedad el sistema respiratorio se vuelve inoperante.

Los microorganismos eficientes cuando están presente en el sustrato cumplen una función preponderante en la alimentación de la lombriz debido que es la fuente principal de proteína. Sin embargo, estos anélidos se alimentan mejor de aquellos microorganismos desarrollados en el proceso del compostaje; que de la materia orgánica; ya que los microorganismos proporcionan la digestión del sustrato con mayor facilidad al separar en partículas más fáciles de asimilar (SCHULDT, 2004).

2.2. Clasificación taxonómica

BARNES (1989), clasifica a la lombriz roja californiana de la manera siguiente:

Reino	: Animales
División	: Invertebrados
Phyl (subreino)	: Metazoarios
Phylum	: Annelida
Clase	: Oligochaeta (* Oligoquetos)
Orden	: Haplotaxida (* Opisthoporos)
Suborden	: Lumbricina
Familia	: Lumbricidae
Género	: <i>Eisenia</i>
Especie	: <i>Eisenia foetida</i>
Nombre común: Lombriz roja californiana	

2.3. Importancia de la lombriz

PABLO (2007), reporta que la lombriz roja californiana, del orden Anélida, clase Oligoqueta y familia Lumbricidae, contribuye a la mejora del suelo

incrementando su fertilidad y al mismo tiempo la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y azufre e inhabilita el desarrollo de hongos y bacterias que pueden perturbar al cultivo. El resultado de la crianza de esta lombriz se obtiene como subproducto el humus de lombriz, que es MO digerida y defecada por la lombriz que sirve como biofertilizante al estar en contacto con la planta. La lombriz roja californiana tiene gran importancia económica, pues favorece a la fertilización, aireación, mejora la estructura y formación del suelo.

HUERTA *et al.* (2010) recomiendan que, para disminuir la utilización de agroquímicos y por ende la dependencia de los fertilizantes inorgánicos, por lo que es necesario buscar nuevas alternativas que ayuden optimizar la fertilidad de los suelos, como el manejo biológico del mismo, incluyendo la inoculación de lombrices de tierra para restaurar los suelos dañados o degradados y así incentivar la producción agrícola.

2.4. Sistema de reproducción

COMPAGNONI y PUTZOLU (2001) señala la frecuencia del apareamiento de la lombriz es de 2 a 3 veces por semanas; la cópula de 2 lombrices puede generar entre 2 a 9 ootecas y de cada ooteca nacen 2 a 4 lombrices “La frecuencia del apareamiento es de dos a tres veces por semana. SHULD (2001). Menciona que los juveniles eclosionan después de un periodo de incubación en un periodo de 23 días y a una temperatura de 25 °C y su madurez sexual alcanzan entre los 50 a 65 días. El proceso de pre madurez a madurez se realiza cuando alcanzan un peso de 0.24 g y una longitud de 2.5 cm (SCHULD, 2001) y según COMPAGNONI y PUTZOLU (1995) una lombriz adulta puede llegar producir hasta 1,500 crías por año, siendo muy significativa su actividad productiva a lo largo del año siempre en cuando tenga las condiciones óptimas.

MARTÍNEZ (1996) también menciona que la lombriz es hermafrodita, sin embargo, es imposible auto fecundarse, ya que necesita un intercambio de espermatozoides, para llevar a cabo este proceso es necesario el apareamiento el cual consiste en unir sus poros donde se efectúan la liberación los espermatozoides y el líquido prostático. La lombriz es un ser vivo hermafrodita incompleta debido a que no está en condiciones de auto fecundarse; consecuentemente, como resultado del apareamiento de las dos lombrices se producirá una cápsula de cada

una, la cual eclosionará luego de transcurrir los 17 a 21 días de colocada, dando lugar de 2 a 20 lombrices juveniles (FERRUZZI, 1994). Los cocones son también conocidos como ootecas que después de unos días cada individuo efectúa la liberación de los ootecas una nueva generación.

SCHULDNT (2006) menciona que en un 90% de los casos, se originan dos ootecas, que los contienen a los huevos. VENTER y REINECKE, (1988) señala que la tasa de fertilidad de ootecas por lombriz es de 3.5 ootecas en un espacio de diez días, en base a ello se estimaron la obtención de 130 ootecas por año. STORER *et al.* (2003) señala también que las lombrices producen de dos a diez ootecas, a intervalos de 3 a 5 días. Mientras que HERRERA y MISCHIS (1994) reportan que obtuvieron entre 4.33 a 3.16 embriones por porción, de igual forma indican que el desarrollo de las lombrices es directo ya que no pasan por estados larvarios; las lombrices recién nacidas son de color blanco y a los 5 días de edad van cambiando a un color rojizo, a los 14 y 21 días obtienen el color al igual que sus antecesores.

VENTER y REINECKE (1988) señalan que los parámetros de temperatura para la lombriz esta entre 20 a 25 °C. sin embargo, a los 25 °C las lombrices juveniles eclosionan, es decir, emergen del cocón de 14 a 44 días después de la cópula, obteniéndose una media de 23 días.

2.5. Ciclo de vida de la lombriz roja californiana

La lombriz roja californiana, a los dos meses de vida alcanza su madurez sexual el cual se evidencia con la apreciación del clitelio, y el acoplamiento lo efectúa con no menos de 7 días, del cual se obtienen 1 ó 2 ootecas por cada lombriz. Si los ambientes son óptimos, después de 14 - 21 días de incubación, eclosiona el cocón y salen entre 2 y 9 lombrices juveniles, generalmente sucede entre 2 y 4, presentando un color rosado pálido translúcido, en condiciones de moverse y nutrirse de inmediato (DÍAZ, 2002).

Según SAAVEDRA (2007) y GARCÍA CONDEETAL (2005) reportan que las lombrices nacen posteriormente de la incubación entre 14 y 21 días a 25 °C y su madurez sexual alcanzan entre los 40 a 70 días y pueden sobre vivir y reproducirse en ambientes con una humedad mínima, razón por la cual se distribuyen fácilmente

por casi todo el planeta, en zonas donde el clima es excesivamente árido son muy escasas. El proceso de pre madurez a madurez sucede cuando la lombriz alcanza una longitud de 2.5 cm y un peso aproximado de 0. 24 g (SAAVEDRA, 2007).

Di-MASSO *et al.* (1997) citados por SCHULDT (2006) menciona que la lombriz roja puede alcanzar a reproducirse a un periodo de 2 a 3 meses dado que su reproducción es semanalmente y durante todo el año, sin embargo, su frecuencia de unión podría variar según las estaciones del año. En lo que respecta a la perspectiva de vida de (*Eisenia foetida*) en situaciones vigiladas varía, según diversos autores, entre uno y cinco años (VENTER y REINECKE, 1988).

2.6. Factores que afectan la reproducción

SCHULDT (2004) señala que las condiciones favorables proporcionan una reproducción constante e uniforme, sin embargo, los factores que perturban la reproducción de la lombriz, es el pH, densidad poblacional, la humedad del sustrato calidad del alimento y la temperatura.

TINEO (1994), reporta que el manejo de la densidad poblacional de la lombriz es de suma importancia, para aumentar rápidamente la población es necesario densidades menores ya que en una fosa con poblaciones altas disminuyen la tasa de reproducción. Por lo que se recomienda en explotaciones intensivas se debe considerar que la población máxima debe de ser en un promedio de hasta 40,000 lombrices por metro cuadrado.

BOLLO (2001) señala que un alimento de buena calidad influye en la reproducción de las lombrices, ya que se suministramos alimentos con más tiempo de descomposición con características de buena calidad, aumentará significativamente la reproducción y la fecundidad de los cocones.

TINEO (1994) menciona cuando los alimentos son descompuesto sin la presencia de oxígeno puede afectar la reproducción de las lombrices, debido a que se produce gases nocivos y aumento de la temperatura del sustrato, interrumpiendo así la fecundidad de las lombrices; dado que el rango ideal de temperatura para la reproducción de la lombriz fluctúa entre 15 a 25 °C, con una

humedad relativa entre 75 a 90 %; según BOLLO (2001) menciona que los alimentos de las lombrices deben tener un pH neutro.

2.7. Sistema digestivo

Lo conforma la boca, la faringe y el esófago, posteriormente se encuentra el buche y la molleja. En el buche se almacena el alimento y en la molleja se tritura que posteriormente es digerido en el intestino donde sucede la mayor parte de la digestión y la adsorción (MARTÍNEZ, 1996).

El proceso de digestión en la lombriz se inicia en la cavidad bucal, dado que al carecer de mandíbulas es necesario que los sustratos destinados como alimento deben encontrarse en estado de descomposición para que facilite la succión con mayor facilidad por la acción muscular de la faringe, donde los alimentos son mojados por las secreciones salivales producidas en la cavidad bucal y en el esófago, que después es integrado al tubo digestivo, pasando por el buche y llegando a la molleja, donde es molido mediante la acción muscular y será más efectivo si existe partículas de arena. Al finalizar todos los procesos anteriores en el intestino, se inicia la interacción de una masa de microorganismos para degradar la materia orgánica por acción enzimática que al final dan como resultado la excreción que da origen al humus.

SCHULDT (2001) señala que la lombriz roja puede ingerir alimento diariamente una cierta cantidad muy equivalente en su peso y luego emiten el 60% transformado en humus, es más cuando las lombrices digieren los sustratos, además cuando las lombrices digieren los sustratos biodegradables una gran variedad de microorganismos contribuyen al proceso de la materia orgánica en nutrientes muy útiles para las plantas.

2.8. Condiciones ambientales para su desarrollo

2.8.1. Humedad

TINEO (1994), menciona, cuando realizó su trabajo de investigación en la reproducción de la lombriz especie (*Euchilus eugeniae*) en estiércol de vaca, encontró que las condiciones más favorables de humedad para el crecimiento, maduración y reproducción de ootecas es manteniendo la humedad en un 80 %, si la humedad está por debajo de los 70 % es desfavorable. Sin embargo, estos

anélidos pueden sobre vivir en condiciones con más humedad, pero se encuentran limitados en realizar trabajos de descomposición ni tampoco pueden reproducirse. Con un porcentaje de humedad del 80 % se puede evitar la presencia de las plagas como las hormigas ya que éstos suelen aparecer por la atracción de los azúcares por las galerías del sustrato.

MEINICKE (1988) Señala que la humedad es un factor fundamental para el desarrollo de las lombrices; si este factor es bajo afecta la respiración ya que lo hacen por la piel, si es muy alta evita la entrada de oxígeno. SANCHEZ (2003) indica que las lombrices no tienen dientes por lo tanto no pueden absorber el alimento seco, por lo que se tiene que suministrar agua constantemente y mantener los lechos con humedad.

Si la humedad es superior a 85 % ocasiona la disminución de la reproducción de las lombrices y producción de vermicompost. Si es inferior a 70% crea condiciones desfavorables para las lombrices. Por último, si la humedad es inferior a 55 % es mortal para las lombrices (EMISON, 2004).

2.8.2. Temperatura

MENDOZA (2008) Señala que las temperaturas óptimas para el desarrollo de las lombrices oscilan entre 12 a 25 °C y para la formación de los cocones debe estar entre 12 y 15 °C. durante el verano si la temperatura es muy elevada se producen riesgos más frecuentes ya que las lombrices pueden migrar de los lechos en busca de ambientes más frescos, por lo que se deben mantener los lechos libres de malas hierbas y así evitar que puede ocurrir la migración.

Las lombrices *Eisenia foetida* viven sin problemas en ambientes con temperaturas de hasta menores de 10 °C y hasta 25 °C; y temperaturas mayores a 30 °C, no se da la reproducción de capsulas, es por ello que la temperatura es un factor importante que influye en la reproducción y fecundidad de las capsulas (PINEDA, 2006)

2.8.3. Luz

QUINTERO (2004) Indica que la oscuridad es un factor muy importante para las lombrices, la luz afecta directamente a la lombriz, la exposición por tiempos cortos a los rayos ultravioleta las deseca y ocasiona la muerte. FERRUZZI (1994)

también reporta que la luz un enemigo mortal de la lombriz, por esta razón, la iluminación, natural o artificial, no tiene que incidir directamente sobre su hábitat.

2.8.4. pH

La acidez, es un factor determinante para el sustrato para el proceso de descomposición y específicamente para la reproducción de las lombrices (PINEDA, 2006). La se adapta en un pH que va de 5.5 a 8, sin embargo, el ideal esta entre 6.8 a 7.2 (QUINTERO. 2004)

La humedad y la temperatura determinan la acidez, la lombriz puede aceptar de 5.0 a 8.4; siendo el ideal de 7 (neutro), si el pH es ácido, la lombriz entra en una etapa de dormición y da lugar al desarrollo de una plaga llamada planaria. Si se tiene un pH ácido lo podemos corregir con la aplicación de carbonato de calcio aproximadamente de 0.0567 oz/m² si ocurre lo contrario, se puede agregar papel periódico picado y luego mezclarlo con el sustrato de bovino, 15 días antes de que esté precompostado (BUXADE, 2001). Según SEGALL (1993), el objetivo es que el alimento se estabilice en un pH entre 7.5 a 8.0, humedad de 80 % t una temperatura de 20 a 25 °C.

2.9. Hábitos alimenticios de la lombriz

Las lombrices comen de todo (animal omnívoro) pero se debe tener en cuenta que al proporcionar el alimento debe ser de materia orgánica parcial o totalmente descompuesta, con el propósito de facilitar un ambiente adecuado para la lombriz, ya que las elevadas temperaturas generadas durante el proceso de fermentación (hasta 75 °C), pueden matar las lombrices (BUXADE, 2001)

ROJAS (1999) Señala que el mejor alimento de la lombriz son los estiércoles de bovino y ovino de las cuales se obtienen un humus de mejor calidad. Es importante tener en cuenta que el material destinado para el sustrato primeramente se debe compostar posteriormente ser incorporado al lumbrecario, si el material no es de estructura gruesa se pueden adicionar en estado fresco a las vermicomposteras (BENZING 2001). Las lombrices absorben y digieren el alimento gradualmente de la parte interior hacia arriba y van dejando como restante de este proceso digestivo el humus (BRAULIO, 2004).

REINES *et al.* (1998), mencionan que, por la facilidad de obtención y manipulación, el estiércol animal es el alimento más usado, con excepción de la gallinaza, aproximadamente el 80 % de los minerales y 40 % de la materia orgánica ingerido por los animales son eliminados en el estiércol, lo cual le da valor alimenticio para las lombrices.

TINEO (1994) menciona que, para la alimentación de las lombrices, los desechos orgánicos deben estar previamente preparados mediante una fermentación aeróbica, considerando que el tiempo que dure la fermentación dependerá de factores como la temperatura, humedad, y disponibilidad de oxígeno, pH y de nutrientes.

Cuando se va a preparar la cría de lombrices, la base del nuevo lecho debe estar constituida por materia orgánica, rica en celulosa, para el cual se recomienda estiércol de equino mezclado con paja, y debe de presentar un espesor comprendido entre 15 a 25 cm (PADILLA y CUESTA, 2003).

En la alimentación de las lombrices no se recomienda utilizar estiércoles viejos, con más de 20 días de producidos, porque tendrá un pH más ácido y favorecerá la presencia de plagas. Todo tipo de estiércol debe desmenuzarse, mezclarse con fibra y posteriormente picarlo (BARBADO, 2004).

Las lombrices se nutren de cualquier producto orgánico, sea de origen vegetal o animal, no ácido y bioestabilizado, es decir, después de haber sucedido un proceso de fermentación, ya que durante este proceso la temperatura se eleva extensamente, el pH varía y por lo tanto no es apto para la alimentación de estas (REINES *et al.*, 1998).

2.10. Factores que amenazan la reproducción de lombrices

2.10.1. Enemigos de la lombriz

Los devastadores directos son las pájaros y gallinas, por lo que se recomienda cubrir el lecho, siendo esta medida de control el más eficiente, el cual se logra con la utilización de ramas o mallas, entre otras, es más con esta medida se evita la evaporación manteniendo húmeda el sustrato por más tiempo (SÁNCHEZ, 2003).

Por otra parte, el hombre es el enemigo principal de la lombriz dado que al hacer uso de pesticidas químicos entre otros elementos contaminantes pueden disminuir la población de estos anélidos en el suelo. En los criaderos la mayor parte de los parásitos y enemigos de las lombrices proliferan debido a la poca atención del lombricultor ya que los depredadores directos más frecuentes son las aves (GONZALES, 2006)

LOZA *et al.* (2010), también menciona que por naturaleza el principal enemigo de las lombrices es el hombre con uso indiscriminado de productos químicos, envenenan su hábitat, ya que se ha encontrado que la presencia de concentraciones muy bajas produce una mortalidad significativa de estos anélidos.

2.11. Materia orgánica

THENG *et al.*, (1989), adoptaron la definición más amplia los restos orgánicos del suelo son todos los compuestos orgánicos, vivos o muertos, que se encuentran en el suelo. Los restos orgánicos vivos comprende las raíces, macroorganismos o fauna y los microorganismos. Los restos orgánicos muertos es clasificada en:

a) Fracción liviana, compuesta por restos desintegración con un tamaño mayor a 250 μm y con una densidad menor a 1.6 – 2.0 g/cm^3 .

b) Fracción pesada, producto de adheridos órgano-minerales con densidades mayores a 1.6 - 2.0 g/cm^3 , la cual a su vez es subdividida en no-húmica (carbohidratos, lípidos, proteínas y pigmentos) y húmica (ácidos fúlvicos, ácidos húmicos y húmina).

Recientemente, el TSBF (ANDERSON e INGRAM, 1993) define a la materia orgánica como todo material orgánico que pasa a través de un tamiz de 2 mm, y asume que $\% \text{C orgánico} \times 1.724 = \% \text{materia orgánica}$. Mediante un fraccionamiento físico-biológico divide a la materia orgánica en tres categorías: a) biomasa microbiana, b) fracción liviana y b) fracción pesada. Los límites de la fracción liviana y pesada son similares a los de THENG *et al.* (1989).

BOLLO (2001) indica que “el proceso de desintegración de los desechos orgánicos va depender en su mayor parte de la composición química, así como: la relación Carbono/nitrógeno, temperatura, humedad, aireación, pH y contenido de minerales como: N, P, Ca, Mg, y K.; ya que estos elementos influyen sobre la velocidad

de descomposición de la materia orgánica. Sin embargo, para apresurar el proceso de desintegración de la materia orgánica es necesario ubicarlo directamente en el suelo, para facilitar la colonización inmediata de los microorganismos descomponedores y así generar un sustrato óptimo para que ocupen las lombrices; el cual puede favorecer su reproducción y aumentar la eficiencia de fabricación de humus (SHULDT, 2004).

COMPAGNONI Y PUTIZOLU (1995), señalan que, durante el proceso de descomposición de la MO, se distinguen dos formas: el microbiológico y el enzimático. La forma microbiológica radica en la colonización del sustrato por una masa microbiana y mientras en la forma enzimático consiste en provocar una fermentación de la masa orgánica con un compuesto constituido por muchas enzimas, es decir; celulasas, hemicelulasas, proteasas, lipasas, amilasas, etc. A estos dos se suma labor de la lombriz que al final de su transformación da como resultado el humus.

2.12. Humus

El humus es el resultado de las excreciones de las lombrices criadas especialmente para transformar residuos orgánicos. La lombriz roja (*Eisenia foétida*) se adapta muy bien en diferentes condiciones ambientales y se encuentra muy difundida en diferentes partes del mundo. El vermicompost es un abono orgánico con mayor contenido bacterias/gramo, es por ello que tiene muy buena efectividad en el mejoramiento de las propiedades biológicas del suelo; el vermicompost se debe aplicar en cantidades mínimas en un promedio de 3 T/año su uso es importante para la fertilización integral (orgánica- mineral), Labrador, 2001; citado por BRAVO, 2009).

OLIVARES *et al.* (2012), reportan que el humus producido por la lombriz es un abono orgánico 100% natural, mejora la porosidad y la retención de humedad de los suelos, aumenta la colonia bacteriana y su sobredosis no genera problemas, tiene las mejores cualidades y no presenta contraindicaciones. El humus este compuesto por macro y micronutrientes en cantidades suficientes para garantizar el perfecto desarrollo de las plantas, favorece la circulación del agua y el aire. Los suelos con mayor contenido de humus son las que presentan una mayor textura y menos sensibles a la sequía (OLIVARES *et al.*, 2012).

2.13. Características químicas de los abonos de origen animal

En el Cuadro 1, se muestra el contenido promedio de nutrimentos en estiércoles de diferente procedencia en Bolivia, según el reporta Villarroel; FAO: 1996. realizado un análisis químico de los estiércoles.

Cuadro 1. Características químicas de los estiércoles de los diferentes animales.

Determinación	Gallinaza	Bovino	Ovino	Caprino	Camélidos	Cerdos	Equino
pH	7.60	8.30	8.00	8.00	7.90	7.30	7.40
Materia orgánica	82.60	4.60	48.00	74.50	8.10	48.00	92.70
Nitrógeno total	2.70	1.73	1.68	1.75	1.50	2.20	1.13
P ₂ O ₅ total	2.72	1.65	1.28	1.53	0.85	2.28	1.60
K ₂ O total	1.54	1.52	1.39	1.06	1.16	2.11	1.48
Relación C/N	15.90	21.20	23.80	15.80	29.80	19.90	38.30

Fuente: FAO (1996)

2.13.1. Calidad del humus de lombriz

La calidad del vermicompost depende del tipo de alimento que se les dé a las lombrices como: estiércol, rastrojo u otros desechos (PINEDA, 1994). Las lombrices atacan las sustancias orgánicas en descomposición mediante sus enzimas digestivas; su alimentación está relacionada en correspondencia con la composición de los estiércoles y de los distintos vegetales, de los cuales, libera el nitrógeno, fósforo, potasio y diversos oligoelementos (CABRERA, 1988).

Cuadro 2. Características químicas del humus de lombriz.

Tipo de	N-total	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn
lombrihumus	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm
E. de bovino	2.02	0.80	0.50	2.04	0.85	1.07	217	408
E. de cabra	1.31	0.71	1.77	5.01	0.55	2.55	129	236
E. de conejo	1.50	1.20	0.20	2.86	0.65	2.61	124	776
E. de gallina	1.33	1.66	0.08	10.20	0.60	1.31	644	901

FUENTE: COMPAGNONI y PUTZOLU (1995).

2.13.2. Contenido de nutrientes en el humus de lombriz

El humus de lombriz es rico en elementos nutritivos (SÁNCHEZ, 2003). El Cuadro 3, presenta los parámetros que determinan la calidad del humus.

Cuadro 3. Parámetros que determina si el humus producido es de buena calidad.

Parámetros	Valores
pH	6.7 - 7.3
Materia orgánica	28%
Nivel de nitrógeno	1.5
Relación de C/N	9 - 13

Fuente: SÁNCHEZ (2003)

Los parámetros presentados en el anterior cuadro muestran los valores que debe poseer el humus en el momento de la cosecha.

2.13.3. Compuesto principal del humus

Según COMPONERSE (2003): El humus de lombriz está compuesta por la siguiente composición mineralógica: Nitrógeno total 1.6-2.3 %, fósforo total 1.4-1.9 %, potasio total 1.4-1.9 %, Calcio 1.3-6.9 %, pH neutro 7.0-7.2, humedad máxima 40, Magnesio, hierro, sodio, cobre, manganeso, etc. que permite a las plantas tener un desarrollo normal.

PEÑA *et al.* (2002), lo separan la materia orgánica no humificada y las sustancias (HS), identificándose tres grupos: ácido húmico (HA), ácidos fúlvicos (FA) y huminas (Hum). Cada uno de ellos presenta características distintas de donde se deriva una influencia distinta sobre el suelo.

Ácidos fúlvicos. Son solubles de todo tipo de pH (ácidos, neutro y alcalino) es la parte más activa del humus, a diferencia del ácido húmico que no es soluble en pH ácido; el ácido fúlvico evita que el fósforo y otros elementos se precipite por lo es muy beneficioso para las plantas ya que reciben más nutrientes. Su aplicación incrementa la producción de los microorganismos benéficos y la materia orgánica del suelo, mejora la

porosidad del suelo, permite la circulación del agua, solubiliza los elementos minerales del suelo, acelera el crecimiento y reproducción del cultivo al aplicar en combinación con los fertilizantes se aumentan notablemente sus beneficios.

Ácido húmico. Los ácidos húmicos es la parte más activa de la materia orgánica. Es una mezcla de moléculas orgánicas complejas que se forman por descomposición y oxidación de la MO. La formación de los ácidos húmicos es el resultado del proceso progresivo de la humificación, los ácidos húmicos son solubles en medio alcalino e insoluble en medio ácido. Los ácidos húmicos se usan para mejorar las propiedades del suelo sobre todo para la mejorar de la CIC del suelo.

Huminas. Muy polimerizados condensados, cadenas laterales pequeñas, muy estables y núcleos muy poco móviles en el suelo. La humina del suelo puede ser parcialmente aislada por disgregación ultrasónica de los microagregados del suelo, liberando la llamada humina heredada, que ha sido considerada tradicionalmente como proveniente de la alteración de la lignina por demetoxilación y carboxilación. Las investigaciones actuales, sin embargo, destacan el importante papel de biopolímeros alifáticos vegetales o microbianos en su composición. Aunque las SH no representan una clase químicamente uniforme de sustancias, sin embargo, presentan una serie de propiedades físico-químicas típicas.

<http://www.humusell.com>. (2007), en el Cuadro 4 se muestra la composición química del humus con los macros y microelementos y en el Cuadro 5 se muestra la composición química del humus líquido reportado por el INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS y PECUARIAS (2006).

Cuadro 4. Composición química del humus.

Componentes	Valores
Nitrógeno total	2.20%
Fósforo total como P ₂ O ₅	2.33%
Potasio como K ₂ O	0.62%
Calcio	1.20%
Magnesio	0.85%
Sodio	0.25%
Azufre(S-SO ₄)	0.45%
Fierro	2.10%
Manganeso	0.45%
Zinc	0.015%
Cobre	0.04%
Materia orgánica	22.05%
Ácidos húmicos	1.50 - 3.00%
Ácidos fúlvicos	2.80 - 5.80%

Fuente: www.humussell.com (2007).

Cuadro 5. Composición de humus líquido de lombriz.

Componentes	Valores %
Nitrógeno (N)	1.23
Fosforo (P)	0.03
Potasio (k)	1.99
Calcio (Ca)	3.73
Magnesio (Mg)	2.11
Hierro (Fe)	1.18
Cobre (Cu)	0.44
Zinc (Zn)	0.21
Manganeso (Mn)	0.30
Ácidos húmicos	5.01
Ácidos fúlvicos	1.48
Materia orgánica	7.72

FUENTE: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (2006).

2.13.4. Beneficios que aporta

La lombricultura es una tecnología que tiene cada vez más importancia, ya que ayuda al hombre a reciclar los restos de la materia orgánica tanto de origen animal como doméstico, tratando de evitar la contaminación ambiental y a la vez beneficiando en los sistemas de producción agrícola, forestal y jardinería, poniendo a disposición un producto totalmente ecológico y reconocido como excelente para el alimento de todo tipo de plantas y germinación de semillas. El vermicompost es un fertilizante orgánico biorregulador y corrector de suelos. Actualmente está considerado como uno de los alimentos más completos y de más rápida absorción de las raíces de las plantas (www.humussell.com., 2007).

2.14. Sustancias húmicas (SH)

BENITES *et al.* (2003), indican que las sustancias húmicas (SH) pueden ser definidas como una serie de polímeros amorfos de coloración amarillo, marrón a negro, de peso molecular relativamente alto y formado por reacciones de síntesis secundarias, bióticas y abióticas, generalmente clasificados de acuerdo a su solubilidad en álcali y ácidos. Las SHs son químicamente muy similares, pero las fracciones pueden ser diferenciados unos de otros por el color, peso molecular, presencia de grupos funcionales, grado de polimerización y el contenido de C, O, H, N y S.

Las sustancias húmicas son divididas en tres fracciones con diferentes propiedades físico-químicas: ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) y humina (HUM). Las SHs contribuyen alrededor del 85 – 90 % de carbono orgánico total (COT) y son el principal componente de la materia orgánica del suelo (MOS), que consta con grandes reservas orgánicas del suelo (SANTOS 2005). La parte humificada de la materia orgánica está formado por moléculas recalcitrantes de origen vegetal, animal y microbiana, y representa un estado indefinido de materia orgánica. Las SHs desempeñan un importante papel en la retención de cationes, reserva de nutrientes a los cultivos, masa microbiana y en la estabilidad de agregados. Esta última, por su vez, interfiere en la infiltración, retención de agua y aeración del suelo. Así, las SHs constituyen un componente fundamental de la capacidad productiva de los suelos (BAYER y MIELNICZUCK, 1999).

2.14.1. Ácidos fúlvicos (AF)

Fracción o derivado de la materia orgánica del suelo caracterizado por su solubilidad en solución álcali (base) y ácido, el AF es mezcla de ácidos orgánicos alifáticos débiles y aromáticos con peso molecular (PM) que van desde 1000 a 10000 (RODRÍGUES, 2009). Los ácidos fúlvicos contienen más grupos carboxílicos (-COOH) e hidroxilos (-COH) generando un compuesto químicamente más reactivo con doble capacidad de intercambio catiónico CIC, que el ácido húmico, además la alta CIC es producido por los grupos carboxilos y contienen oxígeno dos veces más que los ácidos húmicos (RON, 2004)

El ácido fúlvico está compuesto por ácidos carboxílicos y fenólicos que le confieren características de mayor reactividad, tienen mayor solubilidad y movilidad por su menor peso molecular, los AF tienen menor agregación y estabilidad. El método clásico descrito por STEVENSON (1994) consiste en la extracción de HA y FA del humus del suelo utilizando una base fuerte para extraer los materiales alcalinos solubles, y luego, después de la eliminación de los componentes no disolubles, la solución alcalina se acidifica para precipitar los ácidos húmicos. El método descrito por SWIFT (1996), tomada por la IHSS agrega un paso de adsorción de columna para separar el ácido fúlvico como el componente más hidrofóbico, a diferencia de las moléculas biológicas más hidrófilas en el extracto que contiene ácido fúlvico del método clásico.

El ácido fúlvico contiene más grupos carboxílicos por unidad de masa (BALDOTTO y BALDOTTO, 2014). Los ácidos fúlvicos son solubles en un medio álcali y en ácido diluido. Están constituidos principalmente por polisacáridos, aminoácidos y compuestos fenólicos, que son más reactivos que las otras dos fracciones por la mayor cantidad de grupos carboxílicos y fenólicos que contiene. Estudios realizados en la acción directa de las sustancias húmicas sobre el metabolismo y desarrollo de las plantas se han centrado especialmente en los ácidos fúlvicos, fracción humificada considerada en menor peso molecular, mayor solubilidad y movilidad en el suelo (DUCHAUFOR, 1982) Según STEVENSON Y COLE (1999) el ácido húmico tiene un peso molecular < 100 000.

2.14.2. Ácidos húmicos (AH)

Sustancias orgánicas de color oscuro soluble en base e insoluble en ácidos, por lo tanto, es extraído del suelo con álcalis (base) y otros reactivos, que se precipitan cuando el pH disminuye por debajo de 2 en promedio, el 35 % de las moléculas de ácido húmico (HA) son aromáticas (anillos de carbono), el resto son moléculas alifáticas (cadenas de carbono) (PETTIT 2012). El AH tiene mayor peso molecular y es menos ácido que el ácido fúlvico, constituido por grupos funcionales, hidroxilos (-OH) fenólicos con menor carboxílicos (-COOH); sin embargo, el AH tiene mayor agregación y estabilidad. Según CALACE *et al.* (2000), la composición y estructuras del ácido húmico son más complejas que de los ácidos fúlvicos, mientras que STEVENSON y COLE (1999) indican que el ácido húmico tiene un peso molecular < 300 000.

Los ácidos húmicos presentan mayor contenido de C, menor de O y el contenido de humina es similar al de los ácidos fúlvicos (STEVENSON 1994). El peso molecular relativo de los AH es mayor que de los ácidos fúlvicos, que tienden a tener más compuestos aromáticos, menos carboxílicos y grupos C-O alquil que los AF (STEVENSON, 1982), posiblemente debido a que tienen mayor contenido de estructuras de tipo polisacáridos.

La composición media de las unidades básicas de los ácidos fúlvicos (AF) y ácidos húmicos (AH), en términos de fórmulas químicas son, respectivamente $C_{135}H_{182}O_{95}N_5S_2$ y $C_{187}H_{186}O_{89}N_9S_2$ (STEVENSON, 1982). Los AH y AF son bastante reactivos y esa mayor reactividad se debe principalmente a la presencia de grupos funcionales que contiene oxígeno, tales como grupos carboxilos e hidroxilos fenólicos responsables de su acidez. La acidez de los AH es menor que de los AF, que está relacionado con sus niveles más bajos por las cantidades de carboxilos (DUCHAUFOR, 1982). La relación C/N de los AH y AF es superior en 50% a la media observada en la materia orgánica, indicando menor grado de degradación, confiriéndole mayor estabilidad en el ambiente.

2.14.3. Humina (HUM)

La humina es insoluble en medios alcalinos y ácidos y pueden tener composición variable y reducida capacidad de reacción. Su falta de sensibilidad en medio acuoso puede ser debido simultáneamente a la alta hidrofobicidad y fuerte interacción con los componentes inorgánicos y también por tener compuestos lipídicos, estructuras de carbohidratos y aromáticos en diferentes proporciones. Se consideran sustancias macro orgánicas (muy grandes) porque sus pesos moleculares oscilan entre 100.000 y 10.000.000, aproximadamente en comparación, los pesos moleculares de carbohidratos (azúcares/complejos) varía de aproximadamente 500 a 100,000. Las propiedades químicas y físicas de la humina se entienden solo parcialmente (KONNOVA 1966, PETTIT, 2012).

2.15. Estiércol de bovino

SOSA (2005) menciona que el estiércol libera muchos nutrientes importantes en el suelo. Sin embargo, es deficiente en NPK (nitrógeno, fósforo y potasio) con la siguiente proporción: 2 % de nitrógeno, 1.5 % de fosforo y 2 % de potasio. a comparación con el fertilizante comercial que tiene veinte veces más de NPK que el estiércol; es por ello que se debe utilizar a menudo con otros fertilizantes.

PÉREZ (2001) indica que el estiércol y las micciones que se encuentran en los establos y corrales son ricos en macro y micronutrientes. Por lo que esta mezcla se debe protegerse del sol y de la lluvia, para ello se recomienda que el suelo donde se coloca el estiércol debe ser en lo posible pavimentado para evitar la pérdida del lixiviado de los purines. Según ULLOA (2003), el estiércol de vacuno se encuentra en 3 formas: fresco, maduro y viejo.

DEFFIS (1992), menciona que el estiércol es de conducción fácil, debido a su menor compactación y su acidificación debido a que tiende a ser más atractivo para los insectos, debido a que contiene enzimas que ayudan a facilitar la acción bacterial al pasar por el tracto digestivo de la lombriz. El estiércol de bovino genera nutrientes esenciales como: N, P, K, Mg, S, Bo, Cu, Fe, entre otros; ayuda en la activación biológica en el suelo, incrementa la temperatura, la fertilidad potencial del suelo, estabiliza el pH y reduce la erosión externa e interna.

2.16. Microorganismos eficaces (EM)

HIGA y PARR (1994) indican que los microorganismos eficaces es una solución compuesta de microorganismos benefactores naturales aeróbicos y anaeróbicos, los cuales se encuentran presentes en ambientes naturales, así mismo se relacionan uno con otros. La técnica de los microorganismos eficientes fue estudiada en los años 80 por Teruo Higa en la Universidad de Ryukyus, Okinagua, Japón.

Los Microorganismos eficientes es una asociación viviente en comparación con los fertilizantes sintéticos y otros agroquímicos empleados en la agricultura. Por esta razón al ser aplicados los microorganismos no trabajan al igual como un fertilizante químico inerte (KYAN *et al*, 1999).

2.16.1. Composición del EM

MOA (1998) menciona que los microorganismos eficaces es una mezcla de microorganismos, bacterias fototrópicas, bacterias ácidas lácticas y levaduras. Cuando aumentan la población de los microorganismos eficaces aumentan la actividad de los microorganismos naturales, engrandeciendo la microflora, balanceando los ecosistemas microbiales, eliminando microorganismos patógenos, y para sobre vivir y desarrollarse necesitan alimento, agua y medio adecuado (SHINTANI Y TABORA, 1998). Los microorganismos eficaces es una combinación de especies aeróbicas y anaeróbicas que se encuentran frecuentemente en todos los ecosistemas. Según HIGA (1998) los microorganismos eficaces contienen alrededor de 80 especies de microorganismos divididos en bacterias de ácidos lácticos, levaduras, actinomicetos y hongos de fermentación que son capaces de purificar y revitalizar la naturaleza.

Según DIVER (2001) las principales especies son:

- Bacterias del ácido láctico (*Lactobacillus plantarum*, *L. Casei* y *Streptococcus lactis*)
- bacterias fotosintéticas (*Rhodopseudomonas palustris* y *Rhodobacter spaeroides*)
- Levaduras (*Saccharomyces cerevisiae* y *Candida utilis*)
- Actinomicetos (*Streptomyces albus* y *Streptomyces griseus*)

- Hongos fermentación (*Aspergillus oryzae*, *Penicillium sp.* y *Mucor hiemalis*)

HIGA (1989) señala que los microorganismos eficaces es un cultivo compuesto por 125 Sp. de microorganismos benéficos de origen natural, que para incrementar la diversidad microbiana de las plantas, suelos, degradación de materia orgánica, etc. pueden ser aplicados como inoculantes, ya que estos microorganismos son compatibles mutuamente unos con otros, capaces de coexistir en un cultivo líquido (HIGA Y PARR, 1989).

a. Bacterias ácido -lácticas

SANGAKKARA (1999) menciona que las bacterias los azúcares en ácidos lácticos, además otros carbohidratos elaborados por las bacterias fotosintéticas y las levaduras y en condiciones anaeróbicas descomponen las proteínas en aminoácidos, así mismo dividen los componentes de la MO como la Lignina y la celulosa, transformando estos materiales sin causar efectos negativos en su proceso.

b. Bacterias fototrópicas.

MOA (1998) señala que las bacterias fototrópicas son autótrofas que se encargan de extraer sustancias útiles a partir de secreciones de las raíces, materia orgánica y gases dañinos; usando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía que promueven el crecimiento y desarrollo de las raíces.

c. Levaduras

MOA (1998) menciona que las levaduras originan sustancias bioactivas (hormonas y enzimas) para originar la división celular activa. Estas sustancias son esenciales en la reproducción de otros microorganismos eficaces como las bacterias ácidas lácticos.

2.17. Relación carbono nitrógeno C/N

SCHITZER y KHAN (1978), señala que la relación de carbono – nitrógeno es la cantidad de carbono con respecto a la cantidad de nitrógeno que se encuentra presente en el sustrato. Es por ello que la relación más

adecuada en los abonos orgánicos se encuentra entre 30 a 40 partes de carbono por una parte de nitrógeno (30:1 a 40:1) si son mayores estas condiciones puede crear problemas de reducción de velocidad de descomposición ya que es afectada por la actividad microbiana.

BOLLO (2005) revela que la relación de Carbono – nitrógeno más apropiado para el humus de lombriz roja oscila entre 9 a 13. Según estudios realizados en la Universidad de Washinhton (2000) si la relación de C/N es demasiado alto, los microorganismos tardan más tiempo en desdoblar los residuos ya que carecen de nitrógeno, porque los microorganismos usan el carbono como una fuente de energía; si la relación de C/N es muy baja se genera pérdidas de nitrógeno en forma amoniacal debido a elevaciones considerables de nitrógeno.

2.18. Antecedentes

CANO Y SALINAS (2006) en su trabajo de investigación evaluaron el efecto de los microorganismos eficiente sobre la capacidad reproductiva de la lombriz (*Eisenia fuétida*), en peso, longitud y la calidad del humus producido en diferentes sustratos que fueron utilizados como tratamientos; T₁ (estiércol fresco sin EM), T₂ (estiércol fresco con EM al 2 %), T₃ (estiércol fresco con EM al 5 %) y T₄ (estiércol fermentado por 15 días tratado con EM al 2 %) donde el tratamiento T2 (estiércol fresco con EM al 2 %) tuvo mejores resultado respecto al número de lombrices por tratamiento y con respecto al peso de la lombriz lo obtuvo el tratamiento T4 (Estiércol fermentado por 15 días tratado con EM al 2 %) sin embargo no se encontró diferencias significativas con respecto al tamaño y en el contenido de macro y micronutrientes en humus.

CAJAS (2009) en su trabajo de investigación estudió el efecto del aserrín mezclado con el estiércol de vacuno con el propósito de producir humus de lombriz roja californiana. Donde fueron utilizados como tratamientos los siguientes compuestos: Aserrín al 100 %, Aserrín 75 % + Estiércol bovino 25 %, Aserrín 50 % + Estiércol bovino 50 %, Materia orgánica común (testigo). Al finalizar el trabajo se obtuvo los mejores resultados con el tratamiento que se combinó de 50 %

Aserrín + 50 % Estiércol, debido a que mejoró los parámetros como reproducción, biomasa, calidad del humus, tiempo conversión sustrato fertilizante.

SALINAS *et al* (2014) en sus trabajo de investigación estudiaron la calidad química del humus producido por la lombriz roja californiana producido en 4 diferentes sustratos donde fueron utilizados como tratamientos las siguientes mezclas: suelo 100 %, compost + restos frescos de tomate y pimentón en una proporción de 1:1, restos frescos de tomate, pimentón + suelo, compost + plantas ornamentales ficus (*Hibiscus*, *Cynodon*) en una proporción de 1:1:3) y por ultimo compost + olivos y tomate en una proporción 1:1. Al finalizar el trabajo se obtuvo un mejor resultado con el tratamiento que fue mezclado con compost + olivo y tomate, con el cual se obtuvo un humus de mejor calidad química como en reducción del 51.32 % de la Conductividad eléctrica, reducción del 50 % de la acidez, relación de C/N e 16.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se desarrolló en el distrito de Huacrachuco, provincia de Marañón, región de Huánuco, con temperaturas promedios de 15 °C, máxima y mínima de 25 - 5 °C, precipitación anual de 1000 mm/año ubicado en las coordenadas UTM de 262830.4928 m E, 9048561.8849 m N con una altitud de 2920 msnm. De acuerdo al Mapa Ecológico del Perú (ONERN, 1975 y HOLDRIDGE 1987), el lugar donde se efectuó la tesis de maestría se encuentra ubicado en la zona de vida bosque seco Montano Bajo Tropical (bs-MBT).

3.2. Materiales

3.2.1. Materiales y equipos

- Lombriz roja californiana
- Estiércol de vacuno
- Restos vegetales frescos
- Microorganismos eficientes (EM) 5%
- Bolsas de polietileno
- Cuadernillo de apuntes y lapicero
- Regla milimetrada
- Balanza electrónica
- Carretilla
- Pala
- Regadera
- Cámara fotografía y GPS
- Tamiz
- Estufa con capacidad de 110 °C
- Centrifuga con capacidad de 200 rpm
- Mufla con capacidad de 550 °C
- Bomba al vacío con filtro de fibra de vidrio (tipo GF/A, 47 mm diámetro, retención de 1.6 mm) (Whatman International)

3.2.2. Reactivos

- Ácido clorhídrico (HCl)
- Ácido sulfúrico (H₂SO₄)
- Sulfato de cadmio Merck (3CdSO₄·8H₂O)
- Ioduro de sodio (NaI)
- Hidróxido de sodio (NaOH)

3.3. Metodología de la investigación

3.3.1. Labores a realizar en el campo experimental

a. Limpieza y acondicionamiento del área

Se realizó el acondicionamiento del área donde serían ubicados cómodamente las almacigueras con el sustrato correspondiente y posteriormente, colocar las lombrices.

Las camas almacigueras destinadas para cada tratamiento fueron preparadas de madera y protegidas en la parte interna con plástico de color negro, cuyas medidas de cada una de ellas fueron 0.50 x 0.50 x 0.25 cm². Una vez preparadas y colocadas las camas almacigueras en cada espacio correspondiente fueron protegidas del ambiente externo en su totalidad con una malla negra, tratando de evitar el ingreso directo de los rayos solares y otros factores adversos al experimento.

b. Recolección de insumos

El estiércol de vacuno fue recolectado de los criaderos de vacunos de propiedad del señor Epifanio Tarazona Carrasco en la localidad de Huambo, distrito de Huacrachuco y provincia de Marañón. Antes de la recolección se consideró que el estiércol no tenga más de 25 días de antigüedad. Los microorganismos eficientes (EM) fueron adquiridos de la Universidad Nacional Agraria de La Molina – Lima, para asegurar la calidad del EM-1® 5%. Para todo el experimento se usó un litro del producto; para activar los microorganismos se adicionó un kilogramo de melaza y se agregó 18 litros de agua, se dejó fermentar por 15 días, transcurrido el periodo se adicionó al sustrato el estiércol de vacuno. Los restos vegetales frescos tales como: restos de lechuga, tomate, zanahoria, zapallo y sandilla; que

fueron adquiridos de los comerciantes dedicados a la venta de frutas y verduras de la localidad.

c. Preparación de sustrato y llenado de las camas almacigueras

Una vez adquirido los insumos y preparado las almacigueras, se procedió con el preparado del sustrato que consistió en lo siguiente: Primeramente, se pesó 25 kg de estiércol de vacuno para cada tratamiento y fue depositado en las camas almacigueras de 50 x 50 x 25 cm, luego se adicionó agua por ocho días procurando de mantenerlo el estiércol con humedad, esta actividad se realizó antes de colocar las lombrices, con la finalidad de prevenir la intoxicación proteica de las lombrices. Seguidamente se adicionó los tratamientos a cada almaciguera que contenía los 25 kg de estiércol de vacuno, para ello se realizó de la siguiente manera:

- Primer tratamiento (T_1) se adicionó 1 litro de microorganismos eficientes (EM) 5 % fermentado y posteriormente se colocaron 500 g de lombriz roja californiana.
- Segundo tratamiento (T_2) se adicionó 2 kg de restos vegetales frescos picado en trozos pequeños (zanahorias, lechugas, restos de sandía, zapallo, tomate), que fue mezclado con el sustrato, seguidamente se colocaron 500 g de lombrices.
- Tercer tratamiento (T_3), se adicionó 2 kg de restos vegetales frescos picados en trozos pequeños (zanahorias, lechugas, restos de sandía, zapallo, tomate), y 1 litro de microorganismos eficientes (EM) 5 % luego se colocaron 500 g de lombrices roja.
- Tratamiento cero (T_0) en la almaciguera que contenía los 25 kilos de estiércol de vacuno se colocaron 500 g de lombriz.

La siembra de las lombrices y la adición de los tratamientos se efectuó en la mañana para lograr que las lombrices se introdujeran con mayor facilidad en el sustrato.

d. Manejo del estudio

Una vez realizado la instalación todos los tratamientos, se suministró agua constantemente al sustrato para evitar la ausencia de humedad que requieren las lombrices. El riego del sustrato se efectuó de acuerdo a la necesidad, tratando de

mantener la humedad en 70 a 80%, se controló cada 8 días la temperatura y el pH, teniendo en cuenta que la temperatura no exceda de los 30°C y tampoco sea menor de 15 °C, mientras que el pH esté entre 6.5 a 8.0.

e. Cosecha del humus

Para realizar la cosecha del humus y las lombrices, se suspendió el suministro de agua y alimento por un periodo de ocho días, transcurrido estos días se volvió a suministrar el alimento en una malla en la noche para que sirva como trampa de las lombrices, se dejó por dos noches luego al siguiente día de la última noche se retiró las lombrices y posteriormente fue traslado a otros lechos. Dicha labor se realizó a los 120 días después de la instalación.

3.3.2. Fraccionamiento químico de la materia orgánica

El fraccionamiento químico de la materia orgánica se efectuó en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), según el método de la Sociedad Internacional de SHs (IHSS) propuesto por SWIFT (1996) en base a la solubilidad diferencial en soluciones alcalinas y acidas. De acuerdo a esta solubilidad se obtuvo las fracciones correspondientes a los ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) y humina (HUM). Los procedimientos de la metodología en el laboratorio son descritos a continuación:

a. Extracción de las SHs (sustancias húmicas)

Para hacer la primera extracción se utilizó un tubo de agitación en el cual se adicionó 4.0 g de TFSA y 40 ml de NaOH 0.1 mol L⁻¹, la suspensión (S) se agitó durante 60 minutos a 150 rpm en un agitador horizontal, seguidamente fue colocado en reposo por una noche obteniéndose un extracto alcalino (EA) que es formado por la fracción del ácido fúlvico, ácido húmico e incluyendo el suelo.

Al culminar el reposo (EA +S) se trasladó a centrifugación de 5000 rpm, durante 20 minutos, el sobre nadante fue transferido a un balón volumétrico. Esta operación de extracción se repitió 2 veces, y las suspensiones siguientes fueron agitadas por 5 minutos a 150 rpm, para después estar en reposo por una hora antes de entrar nuevamente a la centrífuga, obteniendo la separación entre el extracto alcalino (EA) y el residuo que viene a ser la humina (HUM)

Los extractos obtenidos en las centrifugaciones se agruparon, resultando un volumen final de 200 ml aproximadamente, debido que el volumen fue

completado con agua destilada, luego se transfirió en recipientes de vidrio identificados, los se sometieron a refrigeración para su conservación. Parte del volumen obtenido de la separación del AH fue utilizado para obtener el AF.

b. Fracción de ácidos fúlvicos (AF)

Para la extracción de los ácidos fúlvicos lo primero se tomó 50 ml del extracto alcalino y se ajustó el pH a 2.0 con solución de H_2SO_4 concentrado y se puso en reposo por una noche. El precipitado (AH) fue separado de la fracción (AF) por centrifugación durante 10 minutos a 5000 rpm. Luego el sobre nadante (AF) fue descartado y el precipitado (AH) guardado. Los valores de AF se obtuvieron por la diferencia entre AH y el EA (SWIFT, 1996).

c. Fracción de ácidos húmicos (AH)

Después de haber obtenido la fracción de AF, 15 ml NaOH 0.1 mol L^{-1} fueron adicionados al precipitado (AH), la fracción fue transferida a un balón volumétrico de 25 ml siendo el volumen completado con agua destilada.

d. Fracción de humina (HUM)

Para la obtención de la fracción humina los residuos que permanecieron en el tubo de centrífuga después de la extracción del EA fueron transferidos a un recipiente de aluminio y secadas a 65 °C, después fue molido la muestra con humina para utilizar 1 g, conforme a WALKLEY y BLACK (1934).

e. Medición del pH

Se usó el método del potenciómetro con una relación suelo: agua 1:2.5. Esta labor se realizó en el Laboratorio de Suelos de la UNAS.

3.4. Diseño de la investigación

La tesis que se realizó es experimental con el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con 4 tratamientos, 3 repeticiones, haciendo un total de 12 unidades experimentales, porque se manipula la variable independiente Uso de microorganismos eficientes (EM) y restos vegetales frescos (zanahorias, lechugas, restos de sandía, zapallo, tomate) y se comprueba sus efectos en la producción de lombriz y la calidad química del humus en condiciones de almacigo comparándola con un testigo.

El análisis se ajustará al siguiente modelo aditivo lineal.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}.$$

Dónde:

Y_{ij} = Valor del parámetro en consideración

μ = General

T_i = Efecto de los tratamientos.

β_j = Efecto de los bloques.

ε_{ij} = Efecto del error experimental.

Los datos obtenidos fueron sometidos al análisis de la varianza mediante la utilización del software estadístico Infostat, Spss, minitab y Excel; y las medias fueron contrastadas por la prueba de Tukey al 0.05 y 0.01 de significación con una probabilidad de éxito del 95 y 99 %.

3.4.1. Esquema de análisis de variancia para el diseño (DBCA)

Cuadro 6. Modelo de ADEVA.

Fuente de variación (F.V.)		Grados de libertad (GL)
Bloques o repeticiones (r-1)		2
Tratamientos	(t -1)	3
Error experimental	(r- 1) (t-1)	6
Total (tr-1)		11

3.4.2. Variables en estudio

Cuadro 7. Variables en estudio.

Variable independiente	Variable dependiente	Variable interviniente
Microorganismos eficaces (EM)	Capacidad reproductiva y calidad química de humus	Condiciones de almácigo

Cuadro 8. Descripción de los tratamientos en estudio.

Clave	Tratamiento	Componentes en estudio
EM	T ₁	Microorganismos eficientes 5%
RVF	T ₂	Restos vegetales frescos (zanahorias, lechugas, restos de sandía, zapallo, tomate),
EM+RVF	T ₃	Microorganismos eficientes y restos vegetales frescos (zanahorias, lechugas, restos de sandía, zapallo, tomate)
EV	T ₀	Estiércol de vacuno

3.4.3. Croquis del experimento

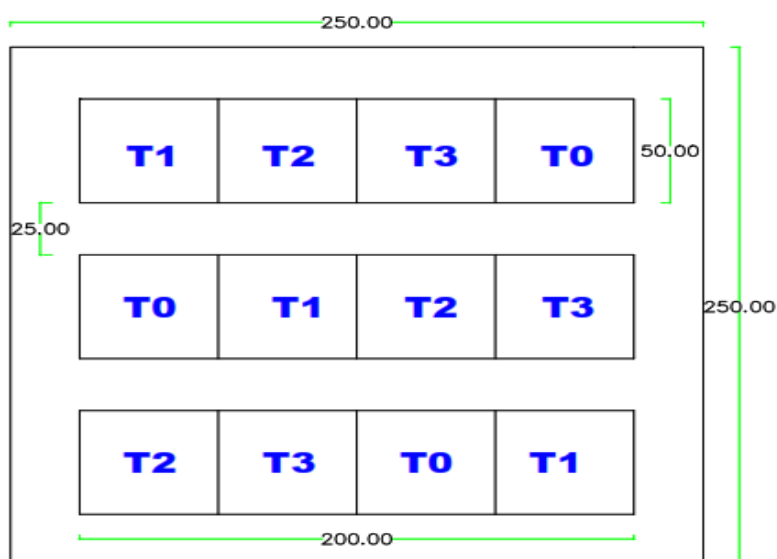


Figura 1. Detalle de la compostera experimental.

3.4.4. Croquis de la unidad experimental

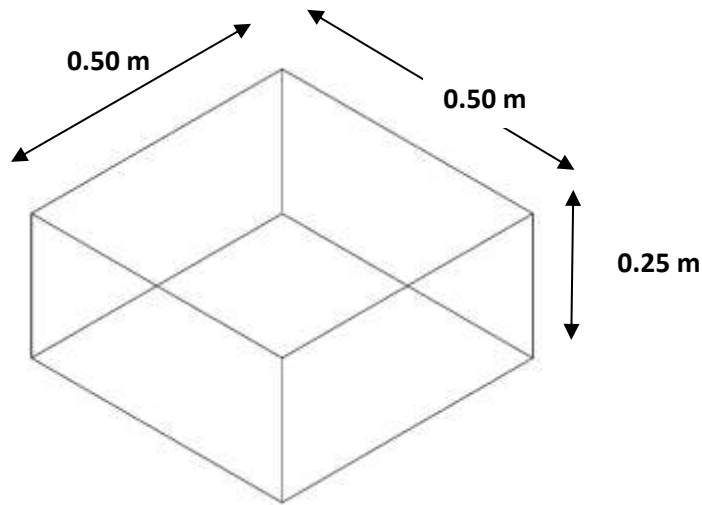


Figura 2. Detalle de la unidad experimental

3.5. Parámetros a evaluar

3.5.1. Capacidad reproductiva de lombriz por tratamiento

a. Número de cocones por tratamiento

Para conocer el número de cocones por tratamiento, se utilizó el método del cuarteo (cuadrantes), que consistió en cuartear en 4 partes iguales, luego se extrae una muestra de 250 g de cada cuadrante, en seguida se mezcló las muestras, posteriormente se separó 100 g para el conteo de los cocones. Se procedió el mismo método para todos los tratamiento y repeticiones.

b. Población de lombrices adultos

Para conocer la cantidad de individuos por tratamiento se tomaron 500 g de sustrato de la muestra representativa, en seguida se separó 100 g, luego se procedió al conteo de las lombrices; se tuvieron en cuenta todas aquellas lombrices que poseen el clitelio muy diferenciado en la parte anterior del cuerpo y fueron considerados como adultos.

c. Población de lombrices juveniles

Para conocer la población lombrices juveniles, igual forma se pesó 500 g de humus, de allí se separó 100 g para proceder a contar las lombrices teniendo en

cuenta que son consideradas lombrices juveniles todas aquellos que no poseen el clitelio definido, sin importar su tamaño.

d. Peso de las lombrices por tratamiento

Con el fin de conocer el peso obtenido de las lombrices por tratamiento, se utilizó el método del cuarteo, el cual consistió en dividir en cuatro partes el sustrato de cada unidad experimental y se tomaron 50 lombrices adultas que fueron pesados con mucho cuidado en una balanza gramera y/o electrónica, seguidamente fueron promediados los resultados de cada repetición.

e. Tamaño de las lombrices

Para conocer el tamaño promedio de las lombrices se tomó como muestra 50 lombrices adultas de cada repetición de los tratamientos y se realizó la medición de cada uno de ellos con una regla milimetrada, obteniéndose el promedio de cada repetición

3.5.2. Determinación de la calidad química del humus de lombriz

Para conocer la calidad del humus de lombriz por tratamiento se realizó la siguiente actividad:

De cada unidad experimental se tomó mediante el método de cuarteo 4 muestras de 500 g cada una, dichas muestras se tomaron al final del experimento (6 meses), se expuso al aire libre para reducir la humedad seguidamente se tamizó con una malla de 2 mm de diámetro. Estas muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Suelos de la UNAS, para determinar los elementos esenciales y la calidad química del humus; esto consistió en determinar el pH, los niveles de materia orgánica y contenido de nitrógeno orgánico presentes en el humus. Luego se procedió a la interpretación para conocer la concentración de nutrientes en cada tratamiento.

Para determinar el contenido de macro y micronutrientes presentes en el humus de lombriz, las respectivas muestras de humus se enviaron al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para que el análisis de N, P, K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Zn, Mn y pH.

3.5.3. Obtención del té del vermicompost de cada tratamiento

Para la obtención del té del compost se procedió a realizar la siguiente actividad. Una vez obtenido el compost se realizó la extracción, para ello se requirió de la utilización de recipientes plásticos ubicados en un lugar fresco, limpio y protegido del sol directo y de la lluvia, temperatura ambiente, malla, saco o recipiente poroso que contenga el compost y, agua limpia.

El compost se introdujo en la malla o saco poroso en una proporción de 3 kg, que fueron medidos en un balde de pintura, en seguida se introdujo en un recipiente para luego adicionar agua, tratando de cubrir todo el sustrato, se dejó reposar por 48 horas, cumplido el tiempo, se retiró la malla con el compost húmedo, y este material fue regresado a una pila de compostaje en su fase inicial y, el líquido se depositó en envases de 500 ml. Dichas muestras fueron llevadas al Laboratorio de Suelos de la UNAS, para determinar el contenido de nutrientes por cada tratamiento.

3.5.4. Fraccionamiento químico de las sustancias húmicas del humus

Con el fin de conocer la concentración de sustancias húmicas en el humus de lombriz se realizó el fraccionamiento químico del humus (MOH) en el Laboratorio de Suelos de la UNAS, utilizando el método de la Sociedad Internacional las sustancias húmicas (IHSS) propuesto por SWIFT (1996), que considera la solubilidad diferencial en soluciones alcalinas y acidas. De acuerdo a esta solubilidad se obtienen las fracciones correspondientes al ácido fúlvico (AF), ácido húmico (AH) y humina (HUM).

Esta labor consistió en separar una muestra del humus tamizado de 500 g de cada repetición de los cuatro tratamientos, seguidamente se llevó al laboratorio con el propósito de realizar el procesamiento del fraccionamiento químico.

a. Determinación de la materia orgánica

Para determinar la materia orgánica total se utilizó el método que fue propuesto por Walkley y Black (1934) que se basa en la oxidación de la MO mediante un oxidante fuerte como es el dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) en

presencia del ácido sulfúrico (H_2SO_4) y esta MO oxidada, se valora mediante una solución de sal de Mohr (sal ferrosa $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). este método usa dos indicadores que son la difenilamina y el ácido fosfórico (H_3PO_4) que permiten la unión del oxidante con la MO, calculándose de esta manera la cantidad de materia orgánica presente en la muestra. Walkley y Black establecieron que, del contenido de Mo total presente en el suelo, solo el 58 % pertenece al carbono oxidable, generando un cociente del 1.72 que permitirá realizar el cálculo más real de la materia orgánica.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados indicados en promedios se exponen en cuadros y figuras interpretadas estadísticamente con las técnicas estadísticas del análisis de varianza (ANDEVA) con el fin de establecer las diferencias significativas entre tratamiento, donde los tratamientos que son iguales se denotan con (**ns**), quienes tienen significación estadística con (*****) y con (******) para los que tienen alta significación estadística.

Para la comparación de los promedios en cada tratamiento se aplicó prueba de significación de Duncan a los niveles de significación del 95 % y 99 % de probabilidad de éxito.

4.2. Efecto de los microorganismos eficientes y restos vegetales frescos

4.1.1. Número de cocones por tratamiento

En el análisis de varianza (Cuadro 9) se puede observar que no existe significación estadística para repeticiones, pero si existe alta significación estadística entre tratamientos.

El coeficiente de variabilidad fue de 8.79 % y la desviación estándar 0.64 que es considerado como "regular" según la escala propuesta por CALZADA (1970), indicando que dentro de cada tratamiento la población de individuos fue muy homogéneo.

Cuadro 9. Análisis de varianza para el número de cocones en 100 g. de humus.

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	FC	F. Tab.	
					0.05	0.01
Repeticiones	2.00	4.67	2.33	1.91 ^{ns}	5.14	10.90
Tratamiento	3.00	90.92	30.31	24.80 ^{**}	4.76	9.78
Error	6.00	7.33	1.22			
Total	11.00	102.92				
C.V. = 8.79		Sx = 0.64				

En el Cuadro 10, se muestra la prueba de comparación de promedios según Duncan con los respectivos promedios del número de cocones

en una muestra de 100 g de humus por tratamiento, se puede apreciar que existe diferencia significativa en los tratamientos.

Los resultados encontrados del número de cocones en una muestra de 100 g de humus por tratamiento indican que las lombrices alimentadas con estiércol de vacuno más la adición de restos vegetales frescos T₂ (EV + RVF) se obtuvieron 15.33 cocones, lombrices alimentadas con estiércol de vacuno más la adición de microorganismos eficientes y restos vegetales frescos T₃ (EV + EM 5 % + RVF) se obtuvo 13.67 cocones y las lombrices alimentadas con estiércol de vacuno T₀ (EV) se obtuvo 13.33 cocones, son estadísticamente similares, mientras que con el tratamiento T₁, lombrices alimentadas con solo estiércol y microorganismos eficaces T₀ (EV + EM 5 %) se obtuvo 8.00 cocones que es significativamente inferior a los demás tratamientos. Teóricamente es sustentado por BOLLO (2001) quien indica que la calidad del alimento influye en la producción de las lombrices, ya que si se suministra alimentos maduros con mayor tiempo de descomposición y de buena calidad aumenta la producción y fecundidad de los cocones. Del mismo modo VENTER y REINECKE (1988) sostiene que la tasa de productividad de cocones por lombriz es de 3.5 cocones durante un periodo de 10 días, en base a lo cual estimaron la producción de 130 cocones por año.

Cuadro 10. Prueba de significación de Duncan para el número de cocones en 100 g de humus.

O.M.	Tratamiento	Promedio	Nivel de Sig. Duncan	
			0.05	0.01
1°	EV+RVF	15.33	a	a
2°	EV+RVF+EM5%	13.67	ab	ab
3°	EV	13.33	ab	ab
4°	EV+EM5%	8.00	c	c

Los resultados obtenidos que nos permite indicar que el sustrato que generó mayor población de individuos fue el tratamiento T₂ (EV + RVF) con la

producción de 15.33 cocones, superando al tratamiento T₁, que ocupó el último lugar con 8.00 cocones producidos.

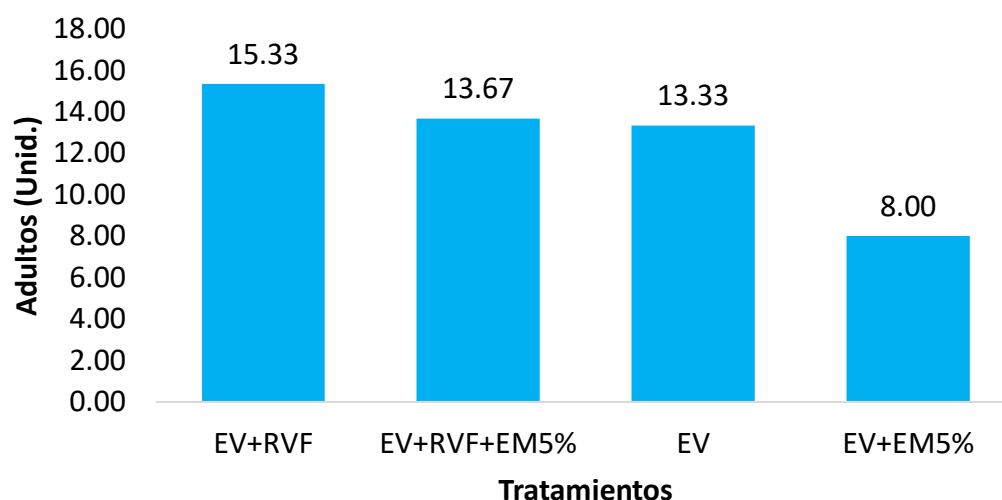


Figura 3. Número cocones en 100 g de humus por tratamiento.

4.1.2. Población de lombrices adultas

En el análisis de varianza (Cuadro 11) se puede observar que no existe significación estadística para repeticiones, pero si existe significación estadística entre tratamientos.

El coeficiente de variabilidad fue de 15.36 % y la desviación estándar 0.22 indicando que dentro de cada tratamiento la población de individuos adultos fue muy homogéneo.

Cuadro 11. Número de individuos adultos en 100 g. de humus de lombriz roja.

Fuente de variabilidad	GL.	SC.	CM.	FC.	F. Tab	
					0.05	0.01
Repeticiones	2.00	4.67	2.33	0.68 ^{ns}	5.14	10.90
Tratamientos	3.00	241.33	80.44	23.35 ^{**}	4.76	9.78
Error	6.00	20.67	3.44			
Total	11.00	266.67				

C.V. = 15.36%

Sx = 0.22

En el Cuadro 12, se muestra la prueba de comparación de promedios: según Duncan con los respectivos promedios del número de individuos adultos por tratamiento, se aprecia que existe diferencia significativa entre tratamientos. Para el número de individuos adultos por tratamiento podemos indicar que el tratamiento T₂ (EV + RVF) con 20.33 individuos; T₃ (EV + EM 5 % + RVF) con 11.00 individuos y T₁ (EV + EM 5 %) con 10.33 individuos, son estadísticamente similares, mientras que el tratamiento Testigo T₀ (EV) con 9.00 individuos es significativamente inferior a los demás tratamientos. Según los resultados obtenidos se observa que al adicionar restos vegetales frescos como sustrato se puede incrementar la población de lombrices adultas, dichos resultados se corroboran con el reporte de BARBADO (2004). Quien menciona que todo tipo de estiércol debe desmenuzarse, mezclarse con fibra y posteriormente picarlo; que coincide con las indicaciones de PADILLA y CUESTA, (2003) quien indica que la base del nuevo lecho debe estar constituida por materia orgánica, rica en celulosa.

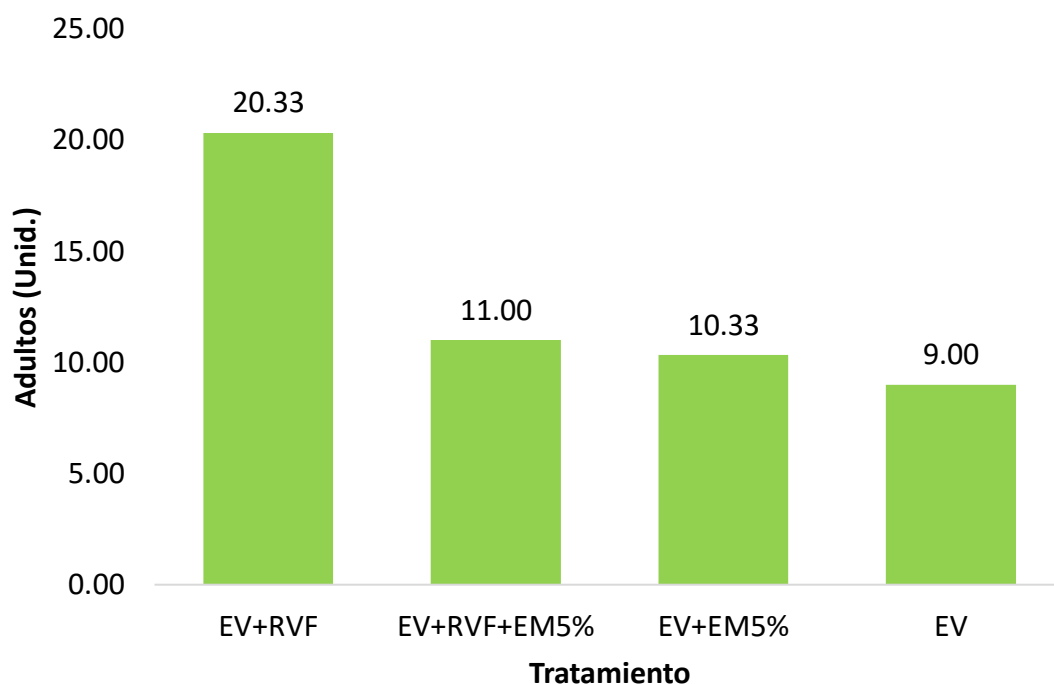
Resultados similares obtuvo BOLLO (2001) quien menciona que la calidad del alimento incide en la producción de las lombrices, ya que si se adiciona alimentos con mayor tiempo de descomposición y de buena calidad aumenta la producción y fecundidad de los cocones.

Cuadro 12. Prueba de significación de Duncan para el número de individuos adultos en 100 g de humus de lombriz.

O.M.	Tratamiento	Promedio	Nivel de sig. Duncan	
			0.05	0.01
1°	EV + RVF	20.33	a	a
2°	EV + RVF + EM 5%	11.00	b	b
3°	EV + EM 5%	10.33	c	c
4°	EV	9.00	d	d

De los resultados obtenidos se afirma que la efectividad de la influencia del sustrato que generó mayor población de individuos fue el

tratamiento T₂ (EV + RVF) con 20.33, superando al testigo T₀ que ocupó el último con 9.00 individuos adultos en 100 g de humus de lombriz.



EV: Estiércol de vacuno,
 EV+ME: Estiércol de vacuno + microorganismos eficientes 5%,
 EV+RVF: Estiércol de vacuno + restos de vegetales frescos,
 EV+ME+RVF: Estiércol de vacuno + microorganismos eficientes 5% + restos vegetales frescos

Figura 4. Población de adultos en 100 g de humus.

4.1.3. Población de lombrices juveniles en 100 g de humus

En el análisis de varianza cuadro 13 se observa que no existe significación estadística para repeticiones, sin embargo, existe alta significación estadística entre tratamientos.

El coeficiente de variabilidad fue de 8.83 % y la desviación estándar 0.44 indicando que dentro de cada tratamiento la población de individuos adultos fue muy homogéneo.

Cuadro 13. Número de individuos juveniles en 100 gramos de humus.

Fuente de variabilidad	GL.	SC.	CM.	FC.	F. Tab.	
					0.05	0.01
Repeticiones	2.0	54.2	27.10	1.37 ^{ns}	5.14	10.90
Tratamientos	3.0	5494.3	1831.40	92.73 ^{**}	4.76	9.78
Error	6.0	118.5	19.75			
Total	11.0	5666.9				

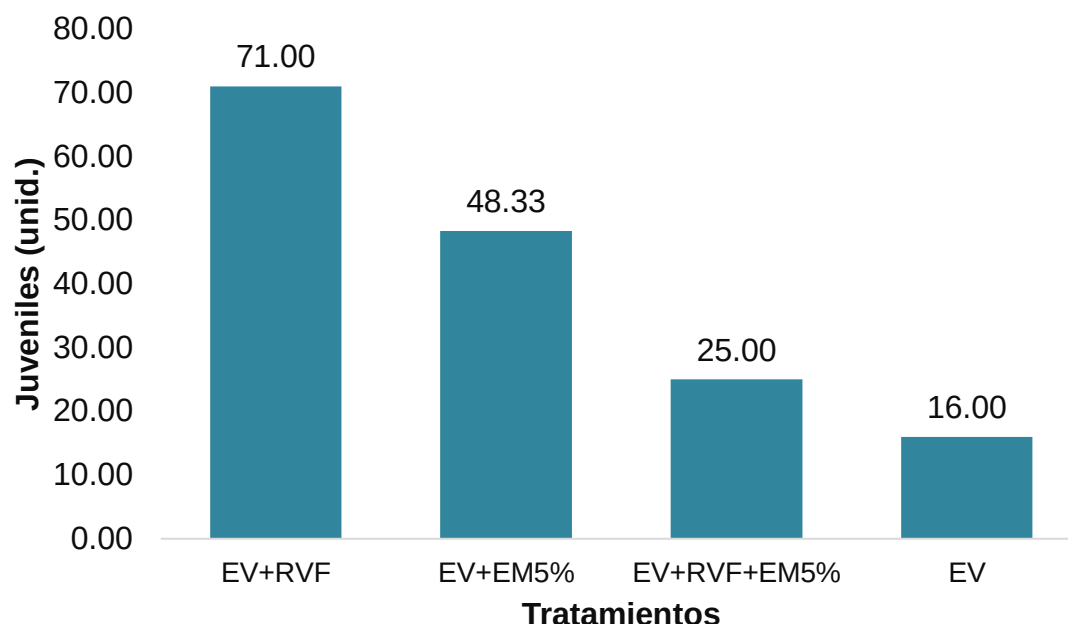
En el Cuadro 14, se muestra la prueba de comparación de promedios de Duncan, con los respectivos promedios para el número de individuos juveniles en 100 g de humus por tratamiento, apreciándose que existe diferencia significativa entre tratamientos.

Los resultados encontrados para el número de individuos juveniles en 100 g de humus por tratamiento indican que el tratamiento T₂ (EV + RVF) con 71.00 individuos, T₁ (EV + EM 5 %) con 48.33 individuos y T₃ (EV + EM 5 % + RVF) con 25 individuos son estadísticamente similares, mientras que el tratamiento testigo T₀ (EV) con 16.00 individuos es significativamente inferior a los demás tratamientos. Igualmente, para lograr el incremento poblacional individuos juveniles es necesario adicionar al sustrato restos vegetales frescos estando de acuerdo con el reporte de BARBADO (2004), quien menciona que todo tipo de estiércol debe desmenuzarse, mezclarse con fibra y posteriormente picarlo; que coincide con las indicaciones de PADILLA y CUESTA, (2003) quien indica que la base del nuevo lecho debe estar constituida por materia orgánica, rica en celulosa.

Cuadro 14. Prueba de significación de Duncan para el número de individuos juveniles en 100 gramos de humus por tratamiento.

O.M.	Tratamiento	Promedio	Nivel de Sig. Duncan	
			0.05	0.01
1°	EV+RVF	71.00	a	a
2°	EV+EM5 %	48.33	b	b
3°	EV+RVF+EM5 %	25.00	c	c
4°	EV	16.00	d	d

De los resultados obtenidos se aprecia que el sustrato que generó mayor población de individuos juveniles fue el tratamiento T₂ (EV + RVF) con 71.00, superando al testigo T₀ que ocupó el último lugar con 16.00 individuos juveniles en 100 g de humus de lombriz.



EV: Estiércol de vacuno,

EV+ME: Estiércol de vacuno + microorganismos eficientes 5%,

EV+RVF: Estiércol de vacuno + restos de vegetales frescos,

EV+ME+RVF: Estiércol de vacuno + microorganismos eficientes 5% + restos vegetales frescos

Figura 5. Población de juveniles en 100 g de humus.

4.1.4. Peso de las lombrices por tratamiento

Los resultados respecto al peso de las lombrices por tratamiento se muestran en el cuadro 15, el análisis de varianza y la prueba de significación de Duncan. Los resultados respecto al peso de 50 lombrices por muestra de cada tratamiento del experimento, indican que no existe significación estadística para repeticiones y significación estadística para tratamientos. El coeficiente de variabilidad es 3.08 % y la desviación estándar 0.43.

Cuadro 15. Análisis de varianza para peso 50 individuos (lombrices).

Fuente de variabilidad	GL.	SC.	CM.	FC.	F. Tab.	
					0.05	0.01
Repeticiones	2.00	4.67	2.33	4.20 ^{ns}	5.14	10.90
Tratamiento	3.00	9.67	3.22	5.80*	4.76	9.78
Error	6.00	3.33	0.56			
Total	11.00	17.67				
C.V.= 3.08% Sx = 0.43						

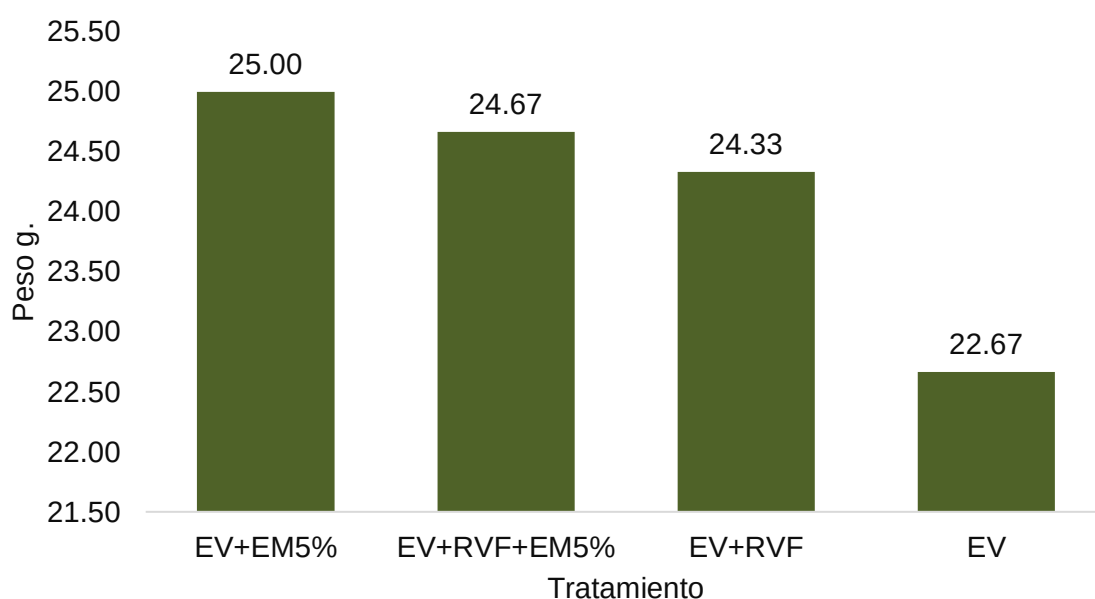
En el Cuadro 16, se muestra la prueba de comparación de promedios de Duncan, con los respectivos promedios del peso de 50 lombrices por tratamiento, se puede observar que existe diferencia significativa entre tratamientos.

Los resultados registrados para el peso de 50 lombrices por tratamiento nos indican que el tratamiento T₁ (EV + EM 5 %) con 25 g, T₃ (EV + EM 5 % + RVF) con 24.67 g y T₂ (EV + RVF) con 24.33 g son estadísticamente similares, mientras que el tratamiento testigo T₀ (EV) obtuvo un resultado menor con 22.67 g, es significativamente inferior a los demás tratamientos en estudio.

Cuadro 16. Prueba de significación de Duncan para el peso de 50 lombrices adultas.

O.M.	Tratamiento	Promedio	Nivel de Sig. Duncan	
			0.05	0.01
1°	EV+RVF	25.00	a	a
2°	EV+RVF+EM5%	24.67	ab	ab
3°	EV+RVF	24.33	ab	ab
4°	EV	22.67	c	c

Los resultados obtenidos permiten identificar que el sustrato que generó mayor peso de 50 lombrices por tratamiento corresponde al tratamiento T₁ (EV. + EM 5 %) con 25.00 g, superando al testigo T₀ que ocupó el último lugar con 22.67 g, datos similares a los obtenidos por CANO y SALINAS (2006) en su trabajo de investigación realizado en la Universidad EARTH, quienes encontraron diferencias estadísticamente significativas para las lombrices alimentadas con estiércol de vacuno y adición de microorganismos eficaces al 5 % donde obtuvieron un promedio de 32.18 g, datos similares lo obtuvo ROMERO y FERRERA (2002) quienes sostienen que el peso por lombriz disminuye a medida que aumenta la población ya que la relación biomasa/número de lombriz se reduce.



EV: Estiércol de vacuno,
 EV+ME: Estiércol de vacuno + microorganismos eficientes 5%,
 EV+RVF: Estiércol de vacuno + restos de vegetales frescos,
 EV+ME+RVF: Estiércol de vacuno + microorganismos eficientes 5% + restos vegetales frescos

Figura 6. Peso en gramos de 50 lombrices adultas por tratamiento.

4.1.5. Tamaño de la lombriz

En el Cuadro 17, se aprecian los promedios obtenidos para el peso de 50 lombrices adultas, el análisis de varianza y por último la prueba de significación de Duncan.

Los resultados respecto al tamaño promedio de 50 lombrices adultas por muestra tomada de cada tratamiento, indican que no existe significación estadística para repeticiones y significación estadística para tratamientos. El coeficiente de variabilidad es 8.53 % y la desviación estándar 0.27.

Cuadro 17. Análisis de varianza para el tamaño de 50 lombrices adultas.

Fuente de variabilidad	GL.	SC.	CM.	FC.	F. Tab.	
					0.05	0.01
Repeticiones	2.0	0.374	0.187	0.83 ^{ns}	5.14	10.90
Tratamientos	3.0	3.714	1.238	5.51*	4.76	9.78
Error	6.0	1.347	0.225			
Total	11.0	5.435				
C.V.= 8.53 %		Sx = 0.27				

En el Cuadro 18 y Figura 7, se muestra la prueba de comparación de promedios de Duncan, con los promedios para 50 lombrices por tratamiento, se puede observar que existe diferencia significativa entre tratamientos.

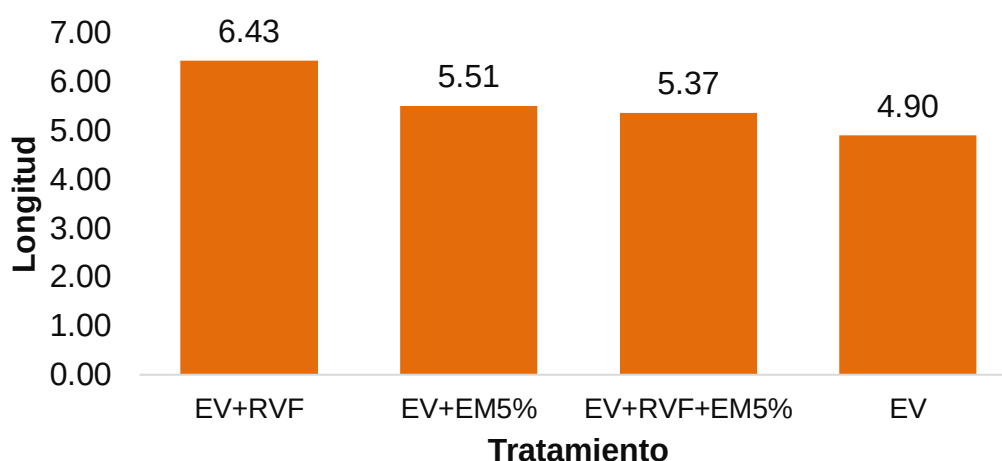
Los resultados encontrados con respecto al tamaño de 50 lombrices por tratamiento podemos indicar que el tratamiento T₂ (EV + RVF) con 6.43 cm, T₁ (EV + EM 5 %) con 5.51 cm y T₃ (EV + EM 5 % + RVF) con 5.37 cm son estadísticamente similares, mientras que el tratamiento testigo T₀ (EV) con 4.90 cm es significativamente inferior a los demás tratamientos. En los resultados obtenidos se observa que el tipo de alimentos tiene efecto significativo en el incremento de la longitud de las lombrices por lo que si adicionamos restos vegetales frescos al estiércol de bovino se puede lograr obtener lombrices con mayor longitud. Estos resultados son similares a los que obtuvo SCHULDT (2004), quien sostiene que una lombriz puede llegar a medir de 5 a 7 cm de longitud.

Comparado con la investigación realizada por CANO y SALINAS (2006), en Guácimo, Costa Rica, en cual reporta que no encontraron diferencias significativas respecto al tamaño de las lombrices.

Cuadro 18. Prueba de significación de Duncan para el tamaño promedio de 50 lombrices por tratamiento.

O.M.	Tratamiento	Promedio	Nivel de Sig. Duncan	
			0.05	0.01
1°	EV+RVF	6.43	a	a
2°	EV+EM5 %	5.51	ab	ab
3°	EV+RVF+EM5 %	5.37	ab	ab
4°	EV	4.90	b	b

El Cuadro 18 nos permite identificar que el sustrato que tuvo influencia en el mayor tamaño promedio de 50 lombrices por tratamiento corresponde al tratamiento T₂ (EV + RVF) con 6.43 cm de longitud, superando al testigo T₀ que ocupó el último lugar con 4.90 cm de longitud.



EV: Estiércol de vacuno,
 EV+ME: Estiércol de vacuno + microorganismos eficientes 5%,
 EV+RVF: Estiércol de vacuno + restos de vegetales frescos,
 EV+ME+RVF: Estiércol de vacuno + microorganismos eficientes 5% + restos vegetales frescos

Figura 7. Tamaño promedio de 50 lombrices adultas por tratamiento.

4.1.6. Determinación de la calidad química del humus

a. Contenido de macronutrientes

A continuación, en el Cuadro 19 se muestra el contenido de macro y micronutrientes presentes en humus de lombriz elaborado con estiércol de vacuno más la adición del microorganismos eficientes y restos vegetales frescos.

Cuadro 19. Análisis químico del humus de lombriz.

Tipo de vermicompus	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	Na	pH	C/N
	%	%	%	%	%	%		
T ₀ . EV	1.54	1.08	1.3	1.15	2.1	0.48	7	10.4
T ₁ EV+EM	1.64	0.9	1.25	1.17	2.49	0.46	6.8	12.5
T EV+RVF	1.62	1.05	1.22	1.2	2.47	0.4	6.9	11.5
T ₃ EV+EM+RVF	1.64	1.16	1.44	1.3	2.7	0.41	6.8	12.6

Fuente: UNAS "Universidad Nacional Agraria la Selva". (2019)

T₀: Estiércol de vacuno,

T₁: Estiércol de vacuno + microorganismos eficientes 5%,

T₂: Estiércol de vacuno + restos de vegetales frescos,

T₃: Estiércol de vacuno + microorganismos eficientes 5% + restos vegetales frescos

Los resultados obtenidos que se muestran en el cuadro 19, se observa que el mayor contenido de macronutrientes excepto en sodio, lo obtuvo el tratamiento T₃ (EV+EM+RVF) superando a los demás tratamientos, por lo que se puede afirmar que existe diferencias estadísticas de contenido nutricional entre el vermicompost producido a base de estiércol de bovino y con la adición de EM y restos vegetales con el vermicompost producido a base de solo estiércol de bovino. Estando de acuerdo con el aporte de RESTREPO (2011) quien menciona que los microorganismos eficaces pueden incluso reducir no solo la contaminación del microambiente (control de moscas, malos olores) sino también mejora la calidad del desecho orgánico a procesar ya que aceleran la estabilización del proceso y por ende disminuye el impacto ambiental; puesto que el EM® es un inoculado constituido por la mezcla de varios microorganismos benéficos como bacterias lácticas, bacterias fotosintéticas, levaduras, actinomicetos y hongos.

b. Contenido de materia orgánica base seca

En el análisis de varianza (Cuadro 20), se puede observar que no existen diferencias estadísticas para repeticiones, sin embargo, existe significación estadística entre tratamientos.

El coeficiente de variabilidad fue de 2.27 % y su desviación estándar fue de 0.53, considerado como "buena" según la escala propuesta por CALZADA (1970), indicando que dentro de cada tratamiento el porcentaje de materia orgánica por cada tratamiento fue muy homogéneo.

Cuadro 20. Análisis de varianza para el porcentaje de contenido de materia orgánica.

Fuente de variabilidad	GL.	SC.	CM.	FC.	F. Tab.	
					0.05	0.01
Repeticiones	2.00	6.562	3.281	3.82 ^{ns}	5.14	10.90
Tratamiento	3.00	20.109	6.703	7.81*	4.76	9.78
Error	6.00	5.150	0.858			
Total	11.0	31.820				
C.V.= 2.27 % Sx = 0.53						

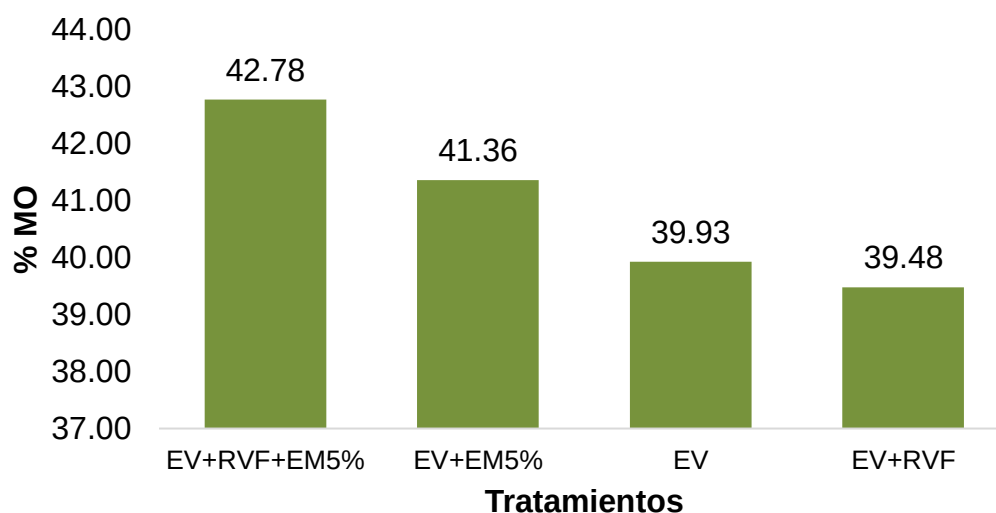
En el Cuadro 21 se presenta la prueba de Duncan con sus respectivos promedios del porcentaje de contenido de materia orgánica por tratamiento mostrando que existe diferencias estadísticas significativas para tratamientos. Al respecto, podemos destacar que el mayor porcentaje de materia orgánica se encontró en los tratamientos T₃ (EV + EM 5 % + RVF) con 42.78 %, T₁ (EV + EM 5 %) con 41.36 % y T₀ (EV) con 39.93 % son estadísticamente similares, seguido del tratamiento T₂ (EV+ RVF) con 39.48 % que es significativamente inferior a los demás tratamientos en estudio.

Cuadro 21. Porcentaje de contenido de materia orgánica.

O.M.	Tratamientos	Promedio	Nivel de Sig. Duncan	
			0.05	0.01
1°	EV+RVF+EM5%	42.78	a	a
2°	EV+EM 5%	41.36	ab	ab
3°	EV	39.93	bc	bc
4°	EV+RVF	39.48	c	c

Asimismo, se observa una diferencia en el porcentaje de materia orgánica por tratamiento, obteniéndose en tratamiento T₃ (EV + EM 5 % + RVF) 42.78 % de materia orgánica, lo que nos permite afirmar que la influencia del sustrato fue efectiva logrando generar mayor porcentaje de materia orgánica, superando significativamente al tratamiento T₂ (EV + RVF) que ocupó el último lugar con 39.48 %.

Con los resultados obtenidos se puede afirmar que el humus es de buena calidad por encontrarse dentro del rango del contenido porcentual de materia orgánica, ya que al adicionar restos vegetales frescos al estiércol de bovino superó a los resultados obtenidos por SÁNCHEZ (2003) quien manifiesta que el humus de lombriz es rico en elementos nutritivos cuando contiene 28 % de materia orgánica, concordando con Bollo (2001), citado por PATI (2002) quien informa que los rangos de calidad del humus deben estar entre 30 a 50 %; mientras que al comparar con los resultados obtenidos por CARRILLO (2013) quien realizó su trabajo de investigación utilizando estiércoles de bovino, ovino + rastrojos agrícolas + lombrices y, obtuvo 55% de materia orgánica, siendo superior, ya que en la presente investigación se utilizó solamente estiércol de bovino y restos vegetales en la cual se obtuvo un resultado de 42.78 % de materia orgánica, encontrándose dentro del rango aceptable.



EV: Estiércol de vacuno,
 EV+ME: Estiércol de vacuno + microorganismos eficientes 5%,
 EV+RVF: Estiércol de vacuno + restos de vegetales frescos,
 EV+ME+RVF: Estiércol de vacuno + microorganismos eficientes 5% + restos vegetales frescos

Figura 8. Porcentaje del contenido de materia orgánica en base seca.

c. Determinación de pH del humus de lombriz

En el análisis de varianza (Cuadro 22), se puede observar que para el pH del humus de lombriz no existen diferencias estadísticas para repeticiones, sin embargo, existe significación estadística entre tratamientos.

El coeficiente de variabilidad fue de 1.14 % y su desviación estándar fue de 0.05, por lo que es considerado como "buena" según Calzada (1970), indicando que, dentro de cada tratamiento, los niveles de pH del humus de lombriz fueron muy homogéneos.

Cuadro 22. Análisis de varianza para determinar el pH de humus de lombriz.

Fuente de variabilidad	GL.	SC.	CM.	FC.	F. Tab	
					0.05	0.01
Repeticiones	2.0	0.012	0.006	0.97	5.14	10.90
Tratamiento	3.0	0.110	0.037	6.01	4.76	9.78
Error	6.0	0.037	0.006			
Total	11.0	0.158				
C.V. = 1.14%	Sx = 0.05					

En el Cuadro 23 se presenta la prueba de Duncan con sus respectivos promedios para los niveles de pH del humus de lombriz, el cual nos indica que existe diferencia estadística significativa en los tratamientos.

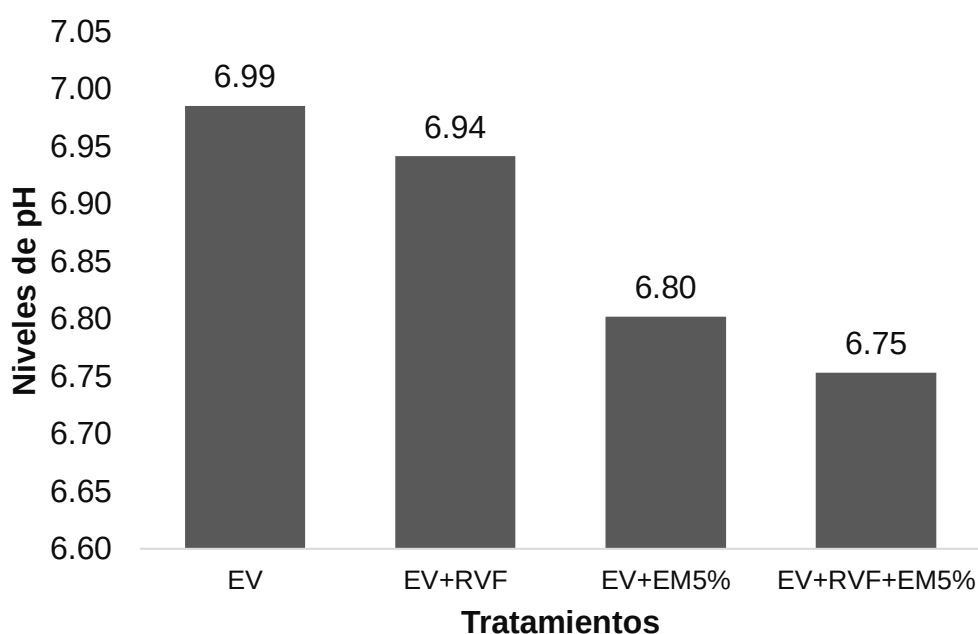
Según nuestros resultados podemos destacar que el rango mayor de pH del humus de lombriz se obtuvo con los tratamientos T₀ (EV) con 6.99, T₂ (EV + RVF) con 6.94 y T₁ (EV + EM 5 %) con 6.80, los cuales son estadísticamente similares, seguido por el tratamiento T₃ (EV + EM 5 % + RVF) con 6.75, que es significativamente inferior a los demás tratamientos. Esto indica que al adicionar restos vegetales frescos al estiércol de bovino podemos manejar una compostera de lombricultura sin ningún problema, dado que se encuentra dentro del rango de aceptación para que las lombrices puedan tener un ambiente favorable para reproducirse y cumplir con su función, siendo semejante con los reportes de QUINTERO (2004), quien menciona que la lombriz se adapta a valores de pH de 5.5 a 8, siendo el óptimo entre 6.8 a 7.2.

Cuadro 23. Prueba de significación de Duncan para determinar el pH del humus de lombriz durante los 120 días.

O.M.	Tratamiento	Promedio	Nivel de sig. Duncan	
			0.05	0.01
1°	EV	6.99	a	a
2°	EV+RVF	6.94	a	a
3°	EV+EM5 %	6.80	ab	a
4°	EV+RVF+EM5 %	6.75	b	b

Se ha observado una diferencia en nivel pH por tratamiento, por lo tanto, los resultados del tratamiento T₀ (E.V.) alcanzó un rango de pH de 6.99, superando significativamente al tratamiento T₃ (EV + EM 5 % + RVF) que ocupó el último lugar con un rango de pH de 6.75 %, lo que nos indica que la influencia del sustrato regula significativamente los niveles de pH.

Con los resultados obtenidos podemos indicar que el sustrato utilizado base de estiércol de bovino y la adición de restos vegetales fresco es una mezcla ideal ya que mantiene al sustrato en una escala de pH neutro o ligeramente ácido, que es lo ideal para la reproducción de las lombrices, teóricamente se sustenta en el reporte de BOLLO (2001), que indica que las lombrices requieren de sustrato y alimento con pH neutro.

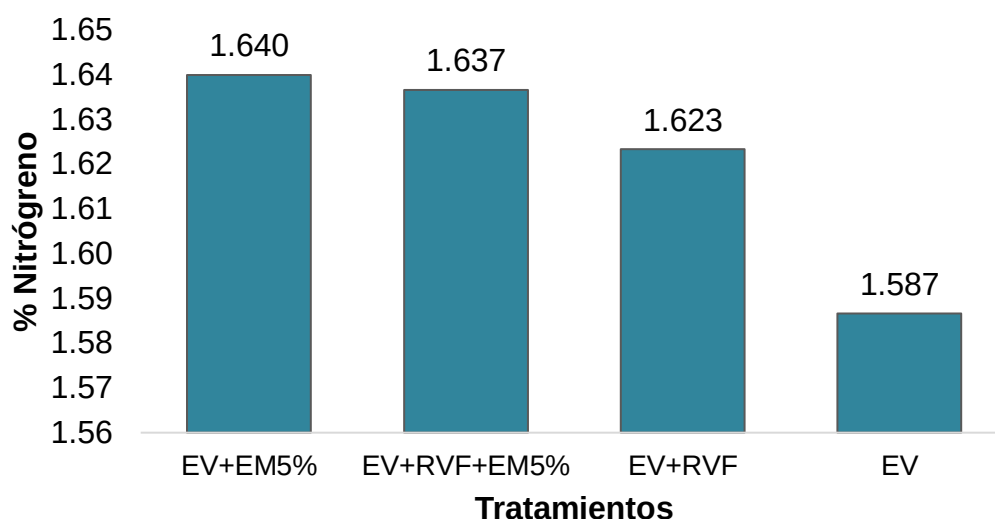


EV: Estiércol de vacuno,
 EV+ME: Estiércol de vacuno + microorganismos eficientes 5%,
 EV+RVF: Estiércol de vacuno + restos de vegetales frescos,
 EV+ME+RVF: Estiércol de vacuno + microorganismos eficientes 5% + restos vegetales frescos

Figura 9. Nivel de pH del humus de lombriz.

d. Contenido de nitrógeno orgánico en el humus de lombriz

El resultado del contenido porcentual del nitrógeno orgánico presente en el humus de lombriz se muestra en la Figura 10.



EV: Estiércol de vacuno,
 EV+ME: Estiércol de vacuno + microorganismos eficientes 5%,
 EV+RVF: Estiércol de vacuno + restos de vegetales frescos,
 EV+ME+RVF: Estiércol de vacuno + microorganismos eficientes 5% + restos vegetales frescos

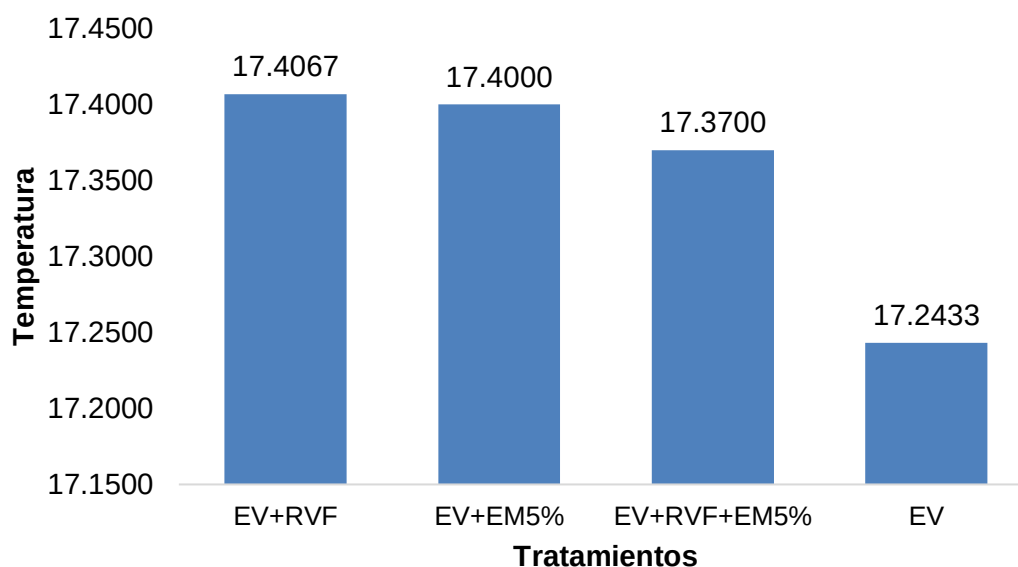
Figura 10. Contenido de nitrógeno orgánico en el humus elaborado por la lombriz roja californiana.

En la Figura 10 se observa que tratamiento T_1 (EV + EM 5 %) obtuvo el mayor porcentaje del contenido de nitrógeno orgánico con 1.64 % y el último lugar ocupó el T_0 (EV) con un 1.54 % de nitrógeno.

La calidad del humus depende del tipo de alimento que se les dé a las lombrices como: estiércol, rastrojo u otros desechos (PINEDA, 1994). En este caso, el estiércol de bovino más restos vegetales frescos y microorganismos eficaces al 5 % influenciaron para obtener humus con las características deseadas de buena calidad, mostradas en el Cuadro 2 de COMPAGNONI y PUTZOLU (1995), es decir con porcentajes de nitrógeno aceptable para los rangos establecidos. SANCHEZ (2003) indica que para el humus de buena calidad el contenido porcentual de nitrógeno debe ser de 1.5.

e. Temperatura

En la Figura 11, se muestran los resultados para los rangos de temperatura durante el proceso de transformación del humus elaborado por la lombriz roja californiana.



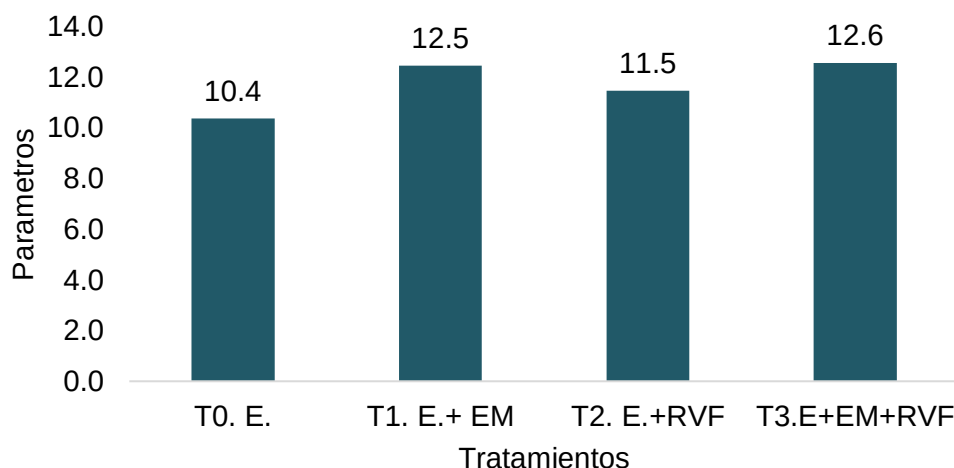
EV: Estiércol de vacuno,
 EV+ME: Estiércol de vacuno + microorganismos eficientes 5%,
 EV+RVF: Estiércol de vacuno + restos de vegetales frescos,
 EV+ME+RVF: Estiércol de vacuno + microorganismos eficientes 5% + restos vegetales frescos

Figura 11. Rango de temperatura durante el proceso de elaboración del humus de lombriz durante 120 días.

Según Figura 11, los tratamientos T_2 (EV + RVF) y T_1 (EV + EM 5 %) obtuvieron un rango mayor con un promedio de 17.40 °C, a comparación del tratamiento T_0 (EV) que obtuvo un rango inferior de temperatura de 17.24 °C. Los resultados obtenidos indican que el rango de temperatura es óptimo, para que las lombrices puedan reproducirse fácilmente ya que deben tener un ambiente favorable de temperatura, que se logra con la elaboración de un sustrato a base de estiércol de bovino y restos vegetales frescos. Estos registros coinciden con MENDOZA (2008) quien señala que el rango óptimo de temperaturas para el crecimiento de las lombrices oscila entre 12 a 25 °C y, para la formación de cocones entre 12 a 15 °C, concordando con PINEDA (2006) quien afirma que las lombrices *Eisenia foetida* viven sin problemas en ambientes con 10 a 25 °C, pero a temperaturas menores de 10 °C y mayores de 30 °C, no hay producción de cápsulas, por lo que la temperatura es un factor importante que influye en la producción y fecundidad de las cápsulas.

f. Relación C/N

La relación carbono/nitrógeno en el humus (Figura 12) en los diferentes tratamientos osciló entre 10.40 y 12.60 para los tratamientos testigo y T₃ (EV + EM 5 % + RVF), encontrándose dentro del rango de aceptación para que el humus de lombriz sea de alta calidad. No encontrándose diferencias estadísticamente entre tratamientos en relación de C/N.



EV: Estiércol de vacuno,
 EV+ME: Estiércol de vacuno + microorganismos eficientes 5%,
 EV+RVF: Estiércol de vacuno + restos de vegetales frescos,
 EV+ME+RVF: Estiércol de vacuno + microorganismos eficientes 5% + restos vegetales frescos

Figura 12. Relación de carbono/nitrógeno en el humus de lombriz.

Referente a este parámetro BOLLO (2005) reporta que la relación carbono/nitrógeno debe estar entre 9 y 13, mientras que SCHITZER y KHAN (1978) refieren que los microorganismos no necesitan todo el nitrógeno para degradar la materia orgánica, por tanto, al hacer las aplicaciones del abono, el nitrógeno estará en alta cantidades accesibles para las plantas.

g. Contenido de fósforo en el humus de lombriz

Los resultados obtenidos respecto al contenido de fósforo presente en el humus elaborado por la lombriz roja californiana, se muestran en la Figura 13, donde el tratamiento T₃ (EV + EM 5 %+ RVF) obtuvo el mayor porcentaje de contenido de fósforo con 1.157 %, seguido por los tratamientos T₀ (EV), T₂ (EV + RVF) y por último el T₁ (EV + EM 5 %) con 1.083, 1.05 y 0.897 % de fosforo respectivamente. Dichos resultados son menores al reporte de

<http://www.humussell.com>. (2007) donde indica que la composición química del humus es de 2.33 % de fósforo; sin embargo, son superiores a los resultados obtenidos por COMPAGNONI y PUTZOLU (1995) quien registro 0.80 % de fósforo en su trabajo de investigación realizado en cuatro tipos de sustrato; sin embargo, nuestros resultados referentes a niveles de fosforo se encuentran entre los rangos óptimos propuestos por BOLLO (2001).

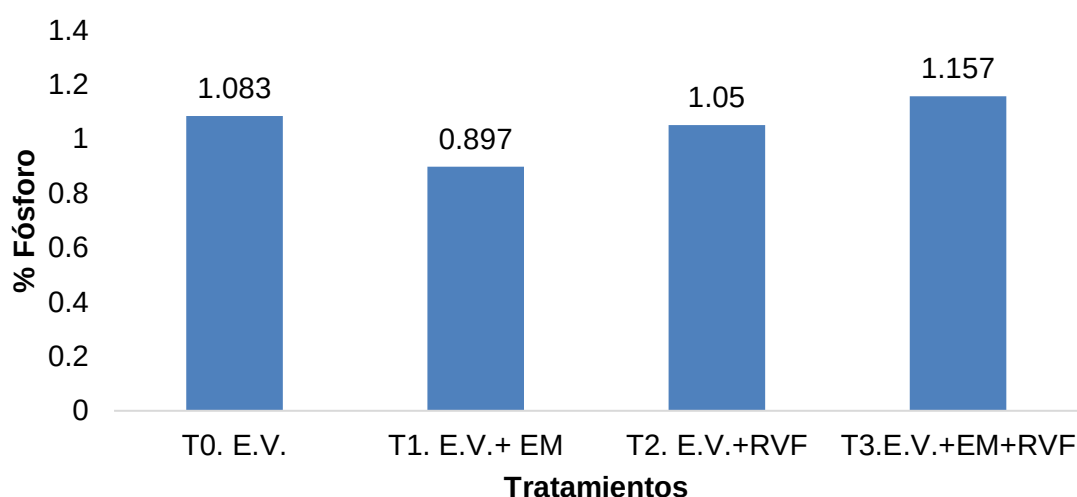


Figura 13. Contenido de fósforo en el humus elaborado por la lombriz roja californiana.

h. Contenido de potasio en el humus de lombriz

El contenido del potasio en el humus de lombriz se muestra en la Figura 14, donde el tratamiento T₃ (EV + EM5 %+ RVF) obtuvo el mayor porcentaje del contenido de potasio con 1.44 % y el último lugar ocupó el T₂ (EV + RVF) con 1.217 % de potasio. Al respecto, COMPAGNONI y PUTZOLU (1995) y <http://www.humussell.com>.(2007), indican que el humus obtenido es superior y considerado como humus de buena calidad, debido a la incorporación de restos vegetales frescos y microorganismos eficaces al estiércol de bovino quienes aceleran la descomposición de los restos orgánicos, y que al ser aplicado este material bien descompuesto facilita a que las plantas aprovechen los nutrientes con mayor rapidez.

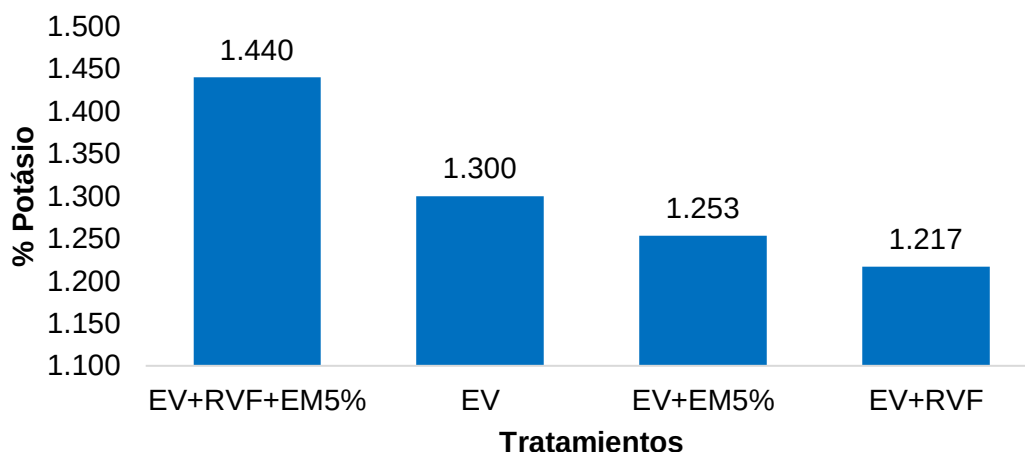


Figura 14. Porcentaje de potasio en el humus elaborado por la lombriz roja californiana.

i. Contenido de calcio en el humus de lombriz

Los resultados respecto al contenido de calcio en el humus elaborado por la lombriz roja californiana se muestran en la Figura 15, donde el tratamiento T₃ (EV + RVF + EM 5 %) obtuvo 1.303 % de calcio y el último lugar el T₀ (EV) con 1.153 % de calcio. De igual manera, estos datos son similares con los resultados de COMPAGNONI y PUTZOLU (1995) y <http://www.humussell.com>.(2007), quienes mencionan que la composición química del humus de lombriz es de 1.20 %, por lo tanto, podemos indicar que los niveles de concentración de calcio en el humus está dentro los rangos requeridos para que el humus obtenido sea considerado de buena calidad.

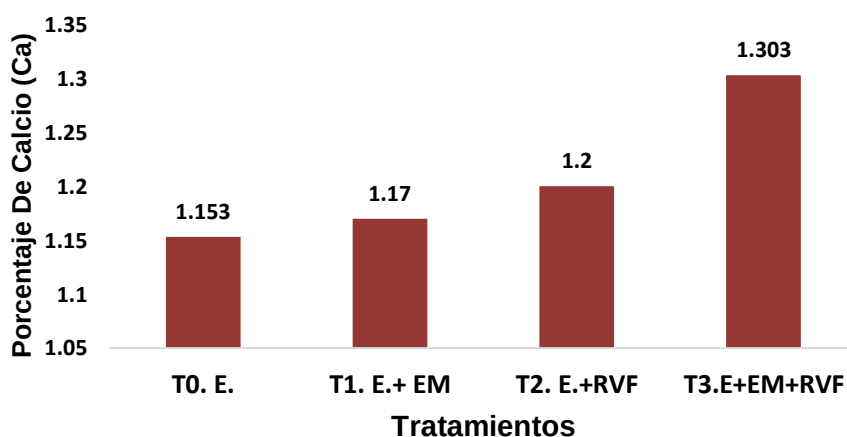


Figura 15. Porcentaje de calcio presente en el humus elaborado por la lombriz roja californiana.

j. Contenido de magnesio en el humus de lombriz

Los resultados de contenido de magnesio presente en el humus elaborado por la lombriz roja californiana se muestran en la Figura 16, donde el tratamiento T₃ (lombrices alimentadas con estiércol de vacuno y adición de microorganismos eficientes al 5 % más restos vegetales frescos) obtuvo el mayor porcentaje de contenido de magnesio con 2.703 % y en último lugar el T₀ (lombrices alimentadas solo con estiércol de vacuno) con 2.1 % de magnesio. al ser comparados con los resultados reportados por COMPAGNONI y PUTZOLU (1995) y <http://www.humussell.com>.(2007), es mucho más superior, por lo que se considera que el humus es de buena calidad por presentar mayor contenido de este micronutriente que requieren la plantas.

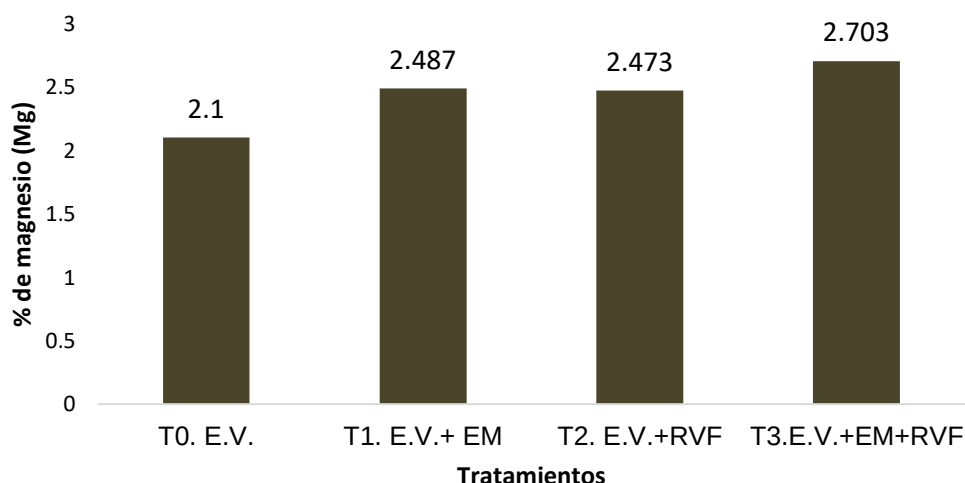


Figura 16. Porcentaje de magnesio en el humus elaborado por la lombriz roja californiana.

4.1.7. Contenido de micronutrientes en el humus de lombriz

En el Cuadro 24 se muestran el contenido de micronutrientes (ppm) en el humus de lombriz elaborado por la lombriz roja californiana en estiércol de vacuno con adición de EM 5 % y restos vegetales frescos.

Cuadro 24. Análisis químico del contenido de micronutrientes del humus de lombriz.

Tipo de vermicompus	Cu	fe	Zn	Mn
	ppm	ppm	ppm	ppm
T ₀ E	24.667	11735.67	191.00	472.67
T ₁ E + EM	25.667	10132.33	232.67	447.33
T ₂ E+ RVF	25.333	12481.00	210.00	463.33
T ₃ E + EM +RVF	27.333	11932.00	209.00	461.67

Fuente: Laboratorio de Suelos de la UNAS (2019)

T₀: Estiércol de vacuno,

T₁: Estiércol de vacuno + microorganismos eficientes 5%,

T₂: Estiércol de vacuno + restos de vegetales frescos,

T₃: Estiércol de vacuno + microorganismos eficientes 5% + restos vegetales frescos

a. Contenido de cobre

En la Figura 17 se muestran los resultados del contenido de cobre en el humus de lombriz, donde el tratamiento T3 (EV + EM + RVF) obtuvo el mayor contenido de cobre con 27.333 ppm y en menor cantidad el T0 (EV) con 24.667 ppm de cobre. Los resultados no indica que al suministrar al estiércol de bovino restos vegetales frescos y a ello lo adicionamos microorganismos eficaces EM 5 % se puede lograr una mayor concentración de cobre en el humus. Si comparamos con los reportes de <http://www.humussell.com>.(2007) en cual indica que la composición química del humus de lombriz el contenido de cobre es 0.04 %, mientras que para el INIFAP (2006) el contenido de cobre en humus liquido es de 0.44 %, sin embargo, en los resultados obtenidos es mucho mayor, por lo que podemos afirmar que el humus es de buena calidad, por encontrarse de los rangos aceptables.

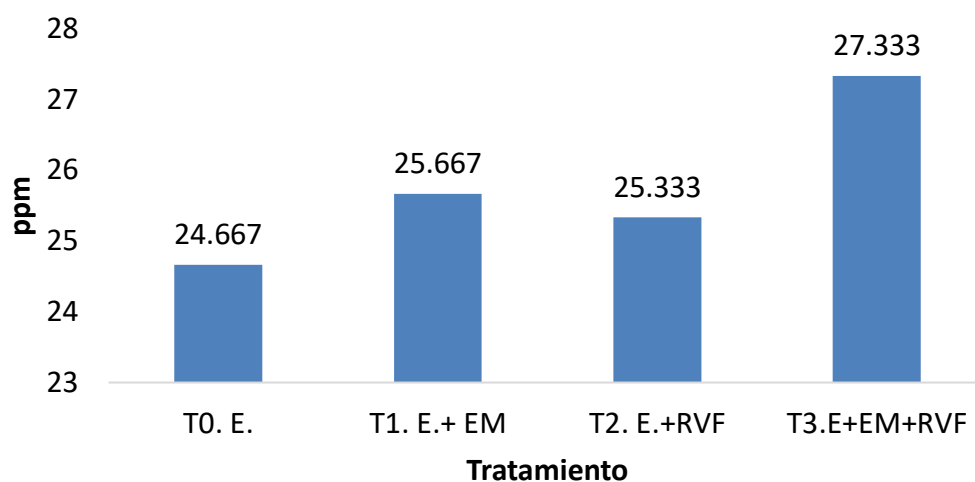


Figura 17. Contenido de cobre en el humus elaborado por la lombriz roja californiana.

b. Contenido de hierro

En la Figura 18 se muestran los resultados del contenido del hierro en el humus de lombriz, donde se observa que el mayor contenido de hierro corresponde al tratamiento T₂ (EV + RVF) con 12481.00 ppm, superando al T₁ (EV + EM 5 %) que ocupó el último lugar con 10132.33 ppm de hierro.

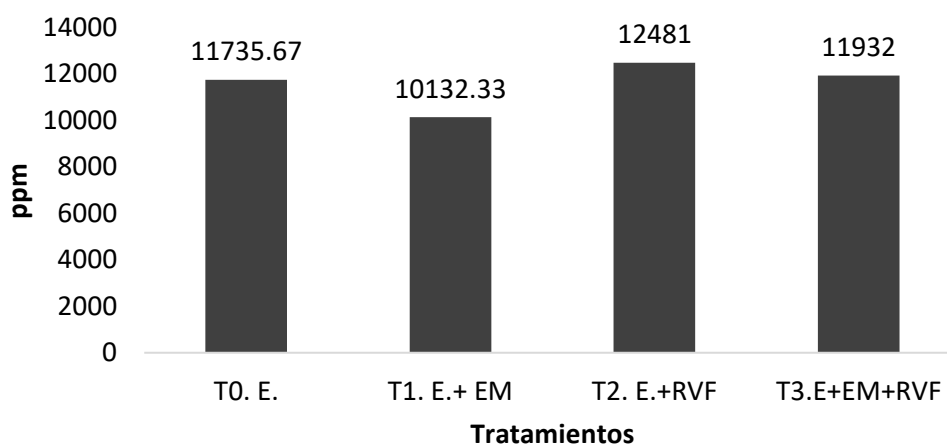


Figura 18. Contenido de hierro en el humus elaborado por la lombriz roja californiana.

Por lo manifestado, nuestros resultados son muy superiores a los de <http://www.humussell.com>.(2007) quien reporta concentraciones de hierro en el humus de lombriz de 2.10 %, y a los de INIFAP (2006) quien señala que en la composición del humus liquido la concentración de este mineral es de 1.18 %, por lo que se deduce que el humus producido es de buena calidad.

c. Contenido de zinc

En la Figura 19 se muestra la concentración de zinc en el humus de lombriz, donde el tratamiento T₁ (EV + EM 5 %) muestra la mayor concentración del microelemento con 232.67 ppm, superando al testigo T₀ (EV) que ocupó el último lugar con 191 ppm de zinc.

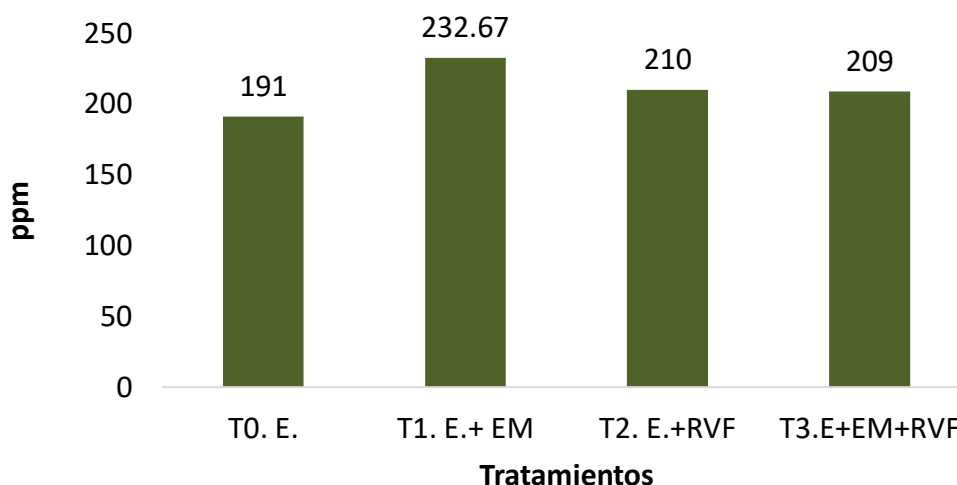


Figura 19. Contenido de zinc en el humus elaborado por la lombriz roja californiana.

Estos resultados son similares a los reportes de <http://www.humussell.com>.(2007), donde muestra que la concentración de zinc en el humus es de 0.015 %, y al de INIFAP (2006) refiriendo que en la composición del humus liquido el contenido de zinc es de 0.21 %, por lo tanto podemos indicar que el humus producido por la lombrices alimentados a base de estiércol con la adición de microorganismos eficientes al 5 % tiene un efecto significativo en la concentración de zinc.

d. Contenido de manganeso

Los resultados respecto al contenido de manganeso en el humus de lombriz se muestran en la Figura 20, donde se aprecia que el mayor contenido de este microelemento corresponde al tratamiento T₀ (EV) con 472.67 ppm, superando al T₁ (EV + EM 5 %) que ocupó el último lugar con 447.33 ppm de manganeso.

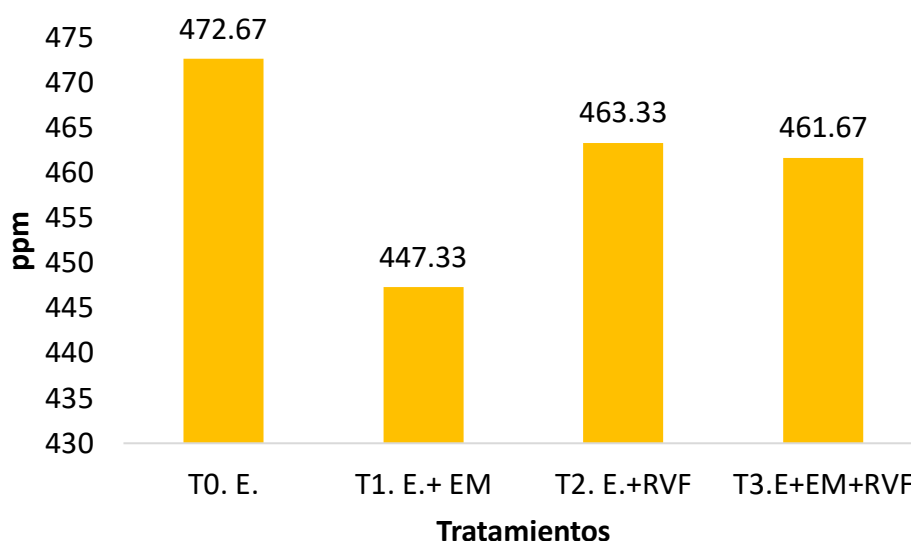


Figura 20. Contenido de manganeso en el humus elaborado por la lombriz roja californiana.

Los resultados obtenidos son similares a los reportes de <http://www.humussell.com>.(2007), donde muestra que la concentración de manganeso en el humus es de 0.45 %, mientras que INIFAP (2006) señala que en la composición del humus liquido el contenido de manganeso es de 0.30 %, debido a que el suministro de restos vegetales frescos regula la concentración de este elemento, Sin embargo, al compararlo con los reportes de COMPAGNONI y PUTZOLU (1995) son totalmente diferentes, por lo que podemos afirmar que la adición de otros insumos al estiércol de vacuno determinan la concentración del manganeso; coincidiendo con PINEDA (1994) quien afirma que la calidad del humus de lombriz depende, del tipo de alimento (estiércol, rastrojos u otros desechos) que se brinde a la lombriz roja californiana.

En general, los resultados sobre el contenido de micronutrientes en el humus de lombriz roja californiana reportan que el tratamiento T₃ (E + EM 5 % + RVF) ocupó el primer lugar en el contenido de cobre, hierro y zinc con promedios de 27.333, 11932.00 y 209.00 ppm respectivamente, mientras que la mayor concentración de manganeso corresponde al tratamiento T₀ (EV) con 472.67 ppm, superando a los demás tratamientos.

4.2. Contenido nutricional del té de humus de lombriz

Los resultados sobre el contenido nutricional del té de humus de lombriz, en porcentajes y miligramos/litro de biol, se muestran en el Cuadro 25.

Cuadro 25. Contenido de macro y micronutrientes del té de humus en miligramos/litro de biol.

Trat.	N %	P ₂ O ₅ %	K mg	Ca mg	Mg mg	Na mg	Cu mg	Fe mg	Zn mg	Mn mg
T ₀	1.76	0.29	640	165	35	116	0.03	4.2	0.07	0.05
T ₁	1.41	0.47	1120	175	44	196	0.04	4.25	0.13	0.1
T ₂	1.3	0.64	2250	245	110	220	0.04	6.85	0.11	0.09
T ₃	1.21	0.71	2505	310	162	288	0.05	7.55	0.12	0.08

FUENTE: Laboratorio de Suelos de la UNAS (2019)

T₀: Estiércol de vacuno,

T₁: Estiércol de vacuno + microorganismos eficientes 5%,

T₂: Estiércol de vacuno + restos de vegetales frescos

T₃: Estiércol de vacuno + microorganismos eficientes 5% + restos vegetales frescos

Los resultados sobre el contenido porcentual y partes por millón de macro y micronutrientes presentes en el té de humus de lombriz, producido a base de estiércol de bovino con la adición de microorganismos eficientes al 5 % y restos vegetales frescos, se observa el mayor contenido de nutrientes corresponden al tratamiento T₃ (lombrices alimentadas con estiércol de bovino más adición de microorganismos eficientes al 5 % y restos vegetales frescos), superando a los demás tratamientos excepto en contenido de nitrógeno, donde el mayor porcentaje lo obtuvo el tratamiento testigo T₀ (EV). Estos resultados son superiores a los reportes del INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS y PECUARIAS (2006), por lo que se considera que el humus líquido

de lombriz tiene una concentración aceptable de micro y macronutrientes cuando es producido con estiércol de bovino y con la mezcla de restos vegetales fresco adicionándolo a ello los microorganismos eficaces al 5 %. Este resultado se sustenta con los reportes de BOLLO (2005) por encontrarse dentro de los rangos óptimos de la concentración de los nutrientes.

4.3. Determinación de las sustancias húmicas del humus de lombriz

La concentración de sustancias húmicas en el humus de lombriz, producidos a base de estiércol de vacuno más la adición de los microorganismos eficaces y restos vegetales, se muestran en el Cuadro 26.

Cuadro 26. Concentración de sustancias húmicas en el humus de lombriz.

Tratamientos	Código	Sustancias húmicas					
		g			%		
		AF	AH	HUM	AF	AH	HUM
T ₁	EM + EV	0.25	0.4	4.35	5.00	8.00	87.00
T ₂	RVF + EV	0.24	0.41	4.35	4.80	8.20	87.00
T ₃	EM + RVF + EV	0.26	0.38	4.36	5.20	7.60	87.20
T ₀	EV	0.24	0.39	4.37	4.80	7.80	87.40

AF = Ácidos fúlvicos, AH = Ácidos húmicos HUM = Huminas

T₀: Estiércol de vacuno,

T₁: Estiércol de vacuno + microorganismos eficientes 5%,

T₂: Estiércol de vacuno + restos de vegetales frescos,

T₃: Estiércol de vacuno + microorganismos eficientes 5% + restos vegetales frescos

a. Ácidos fúlvicos

Los resultados se muestran en el Cuadro 27, donde también se presentan los promedios obtenidos para el análisis de varianza y la prueba de significación de Duncan.

Para la concentración de ácidos fúlvicos en el humus de lombriz no existe significación estadística para repeticiones; sin embargo, existe alta significación estadística para tratamientos; el coeficiente de variabilidad es 1.54

% y la desviación estándar es 0.044. Los resultados obtenidos nos indica que hay homogeneidad entre repeticiones.

Cuadro 27. Análisis de varianza para el porcentaje de concentración de ácidos fúlvicos en el humus de lombriz.

Fuente de variabilidad	GL.	SC.	CM.	FC.	F. Tab.	
					0.05	0.01
Repeticiones	2.00	0.022	0.0110	1.86 ^{ns}	5.14	10.90
Tratamiento	3.00	0.316	0.1052	18.04 ^{**}	4.76	9.78
Error	6.00	0.035	0.0058			
Total	11.00	0.372				
CV = 1.54 %		Sx = 0.04				

En el Cuadro 28 se presenta la prueba de Duncan con sus respectivos promedios para la concentración porcentual de ácidos fúlvicos en el humus, observándose que existe alta significación estadística entre tratamientos, por lo que la mayor concentración porcentual de este componente corresponde al tratamiento T₃ (EV + EM 5 % + RVF) con 5.2 %, seguido del tratamiento T₁ (EV + EM 5 %); mientras que los tratamientos T₂ y T₀ son estadísticamente inferiores a los demás tratamientos. Los resultados obtenidos nos indica que cuando se adiciona restos vegetales frescos y microorganismos eficaces al 5 % al estiércol de bovino para ser usado como sustrato para la lombriz, influye en la concentración de ácidos fúlvicos en el humus, por lo que el humus con mayor concentración de estos ácidos será de mejor calidad, debido a que estos componentes químicamente son más reactivos y por su pequeño tamaño de sus moléculas, entran rápidamente a las raíces, tallos y hojas de las plantas. Según RON (2004) esto se debe a su alta capacidad de intercambio catiónico ya que los ácidos fúlvicos contienen oxígeno dos veces más que los ácidos húmicos y más grupos carboxílicos (-COOH) e hidroxilos (-COH), generando un compuesto

químicamente más reactivo con doble capacidad de intercambio catiónico, coincidiendo con DUCHAUFOUR (1982) quien indica que según estudios realizados en la acción directa de las sustancias húmicas sobre el metabolismo y crecimiento de las plantas se han centrado principalmente en los ácidos fúlvicos, fracción humificada considerada de menor peso molecular y de mayor solubilidad y movilidad en el suelo.

Cuadro 28. Prueba de Duncan para la concentración porcentual de ácidos fúlvicos.

O.M.	Tratamiento	Promedio	Nivel de Sig. Duncan	
			0.05	0.01
1°	EV+RVF+EM5 %	5.20	a	a
2°	EV+EM5 %	5.00	ab	ab
3°	EV+RVF	4.81	b	bc
4°	EV	4.80	b	bc

Respecto a los resultados sobre la fracción química de los ácidos fúlvicos se muestran en la Figura 21.

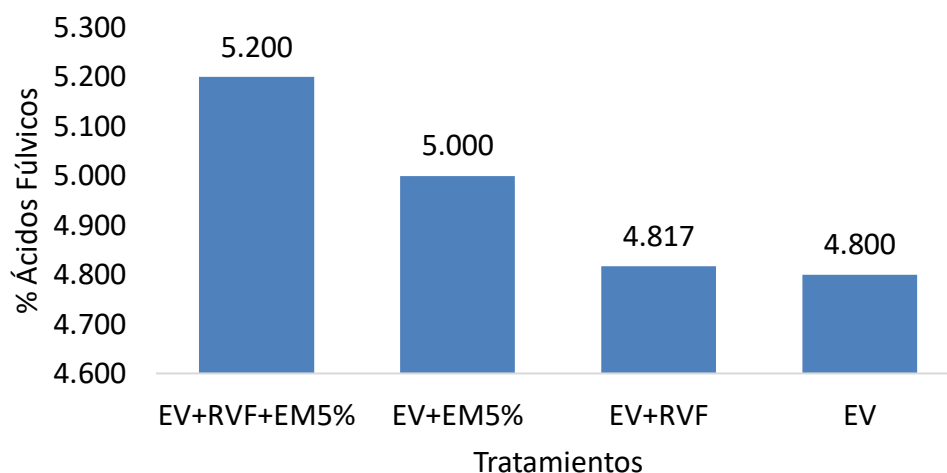


Figura 21. Porcentaje de ácidos fúlvicos.

En la Figura 21 se observa que la mayor concentración de ácidos fúlvicos pertenece al tratamiento T₃ (EV + EM 5% + RVF) con 5.2 %, superando a

los demás tratamientos; mientras que T₀ (EV) ocupó el último lugar con 4.8 %. Esto indica que cuando existe mayor concentración de ácidos fúlvicos en la materia orgánica, existirá mayor poder estimulante en la raíz de las plantas, evitará la saturación de agua por su baja retención y los suelos tendrán alta capacidad de intercambio catiónico. Según STEVENSON y COLE (1999), el ácido fúlvico está compuesto por ácidos carboxílicos y fenólicos que le confieren características tanto de mayor reactividad como de mayor solubilidad y movilidad por su menor peso molecular.

b. Determinación de los ácidos húmicos

Los resultados se indican en el Cuadro 29, donde se tienen los promedios y, a continuación, se incluye el análisis de varianza y la prueba de significación de Duncan.

Referente a la concentración de los ácidos húmicos presentes en humus de lombriz, nos indica que no existe significación estadística para repeticiones y tratamientos. El coeficiente de variabilidad es 2.48 % y la desviación estándar es 0.11.

Cuadro 29. Análisis de varianza para determinar la concentración de ácidos húmicos.

Fuente de variabilidad	GL.	SC.	CM.	FC.	F. Tab.	
					0.05	0.01
Repeticiones	2.0	0.076	0.038	0.99 ^{ns}	5.14	10.90
Tratamiento	3.0	0.592	0.197	5.10*	4.76	9.78
Error	6.0	0.232	0.039			
Total	11.0	0.901				
CV = 2.48%		Sx = 0.11				

En el Cuadro 30 se presenta la prueba de Duncan con sus respectivos promedios sobre la concentración porcentual de ácidos húmicos en el humus, observándose que existe significación estadística entre tratamientos.

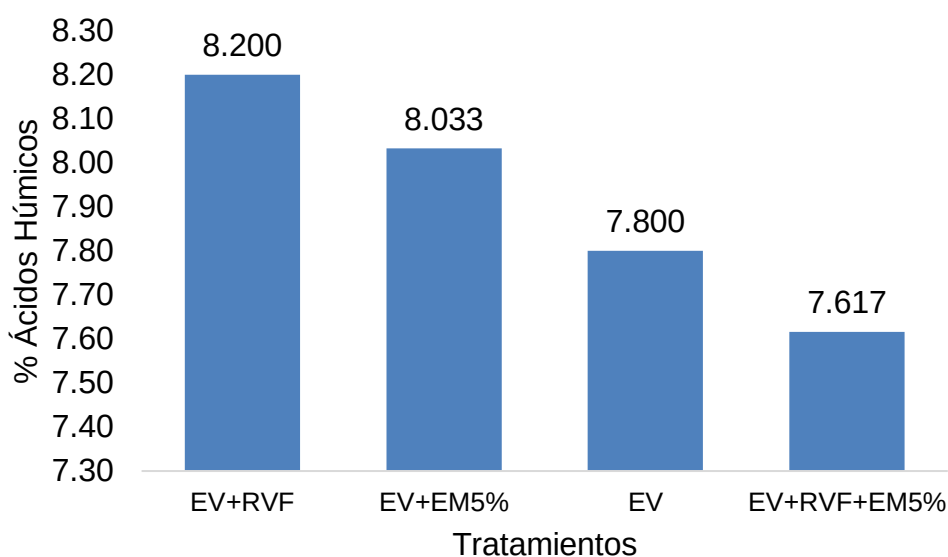
Cuadro 30. Prueba de significación de Duncan de ácidos húmicos.

O.M.	Tratamiento	Promedio	Nivel de Sig. Duncan	
			0.05	0.01
1°	EV+RVF	8.200	a	a
2°	EV+EM5%	8.033	ab	ab
3°	EV	7.800	b	bc
4°	EV+RVF+EM5%	7.617	b	bc

Los resultados nos indican que la mayor concentración porcentual de ácidos húmicos se obtuvo con el tratamiento T₂ (EV + RVF) con 8.2 %, seguido del tratamiento T₁ (EV + EM5 %) con 5.0 %; mientras que los tratamientos T₃ y T₀ son estadísticamente inferiores a los demás tratamientos con 7.6 y 7.8 % respectivamente. Los resultados obtenidos nos dan conocer qué la concentración de ácidos húmicos en el humus va depender del tipo de alimento que se suministre a las lombrices, es por ello que al adicionar restos vegetales frescos se logró a tener una mayor concentración de ácidos húmicos, sin embargo, si adicionamos microorganismos eficaces al 5 % podemos obtener una concentración menor; lo que indica cuando el humus tiene mayor concentración de ácidos húmicos, ayudará a mejorar la estructura del suelo y por ende aumenta la fertilidad, estando de acuerdo con los reportes por DUCHAUFOR (1982).) donde menciona que los ácidos húmicos y ácidos fulvicos son bastante reactivos y esa mayor reactividad es debida principalmente a la presencia de grupos funcionales que contiene oxígeno, tales como grupos carboxilos e hidroxilos fenólicos que son responsables por su acidez. Esto es corroborado por CHRISTI *et al.* (2000) quienes sostienen que los ácidos húmicos son macromoléculas polielectrolíticas que desempeñan un papel importante en el ciclo global del carbono y nitrógeno y en la regulación de la movilidad de nutrientes y contaminantes ambientales.

En la Figura 22 se muestran los resultados de la concentración de ácidos húmicos en el humus de lombriz, donde se reporta que el mayor porcentaje

lo obtuvo el tratamiento T₂ (EV + RVF) con 8.2 %, superando significativamente al tratamiento T₃ (EV + EM 5 % + RVF) que obtuvo 7.6 % ocupando el último lugar, esto indica que las cantidades adecuadas de ácidos húmicos en los suelos son de mayor importancia en la fertilidad debido a su mayor contenido de carbono; sin embargo al compararlos con los reportes de www.humussell.com (2007) donde afirma que en la composición del humus la concentración de ácidos húmicos es de 1.5 a 3 %, muy por debajo de lo obtenido en este experimento.



EV: Estiércol de vacuno,

EV+ME: Estiércol de vacuno + microorganismos eficientes 5%,

EV+RVF: Estiércol de vacuno + restos de vegetales frescos,

EV+ME+RVF: Estiércol de vacuno + microorganismos eficientes 5% + restos vegetales fresco

Figura 22. Porcentaje de ácidos húmicos.

c. Determinación de la fracción de la humina (FH)

Los resultados obtenidos para determinar la fracción de la humina en el humus de lombriz se indica en el Cuadro 31, donde se presentan los promedios obtenidos y además el análisis de varianza y la prueba de significación de Duncan.

Aquí se indica que para concentración de la fracción humina (FH) en el humus de lombriz, no existe significación estadística para las repeticiones,

pero si existe significación estadística para tratamientos. El coeficiente de variabilidad es 0.11 % y la desviación estándar es 0.06.

Cuadro 31. Análisis de varianza para la fracción humina (FH).

Fuente de variabilidad	GL.	SC.	CM.	FC.	F. Tab.	
					0.05	0.01
Repeticiones	2.0	0.015	0.008	0.77 ^{ns}	5.14	10.90
Tratamiento	3.0	0.249	0.083	8.54*	4.76	9.78
Error	6.0	0.058	0.010			
Total	11.0	0.323				
CV = 0.11%		Sx = 0.06				

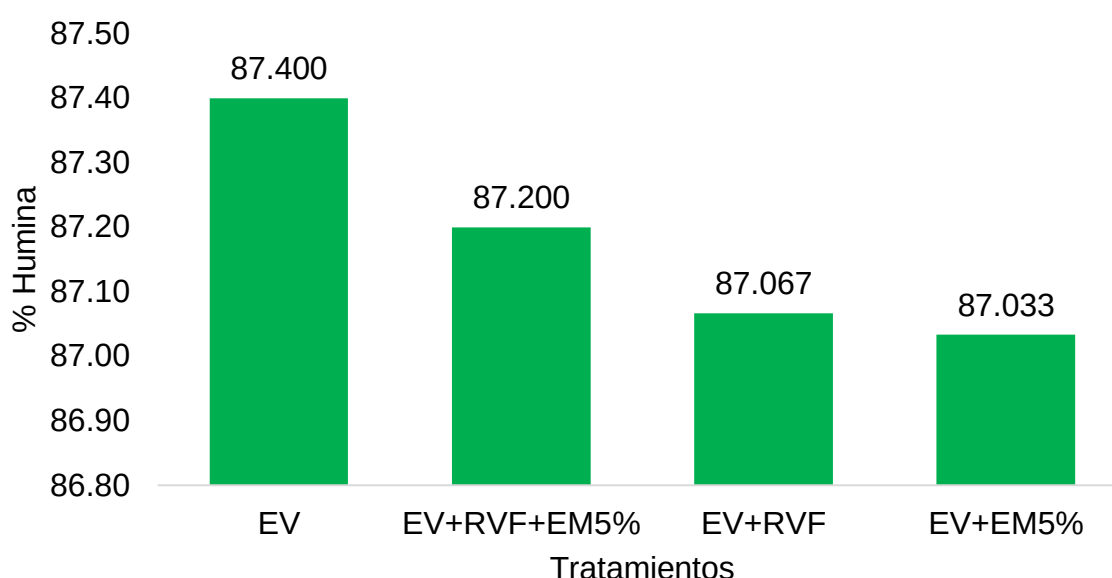
En el Cuadro 32 se presenta la prueba de Duncan con sus respectivos promedios para la concentración porcentual de humina en el humus de lombriz, apreciándose que existe significación estadística entre tratamientos.

Cuadro 32. Prueba de significación de Duncan para la fracción humina.

O.M.	Tratamiento	Promedio	Nivel de Sig. Duncan	
			0.05	0.01
1°	EV	87.40	a	a
2°	EV+RVF+EM5 %	87.20	a	ab
3°	EV+RVF	87.07	a	bc
4°	EV+EM5 %	87.03	a	bc

Los resultados (Figura 23) nos indican que la mayor concentración porcentual de humina se obtuvo con el tratamiento T₀ (EV) con 87.40 %, seguido del tratamiento T₃ (EV + EM 5 %+ RVF) con 87.2 %, mientras que los tratamientos T₁ y

T₂ son estadísticamente inferiores a los demás tratamientos, ambos con 87 %, respectivamente. Esto nos indica que, cuando mayor sea el contenido porcentual de humina, presentará mayor resistencia en descomponerse, dado que hace más lento a la mineralización coincidiendo con PETTIT (2012), quien afirma que las huminas presentes en el suelo son más resistentes a la descomposición de todas las sustancias húmicas.



EV: Estiércol de vacuno,
 EV+ME: Estiércol de vacuno + microorganismos eficientes 5%,
 EV+RVF: Estiércol de vacuno + restos de vegetales frescos,
 EV+ME+RVF: Estiércol de vacuno + microorganismos eficientes 5% + restos vegetales frescos

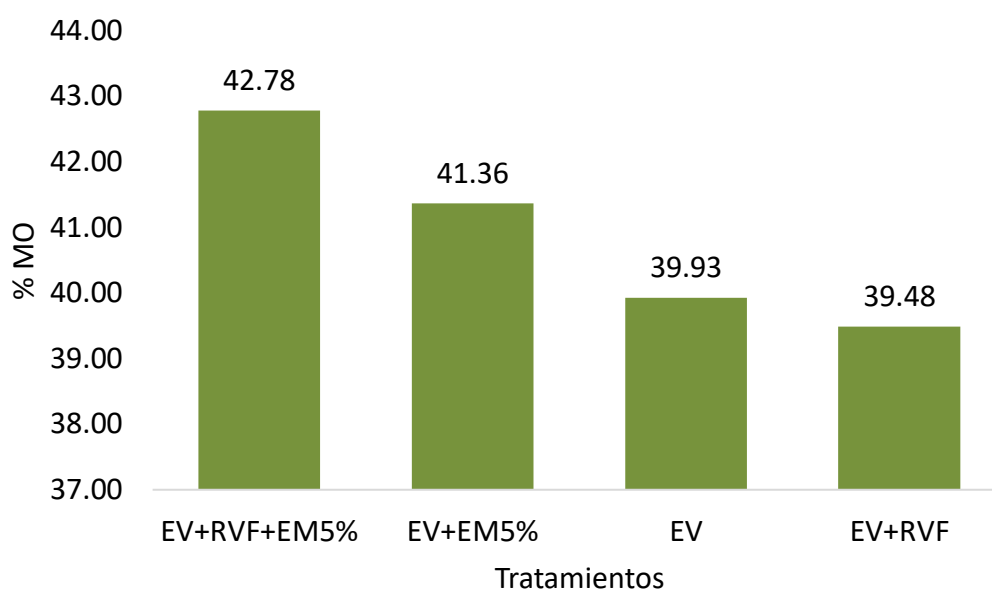
Figura 23. Porcentaje de la fracción humina.

La resistencia a la degradación microbiana de materiales húmicos también parece ser en gran parte debido a la formación de complejos metálicos y/o arcilla-orgánicas estables (SCHNITZER *et al.*, 1991). De igual manera, la estructura química y propiedades de la fracción humina parecen ser similares a aquellas de los ácidos húmicos (STEVENSON, 1982). Esto puede deberse al tipo de alimento que se suministra a las lombrices ya que algunos sustratos alimenticios son muy resistentes a la descomposición por los microorganismos, en este caso por los

microorganismos eficientes al 5 % utilizados en la alimentación de estos invertebrados.

d. Cuantificación de materia orgánica en las sustancias húmicas

En la Figura 24, se tienen los resultados de la concentración de materia orgánica en las sustancias húmicas, donde se aprecia que el mayor porcentaje de materia orgánica encontrada en las sustancias húmicas corresponden al tratamiento T₃ (EV + EM 5 % + RVF) con 42.78 %, superando a los demás tratamientos que obtuvieron porcentajes menores y el tratamiento T₂ (EV + RVF) que obtuvo el último lugar con 39.48 %.



EV: Estiércol de vacuno,
 EV+ME: Estiércol de vacuno + microorganismos eficientes 5%,
 EV+RVF: Estiércol de vacuno + restos de vegetales frescos,
 EV+ME+RVF: Estiércol de vacuno + microorganismos eficientes 5% + restos vegetales frescos

Figura 24. Porcentaje de materia orgánica total.

Si comparamos estos resultados con el reporte de humussell.com. (2007), son muy superiores en contenido porcentual de materia orgánica, por lo que podemos sostener que es un producto de buena calidad. Resultados similares obtuvo SANCHEZ (2003) con 28% de materia orgánica; sin embargo, comparado con los reportes de COMPAGNONI y PUTZOLU (1995), son mucho más

superiores. La superioridad del tratamiento T₃ (EV + RVF + EM) se debe al suministro de los microorganismos eficaces al 5 %, después de adicionar los restos vegetales frescos al estiércol de bovino, por lo que al adicionar estos compuestos se obtendría mayor concentración de materia orgánica.

e. Análisis económico de la producción de humus de lombriz roja californiana

El humus es un nutriente orgánico y hace que la planta tenga todas las condiciones adecuadas para su desarrollo. Sin embargo, no reemplaza a los productos químicos, sino que baja la frecuencia de compra de los productos químicos en gran escala. Hoy en día la necesidad de satisfacer el hambre se incrementa más, y también la necesidad de salvaguardar la salud del hombre es indispensable y del medio ambiente; es por esta razón que es necesario practicar una agricultura orgánica ya que provee los beneficios más valiosos cuando se le conecta a los mercados demandantes. Por lo tanto, al hablar de agricultura orgánica no es solo considerar los productos reconocidos y certificados sino también reconocer el rol que una agricultura sostenible puede complementar la función de la agricultura comercial para alcanzar la seguridad alimentaria. El humus es un nutriente regulador de la tierra, con el uso del humus se puede reducir en gran escala el uso de los fertilizantes sintéticos.

V. CONCLUSIONES

1. La adición de restos vegetales frescos (RVF) en estiércol de vacuno (EV) produjo un efecto significativo en la reproducción y aumento poblacional de las lombrices superando a los demás tratamientos, tanto en la producción de cocones como en la población de juveniles y adultos.
2. Respecto al incremento del peso de las lombrices, el tratamiento T₁ (EV + EM5%) obtuvo un efecto significativo. Con relación al tamaño de las lombrices, el tratamiento T₂ (EV + RVF) obtuvo un efecto significativo mayor, superando a los demás tratamientos.
3. Se logró obtener un efecto significativo en la calidad del humus de lombriz roja californiana con el tratamiento T₃ (EV + EM5 % + RVF), superando a los demás tratamientos en N, P, K, pH, T°, MO y C/N.
4. Para el contenido de micronutrientes presentes en el té de humus, se obtuvo el mejor resultado con el tratamiento T₂ (EV + RVF) superando a los demás tratamientos.
5. Se logró determinar la fracción química de las sustancias húmicas en el humus de lombriz agrupadas en ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) y huminas (H), donde la mayor concentración de ácidos fúlvicos se obtuvo en el tratamiento T₃ (EV + RVF + EM5 %), mayor concentración de ácidos húmicos en el tratamiento T₂ (EV + RVF) y el mayor contenido de humina se obtuvo en el tratamiento T₀ (EV), lográndose producir humus de buena calidad con las características deseadas para mejorar los suelos y hacerlos más fértiles para la agricultura.

VI. RECOMENDACIONES

1. En los posteriores trabajos de investigación realizarlo con diferentes tipos de estiércol de animales domésticos, más la adición de los restos vegetales como restos de zapallo, sandía, y tomate.
2. Para los posteriores trabajos de investigación en la producción de humus recomienda realizarlo en contenedores que permita recuperar el líquido del humus para evitar la pérdida por lixiviación.
3. Para lograr obtener un humus de alta calidad es recomendable, adicionar como alimento restos vegetales como tomate, sandía y zapallo más la adición de microorganismos eficientes.
4. Implementar técnicamente en las diversas comunidades la crianza de la lombriz roja californiana para que los agricultores aprovechen el material disponible en sus predios, ya que disminuirá los costos de producción de humus y facilitara su uso para mejorar la fertilidad de sus campos agrícolas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÜERO, R.; ROJAS, S. y PÉREZ, L. 2002. Poblaciones de lombrices bajo seis estrategias de manejo de malezas en una plantación de banano. *Agronomía Mesoamericana*, vol. 13, núm. 1. Costa Rica. Pp. 25-29.
- BARBADO, J. 2004. Cría de lombrices. Editorial Albatros SACI. Buenos Aires, Argentina. 124 p.
- BENZING, A., 2001. Agricultura orgánica. Fundamentos para la Región Andina. Alemania. p 574.
- BOLLO, E. 2001. Lombricultura: una alternativa de reciclaje. Quito, EC, Oboc Grafic. 150 p.
- BOLLO, E. 2005. Humus de lombriz y su aplicación. (en línea). Chile, Ofertasagrícolas. Consultado 20 set. 2018. Disponible en <http://www.ofertasagricolas.cl/articulos/articulo/161>
- BRAVO, P.F.F. 2009. Estudio de tres niveles de humus de lombriz en la producción de tomate (*Lycopersicum sculentum*, Mill) var. Rio Grande en Sanibeni – Mazamari - Perú (en línea) disponible en <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1895> consultado el 20 de mayo del 2020.
- BUXADE, C. 2001. Manual de lombricultura. Mundi Prensa. México. p. 39.
- CANO, C.; GOFF, N. 2006. Efecto del EM sobre la capacidad reproductiva, el peso y longitud de la lombriz *Eisenia foetida*; y en la calidad del lombricompost generado. Proyecto de Graduación Lic. Ing. Agrónomo. Guácimo, CR, Universidad EARTH. 40 p.
- CAJAS, S.F. 2009. Efecto de la utilización de aserrín en combinación con estiércol bovino como sustrato en la producción de humus de lombriz *Eisenia foetida*. Tesis de Ing. Agrónomo. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. p. 73.
- CARRILLO, M.V.B. 2013. Evaluación de la calidad de humus de lombriz a partir de sustratos orgánicos procedentes de baños ecológicos y estiércol animal en el altiplano norte de La Paz. Tesis de Ing. Agrónomo, Universidad Mayor de San Andrés (UMSA). La Paz, Bolivia. p. 11.

- CHRISTI, I., KNICKER, H., KÖGEL-KNABNER, I., KRETZSCHMAR, R. 2000. Chemical heterogeneity of humic substances: Characterization of size fractions obtained by hollow-fibre ultrafiltration. *European journal of soil science*, 51 (4): 617-25.
- COMPAGNONI, L.; PUTZOLU, G. 1995. Cría moderna de las lombrices y utilización rentable del humus. ES, Edit. De Vecchi. Barcelona, España. 127 p.
- COMPORENSE, S.L. 2003. Humus para las plantas. Celanova Ourense España comporense@humusina.com Pág. 27.
- DEFFIS, A. 1992. La basura es la solución. México. Edit. Concepto. p. 278.
- DÍAZ, E. 2002. Lombricultura: Una alternativa de producción. ADEX Agencia de Desarrollo Económico y Comercio Exterior. Municipio capital de la Rioja (en línea) Disponible en: <http://www.scribd.com/doc/4031482/Adex-Guia-de-Lombricultura>, consultado 15 de diciembre del 2019.
- DIVER, S. 2001. Nature Farming and Effective Microorganisms, Rhizosphere II: Publications, Resource Lists and Web Links from Steve Diver, 2001.
- DUCHAUFOR, P. 1982. Pedology: pedogenesis and classification. London: George Allen y Unwin, 187 p.
- EM TRADING. 2000. Effective Microorganisms (EM) from Sustainable Community Development, Effective Microorganisms @ emtrading.com, 2000.
- FAJARDO, V. 2002. Manual agropecuario. 1ra ed. Bogotá, Colombia. Editorial Limerín. pp. 481-502.
- FAN, Y.V.; LEE, C.T.; SIONG, C. 2017. Evaluation of Microbial Inoculation Technology for Composting. 56(2016): 433-438.
- FERRUZZI, C. 1994. Manual de lombricultura. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 138 p.
- GONZALES, A.E.A. 2006. Fundamentos para el cultivo de lombriz roja californiana. Curso virtual disponible en: <http://graeco.iespana.es/biblioteca/FUNDAMENTOS%20PARA%20EL%20CULTIVO%20DE%20LOMBRIZ%20ROJA%20CALIFORNIANA.pdf>. consultado 22 de dic. de 2017.
- HIGA, T.; PARR, J.F. 1989. Microorganismos benéficos y efectivos para una agricultura t medio ambiente sostenible. 1989: 1-14pp

HOLDRIDGE, L.R. 1987. Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura (IICA). San José de Costa Rica. p. 94.

[\(http://www.humussell.com\)](http://www.humussell.com).(2007). Diferentes sustratos para lombrices.

<http://www.enlaceambiental.org/phocadownload/userupload/6d4a5d826b>.

Consultado 22 dic. 2017.

INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias). 2006. Maíz forrajero de alto rendimiento y calidad nutricional. Libro Técnico. Ed. INIFAP. Torreón, Coah., México.

HERRERA, J.A.; MISCHIS, C. 1994. Influence of feeding in the biological cycle of *Eisenia foetida* Savigny (Annelida, oligochaeta, lumbricidae) 5(11): pp117-124.

HUERTA, E.; VALIER, O.; ROMERO, D. y JARQUIN, A. 2010. Efecto de tres especies de lombrices en la fertilidad del suelo y el crecimiento inicial del maíz (*Zea mays*). Acta Zoológica Mexicana (nueva serie), núm. 2. México. Pp. 219-226.

LOZA, M.M.; CHOQUE, M.B.; PILLCO, T.H.; HUAYTA, T.D.; CHAMBI, O.I. Y CUTILI, P.B. 2010. Comportamiento de lombriz roja californiana y lombriz silvestre en bosta bovina y rumia bovina como sustrato. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, vol. 1, núm. 4. México. Pp. 555-565.

MARTÍNEZ, C.C. 1996. Potencial de la lombricultura: elementos básicos para su desarrollo. Lombricultura técnica mexicana. 1ª edición. México. pp. 27-34.

MARTÍNEZ, C.C.; DEL ROCÍO, R.L.M.; CORLAY, C.L.; TRINIDAD, S.A. y RAMÍREZ, S.LF. 1999. Simposium Internacional y Primera Reunión Nacional: Lombricultura y Abonos Orgánicos. Copyright. México. PP: 199.

MÉNDEZ, E.V.H. y MONGE, N.J. 2003. Costa Rica: Historia Natural. Universidad Estatal a Distancia. 1ª. Edición. San José, Costa Rica. Pp. 202.

MENDOZA, G.L. 2008. Manual de lombricultura (en línea). Tuxtla Gutiérrez, Mx. Cecytech. (En línea) Disponible en: <http://www.enlaceambiental.org/phocadownload/userupload/6d4a5d826b>. Consultado 22 dic. 2017.

MOA (Fundación Mokichi Okada, BR). 1998. Microorganismos eficaces (EM) y EM Bokashi en la agricultura natural. Centro de Pesquisa. Sao Paulo, Brasil. 23 p.

- OLIVARES, C.M.A.; HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, A.; VENCES-CONTRERAS, C.; JÁQUEZ- BALDERRAMA, J.L.; OJEDA-BARRIOS, D. 2012 Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores de suelo. Universidad y Ciencia [revista en la Internet]. 2012 Abr [citado 2017 Dic 31]; 28(1): 27-37. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018629792012000100003&lng=es
- PADILLA, A.F. y CUESTA, L.A.E. 2003. Zoología aplicada. Ed. Díaz de Santos, S.A. España. Pp. 462.
- PATI, A. 2002. Determinación de la calidad de humus de lombriz (*Eisenia foetida*), Elaborado a partir de residuos sólidos urbanos. Lic. Ingeniería Agronómica. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 135 p.
- PINEDA, J.A. 2006. Lombricultura. Instituto Hondureño del café. [Internet] [citado 2017 Dic 31]; pdf1-28 disponible en: <http://www.fopriderh.org/cms/librosvirtuales/1175041790>.
- PETTIT, RE. 2012. Organic matter, humus, humate, humic acid, fulvic acid and humin: their importance in soil fertility and plant health. College Station, Texas, Unites States: Texas A & M University.
- QUINTERO, R.R. 2004. La lombricultura como una alternativa para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos. Instituto politécnico nacional [Internet] [citado 2017 dic.31]: 12-17. Disponible en: http://biblioteca.Universia.net/html_bura/ficha/params/id48356721.html.
- RODRÍGUEZ, G. 2005. Transformación del CaCO₃ insoluble presente en la cáscara de huevo a calcio soluble al pasar por el sistema digestivo de la lombriz *Eisenia foetida*. Proyecto de graduación Lic. Ing. Agr. Guácimo, CR, Universidad EARTH. 31 p.
- REINES, A.M.; RODRÍGUEZ, A.C.; SIERRA, P.A. y VÁZQUEZ, G.M.M. 1998. Lombrices de tierra con valor comercial: Biología y técnicas de cultivo. Universidad de Quintana Roo. México. Pp. 47.
- RESTREPO, J. 2001. Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares. 2001: 155.

- RODRÍGUEZ, T.H.; BARRETO, A.G; BERTOT V.A.; VÁZQUEZ, M.R. 2013. Los microorganismos eficientes como promotores del crecimiento en los cerdos hasta el destete. REDVET, Revista Electrónica de Veterinaria [en línea] 2013, 14 (Septiembre) : [Fecha de consulta: 31 de diciembre de 2017] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63632376004>> ISSN.
- ROMERO, S.; FERRERA, R. 2002. Dinámica poblacional de *Eisenia andrei* (Bouché 1972) en diferentes residuos orgánicos. (en línea). Chapingo, MX, Universidad Autónoma de Chapingo. Consultado 15 diciembre 2019. Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/573/57320309.pdf>
- RON, AP. 2004. Ácidos húmicos y fúlvicos de origen orgánico en el crecimiento de plántula de tomate (*Lycopersicon esculentum* mill.) en invernadero [Tesis]. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- SANCHEZ, C. 2003. Abonos orgánicos y lombricultura. Lima, Perú, edición RIPALME. pp 77-134.
- SCHNITZER, M.; Kodama, H.; Ripmeester, J.A. 1991. Determination of the aromaticity of humic substances by X-ray diffraction analysis. Soil Science Society American Journal, Madison, v.55, p.745-750.
- SCHULDT, M. 2004. Lombricultura fácil. La Plata, AR. 151 p.
- SCHULDT, M. 2001. Lombricultura: su teoría y práctica en el ámbito agropecuario, industrial y doméstico. Impreylyf. La Plata, Argentina. 135 p.
- STEVENSON, F.J. 1982. Hymus chemistry. New York, John Willey & Sons, 1982. 443p.
- SOSA, O. 2005. Los estiércoles y su uso como enmiendas orgánicas, Revista Agro Mensajes (16). Universidad Nacional del Rosario. Argentina.
- TORRES. 2000. La agricultura Orgánica: Bases Conceptuales y Marco de referencia en el Desarrollo Económico Actual. In: Agricultura orgánica.
- SWIFT, R.S. 1996. Organic matter characterization. In Methods of soil analysis: Part 3 chemical methods, SSSA book series 5, ed. D.L. Sparks, 1011– 1069. Madison: Soil Science Society of America.

- TINEO, A. 1994. Crianza y manejo de lombrices de tierra con fines agrícolas. Tesis Mag, Sc. Turrialba. CATIE. Costa Rica. 33 p.
- VELASCO, J.; AGUIRRE, G.; ORTUÑO, N. 2016. Humus líquido y microorganismos para favorecer la producción de lechuga (*Lactuca sativa* var. Crespa) en cultivo de hidroponía. J. Selva Andina Biosph. [Internet].2016 [citado 2017 Dic 31]; 4(2): 71-83. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592016000200004&lng=es
- VENTER, J.; REINECKE, A. 1988. The life-cycle of the compost worm *Eisenia foetida* (Oligochaeta). South African Journal of Zoology 23(3): pp161-165.
- WALKLEY, A. y BLACK, A.I. An examination of the method for determination soil organic matter, and a proposed codification of the cromatic acid titration method. Soil Science, 37: 29-38, 1934.

VIII. ANEXO

Cuadro 33. Número de cocones por tratamientos en 100 gramos de sustrato.

Tratamientos	Sustrato	Repeticiones			Suma Tratam.	Promedio/ Tratamiento
		I	II	III		
	E.V. + EM	9.00	7.00	8.00	24.00	8.00
T ₂	E.V. + RVF	15.00	14.00	17.00	46.00	15.30
T ₃	E.V. + EM + RVF	14.00	14.00	13.00	41.00	13.70
T ₀	E.V.	15.00	12.00	13.00	40.00	13.30
Total bloques		53.00	47.00	51.00	151.00	50.30
Promedio bloques		13.25	11.75	12.75	37.75	12.58

Cuadro 34. Población de lombrices adultas en 100 g de sustrato.

Tratamientos	Sustrato	Repeticiones			Suma Tratam.	Promedio / Tratamiento
		I	II	III		
T ₁	E.V. + EM	12.00	10.00	9.00	31.00	10.33
T ₂	E.V. + RVF	18.00	23.00	20.00	61.00	20.33
T ₃	E.V. + EM + RVF	10.00	13.00	10.00	33.00	11.00
T ₀	E.V.	10.00	8.00	9.00	27.00	9.00
Total bloques		50.00	54.00	48.00	152.00	50.67
Promedio bloques		12.50	13.50	12.00	38.00	12.67

Cuadro 35. Población de lombrices juveniles en 100 g de sustrato.

Tratamientos	Sustrato	Repeticiones			Suma Tratam.	Promedio/ Tratamiento
		I	II	III		
T ₁	E.V. + EM	47.00	53.00	45.00	145.00	48.33
T ₂	E.V. + RVF	70.00	66.00	77.00	213.00	71.00
T ₃	E.V. + EM + RVF	20.00	25.00	30.00	75.00	25.00
T ₀	E.V.	15.00	13.00	20.00	48.00	16.00
Total bloques		152.00	157.00	172.00	481.00	160.33
Promedio bloques		38.00	39.25	43.00	120.25	40.08

Cuadro 36. Peso de la lombriz en gramos de 50 lombrices adultas.

Tratamientos	Sustrato	Repeticiones			Suma Tratam.	Promedio / Tratamiento
		I	II	III		
T ₁	E.V. + EM	24.00	26.00	25.00	75.00	25.00
T ₂	E.V.+ RVF	23.00	26.00	24.00	73.00	24.33
T ₃	E.V. + EM + RVF	24.00	25.00	25.00	74.00	24.67
T ₀	E.V.	23.00	23.00	22.00	68.00	22.67
Total bloques		94.00	100.00	96.00	290.00	96.67
Promedio bloques		23.50	25.00	24.00	72.50	24.17

Cuadro 37. Promedio de tamaño de la lombriz.

Tratamientos	Sustrato	Repeticiones			Suma Tratam.	Promedio /Tratamiento
		I	II	III		
T ₁	E.V. + EM	5.20	6.00	5.33	16.53	5.51
T ₂	E.V. + RVF	5.63	7.00	6.67	19.30	6.43
T ₃	E.V. + EM + RVF	5.57	5.20	5.33	16.10	5.37
T ₀	E.V.	5.20	5.00	4.50	14.70	4.90
Total bloques		21.60	23.20	21.83	66.63	22.21
Promedio bloques		5.40	5.80	5.46	16.66	5.55

Cuadro 38. Nivel de pH del humus de lombriz.

Tratamientos	Sustrato	Repeticiones			Suma Tratam.	Promedio/ Tratamiento
		I	II	III		
T ₁	E.V. + EM	6.96	6.78	6.67	20.41	6.80
T ₂	E.V. + RVF	6.93	6.94	6.95	20.83	6.94
T ₃	E.V. + EM + RVF	6.76	6.80	6.70	20.26	6.75
T ₀	E.V.	6.97	6.99	7.00	20.96	6.99
Total bloques		27.62	27.51	27.32	82.45	27.48
Promedio bloques		6.90	6.88	6.829	20.61	6.87

Cuadro 39. Contenido de nitrógeno.

Tratamientos	Sustrato	Repeticiones			Suma Tratam.	Promedio/ Tratamiento
		I	II	III		
T ₁	E.V. + EM	1.56	1.72	1.64	4.92	1.64
T ₂	E.V. + RVF	1.55	1.65	1.67	4.87	1.62
T ₃	E.V. + EM + RVF	1.73	1.61	1.57	4.91	1.64
T ₀	E.V.	1.54	1.65	1.57	4.76	1.59
Total bloques		6.38	6.63	6.45	19.46	6.49
Promedio bloques		1.60	1.66	1.61	4.87	1.62

Cuadro 40. Contenido de materia orgánica.

Tratamientos	Sustrato	Repeticiones			Suma Tratam.	Promedio/ Tratamiento
		I	II	III		
T ₁	E.V. + EM	41.16	42.14	40.79	124.09	41.36
T ₂	E.V. + RVF	37.40	41.23	39.82	118.45	39.48
T ₃	E.V. + EM + RVF	42.90	43.12	42.32	128.34	42.78
T ₀	E.V.	39.69	41.23	38.86	119.78	39.93
Total bloques		161.15	167.72	161.79	490.66	163.55
Promedio bloques		40.29	41.93	40.45	122.67	40.89

Cuadro 41. Contenido de fósforo.

Tratamientos	Sustrato	Repeticiones			Suma Tratam.	Promedio/ Tratamiento
		I	II	III		
T ₁	E.V + EM	0.66	1.04	0.99	2.69	0.90
T ₂	E.V. + RVF	1.05	1.02	1.08	3.15	1.05
T ₃	E.V. + EM + RVF	1.23	1.08	1.16	3.47	1.16
T ₀	E.V.	1.00	1.12	1.13	3.25	1.08
Total bloques		3.94	4.26	4.36	12.56	4.19
Promedio bloques		0.99	1.07	1.09	3.14	1.04

Cuadro 42. Contenido de potasio (k).

Tratamientos	Sustrato	Repeticiones			Suma Tratam.	Promedio/ Tratamiento
		I	II	III		
T ₁	E.V. + EM	1.43	1.32	1.01	3.76	1.25
T ₂	E.V. + RVF	1.26	1.23	1.16	3.65	1.22
T ₃	E.V. + EM + RVF	1.68	1.43	1.21	4.32	1.44
T ₀	E.V.	1.29	1.45	1.16	3.90	1.30
Total bloques		5.66	5.43	4.54	15.63	5.21
Promedio bloques		1.42	1.36	1.14	3.91	1.30

Cuadro 43. Promedio de ácidos fúlvicos.

Tratamientos	Sustrato	Repeticiones			Suma Tratam.	Promedio/ Tratamiento
		I	II	III		
T ₁	E.V. + EM	4.90	5.00	5.10	15.00	5.00
T ₂	E.V. + RVF	4.90	4.75	4.80	14.45	4.82
T ₃	E.V. + EM + RVF	5.10	5.20	5.30	15.60	5.20
T ₀	E.V.	4.75	4.80	4.85	14.40	4.80
Total bloques		19.65	19.75	20.05	59.45	19.82
Promedio bloques		4.91	4.94	5.01	14.86	4.95

Cuadro 44. Promedio de ácidos húmicos.

Tratamientos	Sustrato	Repeticiones			Suma Tratam.	Promedio/ Tratamiento
		I	II	III		
T ₁	E.V. + EM	7.80	8.10	8.20	24.10	8.03
T ₂	E.V. + RVF	8.20	7.90	8.50	24.60	8.20
T ₃	E.V. + EM + RVF	7.70	7.65	7.50	22.85	7.62
T ₀	E.V.	7.70	7.80	7.90	23.40	7.80
Total bloques		31.40	31.45	32.10	94.95	31.65
Promedio bloques		7.85	7.86	8.03	23.74	7.91

Cuadro 45. Contenido de humina.

Tratamientos	Sustrato	Repeticiones			Suma Tratam.	Promedio/ Tratamiento
		I	II	III		
T ₁	E.V. + EM	87.00	87.10	87.00	261.10	87.03
T ₂	E.V.+ RVF	87.00	87.00	87.20	261.20	87.07
T ₃	E.V.+ EM + RVF	87.20	87.30	87.10	261.60	87.20
T ₀	E.V.	87.30	87.40	87.50	262.20	87.40
Total bloques		348.50	348.80	348.80	1046.10	348.70
Promedio bloques		87.13	87.20	87.20	261.53	87.18



Figura 25. a. Pesado del estiércol de bovino, b. Llenado de sustrato en las cajas.



Figura 26. Medición del pH de los sustratos.



Figura 27. a. Restos vegetales frescos, b. Adicionando el EM 5 %.



Figura 28. Tratamientos en proceso de descomposición.



Figura 29. Evaluación de las muestras.



Figura 30. Evaluación de la longitud de las lombrices.



Figura 31. Cosecha del humus de la lombriz a los 6 meses.



Figura 32. Pesando las muestras para preparar el biol del humus.



Figura 33. Gigantografía anunciando la tesis a ejecutar.



Figura 34. Compostera en el cual se llevó a cabo el experimento.



Figura 35. Labores de agitación en agitador horizontal.



Figura 36. Ácido fúlvico + ácido húmico.

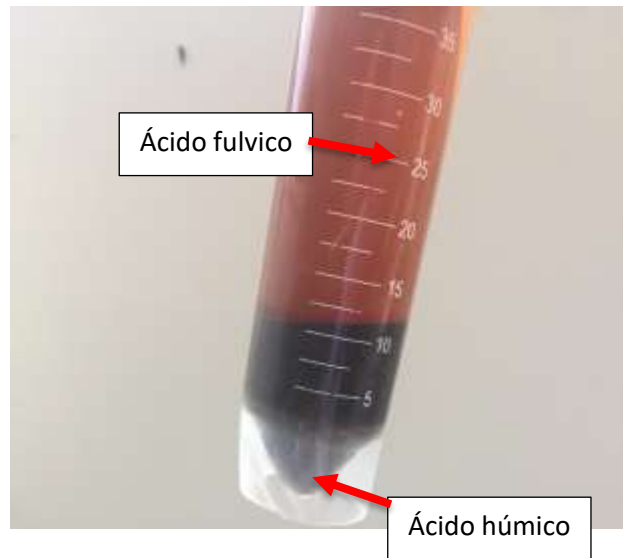
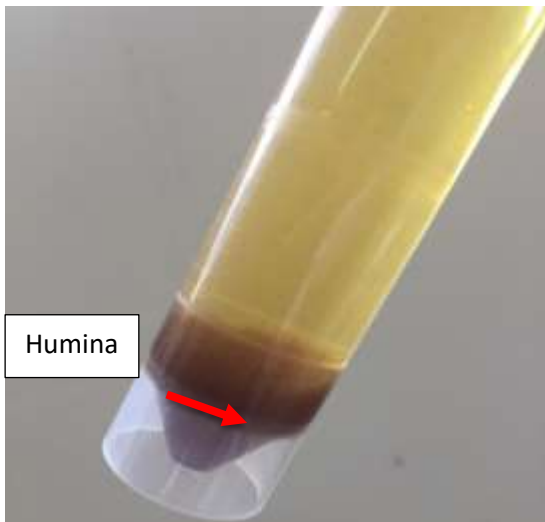


Figura 37. a. Fraccionamiento de la humina, b. Ácido fúlvico + ácido húmico.



Figura 38. Determinación de la materia orgánica en el ácido fúlvico.



Figura 39. Determinación de la materia orgánica en el ácido húmico.

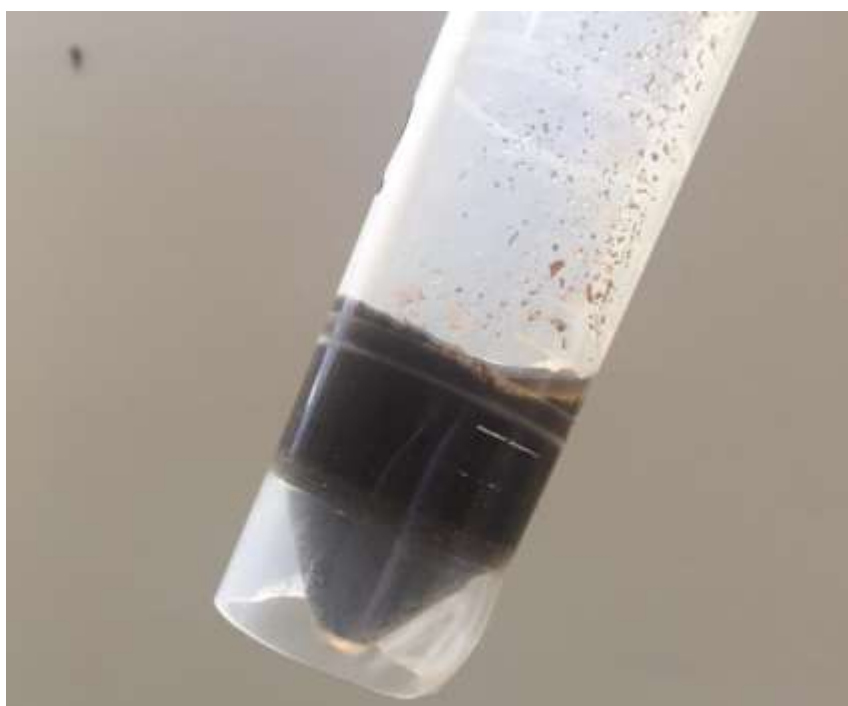


Figura 40. Determinación de la materia orgánica en la humina.



Figura 41. Titulación de la materia orgánica.