

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE EN ESMERALDAS**



ESCUELA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

**TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL**

TEMA:

**EFFECTOS DE LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES AUTÓCTONOS
(MEA) EN LA PRODUCCIÓN DE VERMICOMPOSTAJE**

AUTOR:

LUIS ALBERTO GÁMEZ ZAMORA

ASESORA DE TESIS:

PhD. PATRICIA MOLLEDA

ESMERALDAS, 2016

Trabajo de tesis aprobado luego de haber dado cumplimiento a los requisitos exigidos por el reglamento de Grado de la PUCESE previo a la obtención del título de INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL.

Presidente Tribunal de Graduación

Lector 1

Sonia Mateos Marcos

Lector 2

Pedro Jiménez Prado

Director de la Escuela de Gestión Ambiental

Lucia Margarita Vernaza Quiñónez

Director de Tesis

Patricia Elizabeth Molleda Martínez.

Esmeraldas, de de 2016

AUTORÍA

Yo Luis Alberto Gámez Zamora, declaro que la presente investigación enmarcada en el trabajo de tesis es absolutamente original, auténtica y personal.

En virtud que el contenido de ésta investigación es de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor y de la PUCESE.

Luis Alberto Gámez Zamora
C.I. 080289026-9

AGRADECIMIENTO

Es para mí un placer utilizar este medio para de una manera ser justo y consecuente con las personas que han facilitado el desarrollo de esta investigación, ya que no hubiese sido posible sin la participación de personas importantes que aportaron para que este trabajo llene las expectativas planteadas.

Mi más profundo agradecimiento a Dios quien me ha dado la fortaleza y humildad de poder aceptar las adversidades que se me han presentado en el camino hacia mi formación profesional.

Agradezco a mi mamá, quien con una entrega desmedida pudo darme no solo amor y valores morales, sino también la oportunidad de volverme a levantar en cada uno de los tropiezos que he tenido durante el transcurso de mi vida.

Agradezco a mi papá, quien a pesar de no contar con su presencia física, ha sido a más de mi padre mi mejor amigo y una de las personas que me ha demostrado su confianza infinita, sabiéndome motivar en cada uno de mis tropiezos y apoyándome incondicionalmente.

Otra personas que fueron indispensable en el desarrollo de esta investigación fueron mi asesora de tesis Patricia Molleda y el técnico encargado del Centro de Investigación Maquita, el ing. Carlos Zambrano, los mismos que supieron darme el asesoramiento y recomendaciones necesarias para el riguroso cumplimiento de este proyecto de tesis.

Por último y no menos especial, agradezco a mis abuelos, tíos, primos, sobrinos y demás familiares, además de amigos incondicionales, quienes de cierto modo también me supieron apoyar y comprender en el transcurso de mi cotidianidad.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este logro de forma muy especial e infinita a mi madre Pilar Zamora, a mi padre Moisés Gámez, a mi hermana Tatiana Gámez y a mi hijo Elián Gámez; todos ellos fuentes de inspiración y pilares esenciales en mi vida, con el más profundo sentimiento de gratitud, porque sin ellos no hubiese logrado el reto de alcanzar el objetivo que me propuse, ser un profesional.

Finalmente una dedicatoria muy especial para mi abuela paterna Violeta Donoso, mi abuelo materno Luis Zamora y mi prima hermana Romina Oyarvide; todos ellos ya no se encuentran presentes en este mundo y los extraño demasiado, pero mi memoria los recordará eternamente y mi corazón los amará infinitamente; siempre fueron, son y serán inmensas fuentes de inspiración en todos mis logros alcanzados, como lo ha sido éste.

INDICE

AUTORÍA.....	3
AGRADECIMIENTO.....	4
DEDICATORIA.....	5
LISTA DE FOTOGRAFIAS.....	9
LISTA DE TABLAS.....	11
LISTA DE FIGURAS.....	12
LISTA DE GRAFICOS.....	13
RESUMEN.....	14
ABSTRACT.....	16
1. INTRODUCCIÓN.....	17
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
1.2. MARCO DE REFERENCIA.....	21
1.2.1. Descripción del Bosque Húmedo “Jauneche”.....	21
1.2.2. Bases Teóricas Científicas.....	22
1.2.2.1. Microorganismos Eficientes (ME).....	22
1.2.2.2. Inoculante Microbiano.....	23
1.2.2.3. Abono Orgánico implementado en la agricultura orgánica.....	24
1.2.2.4. El compost.....	25
1.2.2.5. Vermicompostaje.....	28
1.2.2.6. Humus de lombriz.....	32
1.2.2.7. Ácidos Húmicos y Fúlvicos.....	35
1.2.2.8. Macronutrientes Micronutrientes.....	38
1.2.2.9. Materia orgánica (MO).....	40
1.2.2.10. Carbono Orgánico (CO) y relación Carbono / Nitrógeno (C / N).....	41
1.2.2.11. Parámetros de control.....	41
1.3. OBJETIVOS.....	43
• Objetivo General.....	43
• Objetivos Específicos.....	43
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	44
2.1. Localización e instalaciones.....	44
2.1.1. Selección del sitio de vermicompost.....	45
2.2. Procedimientos previos a los tratamientos.....	45
2.2.1. Elaboración y etiquetado de cajones.....	45

2.2.2.	Obtención de Vermicompost Tradicional	46
2.2.3.	Obtención de compost y vermicompost	46
2.2.4.	Obtención de Microorganismos Eficientes Autóctonos (MEA)	47
2.2.5.	Transformación de MEA sólido en estado líquido	47
2.3.	Diseño experimental	48
2.4.	Tratamientos	48
2.5.	Determinación de calidad de vermicompost	49
2.5.1.	Control de parámetros	49
2.5.2.	Análisis químico de humus sólido	51
2.5.3.	Determinación de CO y C / N	51
2.5.4.	Análisis microbiológico	51
2.5.4.1.	Dilución de las muestras	52
2.5.4.2.	Preparación del medio de cultivo	52
2.5.4.3.	Incubación de las muestras (fotografía 39).....	52
2.5.4.4.	Aislamiento y caracterización de microorganismos	53
2.5.5.	Análisis estadístico.....	53
2.5.5.1.	Parámetros	53
2.5.5.2.	Nutrientes.....	54
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
3.1.	Evaluación y gráficos de parámetros	55
3.1.1.	pH	55
3.1.2.	Temperatura.....	57
3.1.3.	Conductividad Eléctrica.....	59
3.1.4.	Salinidad	61
3.2.	Aporte nutricional de los MEA aplicados en el vermicompost.....	63
3.2.1.	Nutrientes en general	63
3.2.2.	Macronutrientes	66
3.2.3.	Micronutrientes.....	68
3.2.4.	Ácidos Húmicos y Fúlvicos	71
3.2.5.	Materia Orgánica (MO), carbono (C) y relación (C/N).....	72
3.3.	Características macro y microscópicas de los MEA.....	74
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	80
4.1.	Conclusiones.....	80
4.2.	Recomendaciones	80

5. BIBLIOGRAFÍA.....	82
6. ANEXOS 1.....	95
ANEXOS 2.....	109

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1: Centro Tecnológico Maquita

Fotografía 2: Fuentes de agua limpia

Fotografía 3: Distancia a producción de materia prima

Fotografía 4: Manejo de lixiviados

Fotografía 5: Cajón vermicompostero

Fotografía 6: Cajones etiquetados y cubiertos con geomembrana

Fotografía 7: Vermicompost tradicional

Fotografía 8: Camas de lombricultura del Centro Tecnológico Maquita

Fotografía 9: Microorganismos Eficientes Autóctonos

Fotografía 10: Laboratorio básico de Centro Tecnológico Maquita

Fotografía 11 y 12: Materiales para aplicación de vermicompost en los cajones

Fotografía 13: Microorganismos Eficientes Autóctonos en estado sólido

Fotografía 14 y 15: Microorganismos Eficientes Autóctonos en estado líquido

Fotografía 16: Aplicación de MEA en estado líquido al vermicompost

Fotografía 17: Aplicación de agua al vermicompost

Fotografía 18: Vermicompost tradicional

Fotografía 19: Materiales para aplicación de humedad en los respectivos tratamientos

Fotografía 20: Waterpolo PCSTestr 35

Fotografía 21: Vaso de precipitación de 600 ml

Fotografía 22 y 23: Preparación de muestras en estado líquido para toma de datos

Fotografía 24: E.M. System Soil Testr para medir pH en sólidos

Fotografía 25 y 26: Toma de datos con Waterpolo PCSTestr 35 y E.M. System Soil Testr

Fotografía 27: Cosecha de humus

Fotografía 28: Muestras etiquetadas

Fotografía 29 y 30: Peso de muestras en balanza digital KERN ABJ.

Fotografía31: Micro pipeta (BOECO Germany de 1000 µl)

Fotografía32: Agitador (Heidolph Rotamax 120)

Fotografía33 y 34: Procesos de dilución de muestras

Fotografía 35: POTATO DEXTROSE AGAR (Eur Pharm)

Fotografía 36: Agitador y calentador magnético Cole Parmer

Fotografía 37: Matraz de 500 ml BODECO Germany y pila magnética

Fotografía 38: Autoclave

Fotografía 39: Proceso de incubación de muestras

Fotografía 40: Forma 1800 SERIES Clean Benche

Fotografía 41: Muestras en cajas Petri incluyendo a Control negativo

Fotografía 42 y 43: BACTI- CINERATOR *IV

Fotografía 44: PARAFILM

Fotografía 45 y 46: HERATHERM Incubator

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Microorganismos utilizados en algunos inoculantes microbianos comerciales

Tabla 2: Efecto de inoculantes microbiano

Tabla 3: Microorganismos que participan en el proceso de Compostaje

Tabla 4: Condiciones ideales para el compostaje

Tabla 5: Condiciones para el establecimiento de la lombriz *Eisenia foetida*

Tabla 6: Valores medios analíticos del humus de lombriz

Tabla 7: Composición Elemental de Sustancias Húmicas

Tabla 8: Promedio de parámetros físicos en proceso de compostaje con MEA

Tabla 9: Dosis de MEA y agua a los tratamientos

Tabla 10: Anexo 2. Datos semanales de parámetros analizados

Tabla 11: Promedio de los parámetros diferencia significativas ($p \leq 0,05$)

Tabla 12: Diferencia significativa de temperatura entre tratamientos

Tabla 13: Diferencia significativa de salinidad entre tratamientos

Tabla 14: Promedio nutrientes totales por tratamiento

Tabla 15: Promedio y DESVEST de macro-nutrientes

Tabla 16: Promedio y DESVEST de micro-nutrientes

Tabla 17: Promedio de ácidos húmicos y fúlvicos

Tabla 18: Promedio y DESVEST de materia orgánica, carbón y relación C/N

Tabla 19: Identificación y caracterización de Microorganismos Eficientes Autóctonos (MEA)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: El proceso de compostaje

Figura 2: Anatomía de la Lombriz Roja Californiana

Figura 3: Proceso de elaboración del humus en el cuerpo de la lombriz

Figura 4: Estructura química del ácido húmico

Figura 5: Estructura química del ácido fúlvico

Figura 6: Visualización satelital del área de estudio

Figura 7: Medición empírica de Humedad

Figura 8: Herramienta de ANOVA

Figura 9: Valor de q $q\alpha$ (v_1 , v_2) de la prueba de tukey

Figura 10: Herramienta de estadística descriptiva

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico 1: Tendencia lineal del pH entre los tratamientos

Gráfico 2: Comportamiento de pH durante ocho semanas

Gráfico3: Tendencia lineal de la temperatura entre los tratamientos

Gráfico 4: Comportamiento de la temperatura durante ocho semanas

Gráfico 5: Tendencia lineal de la conductividad eléctrica entre los tratamientos

Gráfico 6: Comportamiento de la conductividad eléctrica durante ocho semanas

Gráfico 7: Tendencia lineal de la Salinidad entre los tratamientos

Gráfico 8: Comportamiento de la Salinidad durante ocho semanas

Gráfico 9: Promedio total de macronutrientes

Gráfico 10: Promedio total de micronutrientes

Gráfico 11: Promedio de macronutrientes entre los elementos

Gráfico 12: Promedio de micronutrientes entre los elementos

Gráfico 13: Diferencia de ácidos húmicos y fúlvicos entre T1 y T6

Gráfico 14: Promedio de materia orgánica entre los tratamientos

TEMA

“Efectos de los Microorganismos Eficientes Autóctonos (MEA) en la producción de vermicompostaje”.

RESUMEN

Esta investigación se realizó en el Centro Tecnológico Maquita, propiedad de la Fundación Maquita Comercializando como Hermanos (MCCH), desde el mes de septiembre hasta diciembre del 2015. Se evaluó la calidad del vermicompost, implementando el uso de Microorganismos Eficientes Autóctonos (MEA) en materia orgánica compostada, además se caracterizaron los géneros de microorganismos eficientes autóctonos. Se realizaron cinco tratamientos de vermicompostaje con doble réplica y un tratamiento tradicional (T6). Se aplicaron distintas dosis de humedad con MEA y agua en cada tratamiento. En los resultados observados no hubo diferencias significativas en pH y temperatura; mientras que sí existieron diferencias significativas dentro de los parámetros de conductividad eléctrica y salinidad, ambos con 0,00002 ($p \leq 0,05$). El mayor promedio de pH se encontró en el tratamiento T6 con 7,56 y el menor valor en el tratamiento T5 con 6,34. El mayor promedio de temperatura se observó en el testigo T6 con 28,19 °C y el menor valor se manifestó en el T1 con 27,21 °C. El mayor promedio de conductividad eléctrica se obtuvo en el testigo T6 con 3,44 Ms/cm y el menor valor en el tratamiento T3 con 2,5 Ms/cm. El mayor promedio de salinidad se dio en el testigo T6 con 1,77 Ms/cm y el menor valor en el tratamiento T3 con 1,32 Ms/cm. En la salinidad y conductividad eléctrica se encontraron diferencia significativa entre los tratamientos T1, T2, T3 y T4 con T6. Con los resultados de los análisis químicos de humus se pudo determinar que el mayor porcentaje de Ácidos Húmicos y Fúlvicos se dio en el tratamiento T6 con 13,11% y 0,64% respectivamente. El mayor porcentaje de Materia Orgánica se dio en el tratamiento T1 con 37,4% y el más bajo en el tratamiento T4 con 29%. El carbono resultó mayor en el tratamiento T1 con 21,7% y menor en el tratamiento T4 con 16,83%. La relación C/N en porcentaje obtuvo su valor más alto en el tratamiento T1 con 15,61% y fue inferior en el tratamiento T5 con 12,56%. Con estos resultados se pudo manifestar que el mejor tratamiento fue T1, con mayor contenido nutricional de 1,5% en macronutrientes y con 2821,65 ppm en micronutrientes, resaltando el excesivo contenido en potasio, hierro y manganeso. Los posibles géneros aislados fueron

tres *Penicillium*, *P. funiculosum*, *P. implicatum* y *P. brefeldianum*; dos del género *Streptomyces*. Un posible género de *Aspergillus fumigatus*; y finalmente se encontró una posible cepa de *Nocardia*.

TOPIC

"Effects of native efficient microorganisms (N.E.M) in the production of vermicomposting".

ABSTRACT

This research was conducted at Maquita Technologic Center “, propriety of the Foundation Maquita Cushunchic Marketed as brothers (MCCH), from september to december 2015. The quality of vermicompost was evaluated, implementing the use of native efficient microorganisms (N.E.M) in composted organic matter. In addition to this, these were classified too. Five vermicomposting treatments with double reply were performed and a traditional one (T6). Different doses of humidity and water were applied to (N.E.M) in each treatment. There were not significant differences between pH. and temperature in the results; however, there were within the parameters of electric conductivity and salinity, both with 0,00002 ($p \leq 0,05$). There highest pH average was found in treatment T6. With 7,56 and the lower value in treatment T5, with 6,34. The highest average of temperature was obtained from T6 whit 28, 19°C, and the lower one was observed in T1 with 27, 21°C. The highest average of electric conductivity manifested itself in the control T6 with 3,44 Ms/cm, and the lower average in treatment T3 with 2,5 Ms/cm. The highest salinity average was in T6 with 1,77 Ms/cm, and the lower one in treatment T3 with 1,32 Ms/cm. About salinity and electric conductivity, significant differences were found between T1, T2, T3 and T4 treatments compared to T6. With the results of chemical analysis of hurnus it was determined that the highest percentage of humic acids and fulvic acids were found in treatment T6 with 13,11% and 0,64% respectively. The highest percent of organic matter was in treatment T1 with 37,4% and the lower one in treatment T4 with 29% carbon was higher in treatment T1 with 21,7% and lower in treatment T4 with 16,83%. The relation C/N in percentage was higher in treatment T1 with 15,61% and was lower in treatment T5 with 12,56%. With these results it could be expressed that the best treatment was T1 with higher nutritional content of 1,5% in macronutrients and 2821,65 ppm in micronutrients, highlighting the content in potassium, iron and manganese. The possible isolated types were three *Penicillium* with (*P. funiculosum*, *P. and P. implicatum brefeldianum*), followed by two type of *Streptomyces*. A possible type of *Aspergillus fumigatus*; and finally it was found a possible strain of *Nocardia*.

1. INTRODUCCIÓN

Los abonos orgánicos se han recomendado en aquellas tierras sometidas a cultivo intenso para mejorar la estructura del suelo; con ello, se aumentan la capacidad de retención de agua y la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Estos abonos se han usado desde tiempos remotos y su influencia sobre la fertilidad de los suelos se ha demostrado, aunque su composición química, el aporte de nutrientes a los cultivos y su efecto en el suelo varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (Claveron, 1996).

Según Pérez (2010), el compostaje es un proceso de descomposición oxidativa de los componentes orgánicos de los materiales de desecho, que se produce bajo condiciones controladas sobre sustratos sólidos orgánicos heterogéneos, generando abono que representa grandes beneficios cuando es aplicado al suelo.

El compost mejora propiedades del suelo como su estructura, capacidad hídrica y drenaje, además de incrementar su contenido en materia orgánica y poblaciones de microorganismos (Antil y Raj, 2012; Insam, Franke-Whittle et. al., 2009; Termorshuizen et. al., 2004; Xu et al., 2012). Además el compost incrementa la calidad y productividad de las plantas porque incrementa la resistencia contra patógenos (Insam, Franke-Whittle, et al., 2009; Termorshuizen, Moolenaar et. al., 2004; Xu et al., 2012). El sustrato de compost tiene la capacidad de retener los elementos nutritivos necesarios para el crecimiento inicial de la planta. Es decir, que el sustrato retiene los elementos nutritivos para devolverlos disponibles a la planta cuando es necesario (MAGFOR- PROFOR, 2005).

Según Toffey (1998), en Estados Unidos la producción de compost es aplicada en el manejo de desechos y no en producir abonos que mejoren las condiciones del suelo. La producción de compost ha sido reconocida como un negocio potencial para agricultura, especialmente jardines y horticultura.

La primera referencia a los beneficios del vermicompostaje, entendido como el uso de las lombrices de tierra para la eliminación de los residuos orgánicos, fue aportada por el monje benedictino Augustus Hessing, en la década de 1930, cuando empleaba lombrices para eliminar los residuos orgánicos que se producían en el monasterio. A mediados de la década de 1940 se comenzó en Estados Unidos la cría intensiva de lombrices de tierra con la finalidad de obtener vermicompost o humus de lombriz. Inicialmente fue empleada la especie *Eisenia foetida*, también conocida como lombriz roja de California, la cual

posteriormente por razones de cría, reproducción, y por la gran variedad de residuos orgánicos que es capaz de ingerir, resultó ser la lombriz más adecuada para los procesos de vermicompostaje. Sin embargo, el conocimiento científico de los procesos de vermicompostaje se inició en la década de 1970, en los Estados Unidos, por los profesores Clive A. Edwards y E. Neuhauser (Universidad de Cornell), y R. Hartenstein (Universidad del Estado de Nueva York, Siracusa) que sentaron las bases científicas y técnicas para el desarrollo de estos sistemas (Martínez, 2003).

Compagnoni, L. y Putzolu G. (1995), mencionaron que la lombricultura es una biotecnología, debido a que utiliza como herramienta de trabajo a una especie de lombriz, donde se recicla todo tipo de materia orgánica obteniendo como resultado el humus, carne y harina de lombriz. El vermicompost es un método que utiliza lombrices de tierra para consumir y procesar desechos orgánicos y convertirlos en un producto de uso agrícola. (Coyne, 2000; Uribe, 2003).

Según Bollo E. (1999) y Soto (2003), de las 8000 especies de lombrices que existen en el planeta, la lombriz californiana, *Eisenia foetida*, fue seleccionada por Tomas Barret en 1930 en Estados Unidos, por su alta capacidad de reproducción, su capacidad de vivir en altas densidades, el amplio rango de desechos orgánicos de los que se alimenta y su adaptación a diferentes condiciones climáticas. En los Estados Unidos la cría de lombrices data desde unos 50 años, siendo la lombriz roja californiana, la que revela mejores condiciones para la cría en cautiverio (Ferruzi 1988, Lastra 1995).

Según Brooks (2004), el humus de lombriz es un fertilizante bio-orgánico producido por la lombriz de tierra mediante la digestión de sustancias orgánicas en descomposición. Su estructura granular, composición química y microbiológica, lo convierte en un fertilizante orgánico de alto poder nutritivo.

Los Microorganismos Eficientes fueron cultivados por el Dr. Teruo Higa, profesor de agricultura de la Universidad de Ryukyus en Japón. Inicialmente fue desarrollado como un inoculante para aumentar los microorganismos que beneficiaban e incrementaban la diversidad microbiana del suelo. Con ésto se pretendía mejorar la calidad y salud del suelo, para aumentar el crecimiento, producción y la calidad de los cultivos. Después de muchos estudios y prácticas, los efectos fueron comprobados en gran cantidad de fincas. Hoy en día esta biotecnología es bastante popular en la agricultura orgánica (Kyan et al, 1999).

La composición de los microorganismos eficientes consta de varios organismos microscópicos tanto aeróbicos como anaeróbicos que cumplen una gran cantidad de funciones beneficiosas para el ambiente. Entre estos se encuentran en las bacterias ácido-lácticas y fotosintéticas, levaduras, actinomicetos y hongos fermentadores. (Higa y Parr, 1994).

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según Soto (2003), por muchos años los desechos orgánicos urbanos y de la agroindustria han sido depositados en basureros, ríos o enterrados causando problemas en el ambiente y en la salud pública. Hasta hace poco fue que se empezó a determinar el impacto contaminante de estos materiales, y comprender la capacidad finita de dilución que tienen nuestros ríos y el planeta en general. Esto ha conllevado a una búsqueda de nuevas alternativas para el manejo de estos residuos.

Con el desarrollo de la industria y la producción de los fertilizantes químicos, al finalizar la segunda guerra mundial, año 1945, el uso de los fertilizantes químicos prevaleció en el mundo; especialmente en la producción agrícola intensiva. Durante muchos años la utilización de los abonos orgánicos ha sido muy limitada, ocasionando deterioro en los suelos y contaminación del medio ambiente. Esa situación es preocupación en todo el mundo y se están realizando acciones para lograr la producción de alimentos por medio del establecimiento y desarrollo de la agricultura sostenible, en la que la utilización de abonos orgánicos, abonos verdes y la rotación adecuada de las cosechas, constituyen la base para la sustitución de fertilizantes químicos, proporcionar al suelo los elementos que necesitan las plantas y mantener el equilibrio ecológico. Noriega y col. (2001); Batista y col. (2002) y Rodríguez y col. (2002) hacen referencia a los beneficios que produce la aplicación de los abonos orgánicos.

Según Henríquez y Cabalceta (1999), los abonos orgánicos, mejoran tanto las propiedades químicas del suelo, como las propiedades físicas y biológicas, contribuyendo igualmente a la solución del problema de la contaminación del ambiente.

A nivel mundial, se considera al manejo de residuos sólidos un problema ambiental que afecta a la población urbana y rural. La falta de infraestructura, presupuesto, técnicos o programas de aprovechamiento de residuos es todavía latente en algunos países. En Ecuador

se generan cerca de 7,42 toneladas de residuos sólidos al día, de los cuales el 71,4% corresponde a materia orgánica que pudiera ser utilizada en procesos de compostaje. Se estima que existe un reciclaje total de los residuos (formal e informal) del 14% y el costo promedio del manejo de los residuos sólidos por tonelada es de 43,05 USD (Soliz, 2011).

Una de las principales problemáticas ambientales surge por el uso de agroquímicos, por lo cual en la actualidad se está promoviendo el uso de abonos, fertilizantes e incluso plaguicidas orgánicos o naturales, que actúan de una manera eficiente sin generar repercusiones a los cultivos.

Debido a que los microorganismos eficientes (ME) son útiles para solucionar problemas asociados con el uso de fertilizantes químicos y pesticidas, su aplicación está ampliamente difundida en la agricultura orgánica y granjas naturales (Higa y Parr, 1994).

Es bien conocido que las lombrices de tierra contribuyen al aprovechamiento de los recursos naturales, y son una alternativa para la producción orgánica, además de que la lombricultura se ha usado para procesos de remediación ambiental (Lofs-Holmin, 1986; Oshida et. al., 1992; Domínguez et. al., 2000).

La lombricultura es una respuesta simple, racional y económica a este problema, ya que es una biotecnología que utiliza a la lombriz como una herramienta de trabajo, permite reciclar todo recurso orgánico y transformarlo en un fertilizante de primer orden que es el humus y adicionalmente obtener una fuente de proteínas. La transformación de los residuos orgánicos sólidos, aprovechando la capacidad de las lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*) al ingerirlos y convertirlos en humus (excretas) de buena calidad, es de gran ayuda en este proceso de convertir desechos sólidos (basura) en materia orgánica útil para mejorar las condiciones del suelo y favorecer una agricultura más amigable con el medio ambiente. Los efectos positivos que ocasiona el uso agrícola del compost y vermicompost, expuestos por la mayoría de los autores, no excluye que la aplicación de estos materiales orgánicos, a dosis elevadas o de forma frecuente, tenga un efecto desfavorable sobre el suelo y las plantas. Estos efectos negativos pueden ser debidos, fundamentalmente, a la presencia de concentraciones elevadas de sales, metales pesados y microcontaminantes orgánicos (Nogales et. al., 1997).

1.2. MARCO DE REFERENCIA

La zona principal de investigación donde se realizaron la captura de los microorganismos eficientes autóctonos fue en Bosque Húmedo “Jauneche”.

1.2.1. Descripción del Bosque Húmedo “Jauneche”

Es un área protegida que tiene una extensión de 139,8 hectáreas. Se encuentra en la zona bioclimática Región Húmeda Tropical, en la Zona de vida del Bosque Tropical Húmedo. Los tipos de bosque y vegetación que se pueden apreciar son:

- Bosque maduro no intervenido: árboles, arbustos, herbáceas, epífitas, lianas y helechos.
- Bosque inundado y pantano estacional: Vegetación limosa – herbáceas, trepadoras, sumergidas y flotantes.
- Bosque disturbado: Malezas árboles y herbáceas – árboles, arbustos, herbáceas y epífitas.

Posee una biodiversidad característica de un bosque tropical húmedo primario. En Jauneche el paisaje que presenta es estrecho y homogéneo. Se compone de la repetición de diversas especies de flora que obstruyen el campo visual, pues la densidad del bosque es muy alta (Nicola, 2013)

La Reserva “Jauneche” alberga una combinación de especies endémicas de Choco y de Tumbes. Existen algo más de 160 especies, entre las que se incluyen poblaciones de especies amenazadas de rango restringido, como *Lathrotriccus griseipectus* y *Onychorhynchus occidentalis*. Aún existen dos especies de primate en la reserva, *Alouatta palliata* y *Cebus capucinus*. También se encuentran dos especies de ardillas, incluyendo *Sciurus stramineus*, endémica de los tumbesina. Existen dos especies de venados, *Odocoileus virginianus* y *Mazama americana*, algunos roedores, marsupiales grandes y felinos como *Leopardus pardalis* y *L. wiedii*. Especies más grandes como *Puma concolor* y *Panthera onca* se han extinguido. La flora y fauna de esta reserva fue caracterizada por Dodson et. al., 1986.

1.2.2. Bases Teóricas Científicas

1.2.2.1. Microorganismos Eficientes (ME)

Los ME son una entidad viviente, lo que hace una tecnología diferente en comparación con los fertilizantes químicos y otros agroquímicos empleados en la agricultura. Por esta razón, al ser aplicados, los ME no trabajan de la misma forma como un fertilizante químico inerte. (Kyan et al, 1999).

Se compone de una amplia variedad de microorganismos efectivos, beneficiosos y no patógenos que conviven juntos (EM Trading, 2000). Esencialmente, es una combinación de especies aeróbicas y anaeróbicas que se encuentran comúnmente en todos los ecosistemas. Según Higa (1998), los ME contienen alrededor de 80 especies de microorganismos divididos en bacterias de ácido láctico, levaduras, actinomicetos y hongos de fermentación que son capaces de purificar y revitalizar la naturaleza.

Según Diver (2001), las principales especies son:

- *Lactobacillus plantarum*, *L. casei* y *Streptococcus lactis* (bacterias del ácido láctico).
- *Rhodopseudomonas palustris* y *Rhodobacter spaeroides*, (bacterias fotosintéticas).
- *Saccharomyces cerevisiae* y *Candida utilis* (levaduras).
- *Streptomyces albus* y *S. griseus* (actinomicetos).
- *Aspergillus oryzae*, *Penicillium sp.* y *Mucor hiemalis* (hongos fermentación).

Las diferentes especies de ME tienen sus respectivas funciones. Se puede aplicar a muchos ambientes para descomponer la materia orgánica. Están diseñados no-genéticamente, no son patógenos, no son perjudiciales y no son sintetizados químicamente. La tecnología ME implica crecimiento, la aplicación, la gestión y el restablecimiento de altas poblaciones de los microorganismos beneficiosos en un entorno o sistema. Es una tecnología natural y orgánica que es útil en numerosas formas de beneficiar a la humanidad. Su uso se está extendiendo en aplicaciones de diversos campos que ambiciosamente se promueven como un medio para resolver muchos de los problemas del mundo. Algunas de las demandas de las aplicaciones de ME incluyen agrícola sostenible, industriales, salud, control de olores, gestión de residuos y remediación ambiental (EM Technology, 1998).

1.2.2.2. Inoculante Microbiano

Según Okumoto (2003), un inoculante microbiano es un producto que contiene una cepa o combinación de diferentes cepas de microorganismos vivos, el cual puede mejorar la calidad de abono orgánico. En los últimos años, el uso de productos microbianos está llamando mucho la atención para acelerar el proceso en la elaboración de abonos orgánicos y mejorar la calidad de los mismos. Ahora, en el mercado nacional e internacional abundan productos microbianos con diferentes tipos de microorganismos. Sin embargo, sus usos no están muy claros, ya que hace falta más información y datos científicos sobre el uso de inoculante microbiano para la preparación de abono orgánico.

En Japón más de 80 productos comerciales están registrados para mejorar el suelo y los abonos orgánicos. También se cuenta con una gran variedad de abonos orgánicos inoculados con microorganismos eficientes como indica la tabla 1. El producto tiene diferentes formas de presentación como líquido, coloidal o sólido en polvo o granulado (Picado, 2001).

Tabla 1: Microorganismos utilizados en algunos inoculantes microbianos comerciales

Grupo	Nombre científico
Bacterias	<ul style="list-style-type: none">• <i>Azotobacter</i>• <i>Bacillus spp.</i>• <i>Bacillus subtilis</i>• <i>Bacillus licheniformis</i>• <i>Bacillus megaterium</i>• <i>Bacillus polymixa</i>• <i>Bacillus macerans</i>• <i>Pseudomonas putida</i>• <i>Pseudomonas flourescens</i>• <i>Spreptococcus lactis</i>• <i>Streptococcus faecalis</i>• <i>Lactobacillus plantarum</i>• <i>Lactobacillus casei</i>
Actinomicetos	<ul style="list-style-type: none">• <i>Streptomyces albus</i>• <i>Propionibacterium</i>
Hongos	<ul style="list-style-type: none">• <i>Trichoderma viride</i>• <i>Aspergillus oryzae</i>• <i>Mucor hiemalis</i>

Fuente: Picado (2001)

El efecto de los inoculantes microbianos es muy variable, de hecho, esto depende de las características de los microorganismos inoculados. Se manifiesta no solamente un efecto, sino, en muchas ocasiones, varios efectos en forma conjunta, como se observa en la tabla 2.

Tabla 2: Efecto de inoculantes microbiano

Uso de producto (efecto)	Función de microorganismos
1.Descomposición de materia orgánica	-Aceleración de compostaje -Descomposición de materia orgánica en el suelo
2. Mejoramiento de suelo	-Formación de suelo agregado -Cambio de pH
3. Efecto nutricional para las plantas	-Fijación N -Mineralización -Nitrificación -Biomasa N y P
4. Crecimiento de plantas	-Producción de hormonas, vitaminas, enzimas, etc.
5. Control de enfermedades y plagas	-Efecto supresivo a patógenos, nematodos

Fuente: Okumoto (2003)

1.2.2.3. **Abono Orgánico implementado en la agricultura orgánica**

Según Soto (2003), se entiende por abono orgánico todo material de origen orgánico utilizado para fertilización de cultivos o como mejorador de suelo. Se incluyen dentro de los abonos orgánicos materiales como la gallinaza, la broza del café, compost y ácidos húmicos. El uso de los abonos orgánicos en la agricultura orgánica, está regulado por las normas internacionales de certificación. No todos los abonos orgánicos pueden ser utilizados en agricultura orgánica, por ejemplo, el uso de excretas de animales totalmente estabulados está prohibido por la regulación europea (Ley 2092/91). Enmiendas como el carbonato de calcio o fertilizantes como la roca fosfórica que aunque no son abonos orgánicos, son permitidos en agricultura orgánica.

El objetivo explícito de la agricultura orgánica es contribuir al aumento de la sostenibilidad. No obstante, la agricultura orgánica puede tener efectos negativos y no es el único método para asegurar un sistema de cultivo sostenible. Para mejorar la estructura del suelo y estimular la proliferación de microorganismos, se debe implementar la rotación de los cultivos y el abono orgánico. Una agricultura orgánica debidamente gestionada reduce o

elimina la contaminación del agua y permite conservar el agua y el suelo en las granjas (aunque un uso inapropiado del estiércol puede contaminar gravemente el agua). Unos pocos países desarrollados obligan a los agricultores a aplicar técnicas orgánicas, o les subvencionan para que las utilicen, como solución a los problemas de contaminación del agua (por ejemplo Alemania, Francia) (COAG, 1999).

Los agricultores orgánicos usan métodos naturales de lucha contra las plagas (por ejemplo, lucha biológica, plantas con propiedades útiles para la lucha contra las plagas) y no de plaguicidas sintéticos que, como es sabido, cuando no se utilizan correctamente, causan la muerte de organismos beneficiosos (por ejemplo, parásitos naturales de plagas, abejas, lombrices), provocan resistencia a las plagas y con frecuencia contaminan el agua y la tierra. La reducción del uso de plaguicidas sintéticos tóxicos, que según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) envenenan cada año a tres millones de personas, debería traducirse en una mejora de la salud de las familias agrícolas (Comité de agricultura, 1999).

1.2.2.4. El compost

El compost es el producto resultante de un proceso bioxidativo, de fermentación aerobia y controlado, en el que intervienen una gran diversidad de microorganismos, que requiere una humedad adecuada y desechos orgánicos heterogéneos en su composición y homogéneos en cuanto a su tamaño. El compost es un nutriente para el suelo que mejora su estructura, reduce la erosión y ayuda a la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas. (Labrador, 2001).

La preferencia en la utilización del compost como fuente de nutrientes para los cultivos en lugar de residuos frescos como excretas de animales, se debe a la disminución de olores (Miller 1993), disminución de efectos tóxicos sobre los cultivos, disminución en la contaminación de aguas y eliminación de patógenos que se logra con el compost (Rynk, 1992).

A pesar de esto la velocidad con que los residuos frescos entregan nutrientes es más rápida que un compost (Castellanos y Pratt, 1981), esto es favorable si las demandas de los cultivos son inmediatas, pero se deben considerar los riesgos ya mencionados.

Según Labrador (2001), las características del compost son:

- Es un material de color oscuro, con un agradable olor a mantillo del bosque.
- Contiene una elevada carga enzimática y bacteriana que aumenta la solubilización de los nutrientes haciendo que puedan ser inmediatamente asimilables por las raíces.
- Influye en forma efectiva en la germinación de las semillas y en el desarrollo de los plantones. El compost aumenta notablemente el porte de plantas, árboles y arbustos en comparación con otros ejemplares de la misma edad.
- Su acción antibiótica aumenta la resistencia de las plantas a las plagas y agentes patógenos.
- Su pH neutro lo hace sumamente confiable para ser usado con plantas delicadas.
- Aporta y contribuye al mantenimiento y desarrollo de la micro-flora y micro-fauna del suelo.
- Favorece la absorción radical. Facilita la absorción de los elementos nutritivos por parte de la planta.
- Aporta nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, boro, y los libera gradualmente, e interviene en la fertilidad física del suelo porque aumenta la superficie activa.
- Neutraliza eventuales presencias contaminadoras (herbicidas, ésteres fosfóricos).

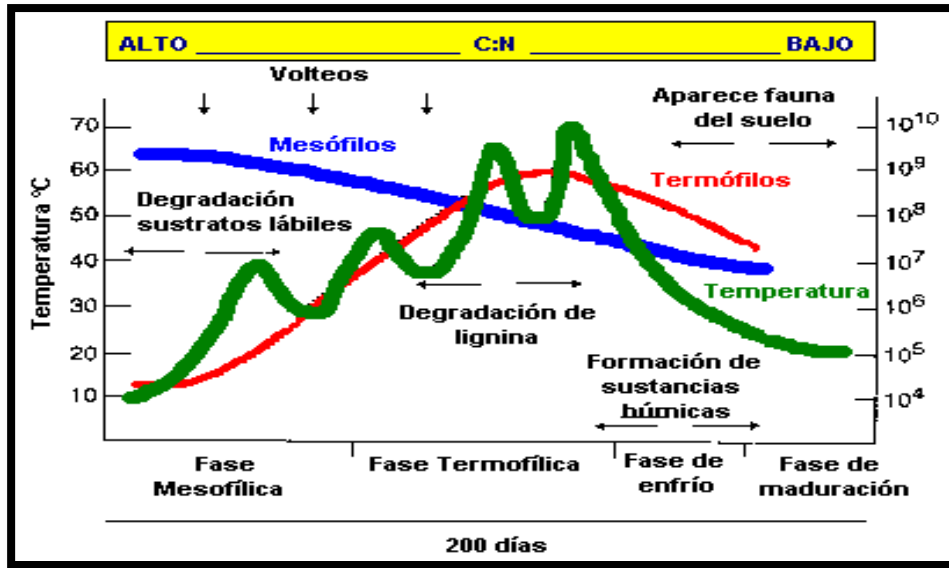
Gil (1995) menciona que un residuo orgánico es transformado en una extraordinaria enmienda fertilizadora. Actúan sobre los nutrientes macromoleculares, llevándolos a estados directamente asimilables por las plantas, lo cual se manifiesta en notables mejoras de las cualidades organolépticas de frutos y flores y mejor resistencia a los agentes patógenos.

Además contiene hormonas, sustancias reguladoras del crecimiento y promotoras de las funciones vitales de las plantas. Está compuesto principalmente por carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno, encontrándose también una gran cantidad de microorganismos.

Paul y Clark (1996), señalan que el proceso de compostaje es una descomposición predominantemente aeróbica, que se divide en tres fases (figura 1).

- **Fase Mesofílica:** descomposición de los materiales más lábiles, tales como azúcares, proteínas y almidones son descompuestos más rápidamente.
- **Fase Termofílica:** temperaturas más altas, donde se degradan los materiales más recalcitrantes como celulosa y la lignina.
- **Fase de síntesis:** se forman sustancias húmicas.

Figura 1: El proceso de compostaje



Fuente: Paul y Clark (1996)

Para mejorar su actividad fertilizante, el compost puede reforzarse mediante la adición complementaria de microorganismos eficientes que ayudarán a acelerar el proceso (Sánchez, 1996). Según Soto (2003), algunos autores han aislado los microorganismos presentes en las diferentes fases del compost (Blandon et al, 1999, Klamer y Sochting, 1998), y la variabilidad y la diversidad encontradas son muy altas, como se observa en la tabla 3.

Tabla 3: Microorganismos que participan en el proceso de Compostaje.

	Fase mesofílica	Fase termofílica	Fase de maduración
Bacterias	<i>Bacillus brevis</i> , <i>Bacillus circulans</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus licheniformis</i>	<i>Bacillus stearothermophilus</i>	
Actinomicetes		<i>Thermophyllum</i> ,	
Hongos		<i>Absidia glauca</i> , <i>Mucor</i> , <i>Allescheria spp.</i> <i>Trichoderma sp.</i> , <i>Penicillium spp.</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Verticillium tenerum</i>	<i>Nocardia, sp.</i> <i>Streptomyces sp.</i> , <i>Thermoactinomicetes</i>

Fuente: Soto (2003)

Se ha desarrollado una metodología que utiliza la actividad microbiana como indicador de la calidad del compost (Vandevire y Ramirez, 1995, Salas y Ramírez, 1999). Otros análisis realizados son los de germinación, control de enfermedades, contenido de metales pesados y actividad microbiana.

Según Rynk (1992), las condiciones que favorecen el crecimiento de los microorganismos aeróbicos son la presencia de oxígeno, temperatura, agua y una nutrición balanceada. Hay otros factores que también pueden afectar su desarrollo tales como pH, fuentes energéticas de fácil solubilización como azúcares simples, y superficie de contacto o tamaño de partícula como se observa en la tabla 4.

Tabla 4: Condiciones ideales para el compostaje

Condición	Rango aceptable	Condición óptima
Relación C:N	20:1 – 40:1	25:1 – 30:1
Humedad	40 – 65%	50 –60 %
Oxígeno	5%	8%
pH	5.5 – 9.0	6.5 –8.0
Temperatura	°C 55 – 75	65 – 70°C

Fuente: Rynk (1992)

1.2.2.5. Vermicompostaje

El vermicompostaje es un proceso en el cual se emplean lombrices que durante su digestión transforman la materia orgánica aprovechando desechos biodegradables para obtener un abono de alta calidad: el humus, un mejorador natural de las características físicas, químicas y biológicas del suelo (Barbado, 2003).

Torres (1996), menciona que el vermicompost es un proceso de biooxidación y estabilización de la materia orgánica, mediado de la acción de lombrices y microorganismos, obteniendo un producto denominado vermicompost, que es conocido con muchos nombres comerciales como: casting, humus de lombriz, lombricompost, lombrihumus, lombricompuesto y otros, dependiendo de la casa que lo produzca y lugar.

La lombricultura consiste en el cultivo intensivo de la lombriz *Eisenia foétida*; la cual transforma los desechos orgánicos en abono para los cultivos agrícolas. Este abono tiene el nombre de Humus, que es el mayor estado de descomposición de la materia orgánica y es un abono de excelente calidad (Fajardo, V. 2002).

Desde el punto de vista microbiológico, se ha puntualizado que el vermicompost posee una gran riqueza de microorganismos así como un efecto supresor sobre algunos patógenos del suelo. (Ramírez 1996, Domínguez et al. 1997). Estudios realizados por Werner y Cuevas (1996) muestran la ausencia de patógenos como *Salmonella* y *Escherichia coli*, bacteria indicadora de contaminación fecal, donde teóricamente el proceso de compostaje puede eliminar su presencia pues su temperatura máxima de crecimiento es 40 a 60 °C (Atlas y Bartha, 2002).

En Ecuador desde 1985 varias empresas desarrollan esta actividad, no solo ofreciendo humus y lombrices para proyectos sino brindando capacitación a varias comunidades sobre el tema. (Barbado, 2003).

Fajardo, V. (2002), reporta que la Lombriz Roja Californiana vive normalmente en zonas de clima templado; su temperatura corporal oscila entre 19 y 20°C y humedad del 82%. En estado adulto mide entre 7 y 10 cm de longitud con un diámetro de 3 a 5 mm; su peso aproximado es de un gramo. Una lombriz consume diariamente una cantidad de residuos orgánicos equivalente a su peso: el 60% se convierte en abono y el resto lo utiliza en su metabolismo y para generar tejidos corporales. Vive hasta 16 años, durante los cuales se acopla regularmente cada 17 días (45 días lombriz común), desde los tres meses de edad si la temperatura y humedad del medio son adecuadas. No se autofecundan, por tanto es necesaria la cópula. Luego cada individuo coloca una cápsula (huevo en forma de pera de color amarillento) de unos 2 mm, de la cual emergen de 2 a 21 lombrices después de un periodo de incubación de 14 a 21 días, dependiendo de la alimentación y de los cuidados. Una lombriz roja puede producir anualmente en condiciones normales de humedad y temperatura 1.500 lombrices. Al nacer las lombrices son blancas, transcurridos 5 o 6 días se ponen rosadas y a los 120 días ya se parecen a las adultas siendo de color rojizo y estando en condiciones de aparearse.

Suquilanda, M. (1996), manifiesta que sus características morfológicas y fisiológicas específicas la hacen una excelente fábrica procesadora de todo tipo de materia orgánica en descomposición; su producto final, el humus, de excelentes características agronómicas

permite recuperar suelos al aportar altos niveles de microorganismos y elementos químicos benéficos para cualquier tipo de cultivo.

La lombriz de tierra es un anélido caracterizado por ser hermafrodita que produce en sus deyecciones una gran riqueza bacteriana (2×10^{12} bacterias/g), desarrollando su ciclo biológico en pequeños espacios ($50 \times 10^3 \text{ cm}^3$ de sustrato) (Flores & Alvira 1988).

Fajardo, V. (2002), indica la siguiente clasificación taxonómica:

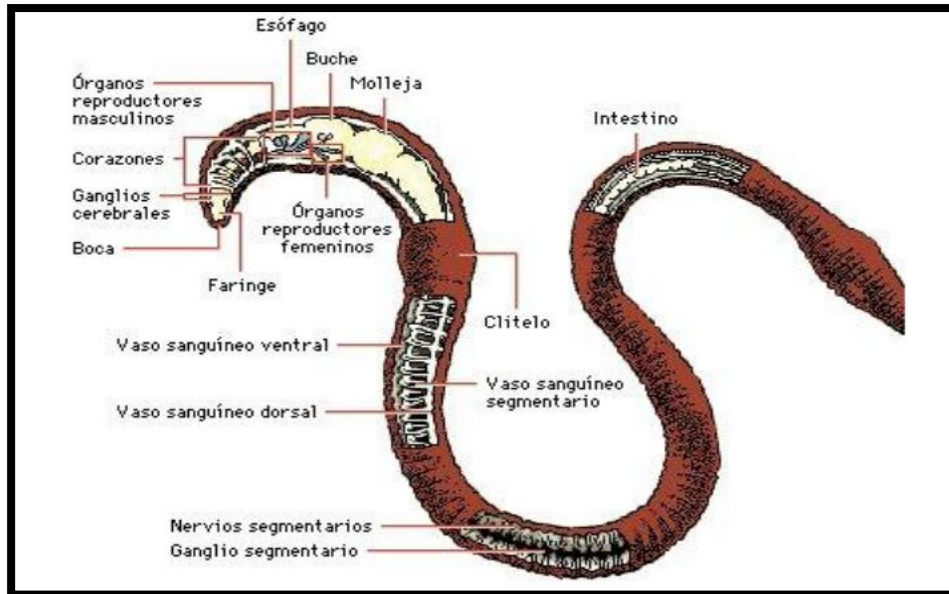
- **Reino:** Animal
- **Tipo:** Anélido
- **Clase:** Oligoqueto
- **Orden:** Opisthoro
- **Familia:** Lombricidae
- **Género:** *Eisenia*
- **Especie:** *E. foétida*

Posee el cuerpo alargado, segmentado y con simetría bilateral, existe una porción más gruesa en el tercio anterior de 5 mm de longitud llamada clitelium cuya función está relacionada con la reproducción. La pared del cuerpo de las lombrices está constituida de afuera hacia dentro, por:

- **Cutícula:** Es una lámina muy delgada de color marrón brillante, quitinosa, fina y transparente.
- **Epidermis:** Situada debajo de la cutícula, es un epitelio simple con células glandulares que producen una secreción mucosa. Es la responsable de la formación de la cutícula y del mantenimiento de la humedad y flexibilidad de la misma. También existen células glandulares que producen una secreción serosa.
- **Capas musculares:** Son dos, una circular externa y otra longitudinal interna.
- **Peritoneo:** Es una capa más interna y limita exteriormente con el celoma de la lombriz.
- **Celoma:** Es una cavidad que contiene líquido celómico y se extiende a lo largo del animal, y dentro de éste se suspenden los órganos internos del animal.

La anatomía de la lombriz la podemos observar en la figura 2.

Figura 2: Anatomía de la Lombriz Roja Californiana



Fuente: Barbado (2003)

Bollo, E. (1999), reporta que la lombriz habita en los primeros 50 cm. del suelo, por tanto es muy susceptible a cambios climáticos. Es fotofóbica, los rayos ultravioletas pueden perjudicarla gravemente, además de la excesiva humedad, la acidez del medio y la incorrecta alimentación. Cuando la lombriz cava túneles en el suelo blando y húmedo, succiona o chupa la tierra con la faringe evaginada o bulbo musculoso. Digiere de ella las partículas vegetales o animales en descomposición y vuelve a la superficie a expulsar por el ano la tierra. Las condiciones óptimas para el desarrollo de la lombriz se ven en la tabla 4.

Tabla 5: Condiciones para el desarrollo adecuado de la lombriz *Eisenia foetida*

Variables	Rango	Óptimo
Oxígeno (%)	6 - 9	> 8%
Temperatura °C	20 - 33	25 - 28
pH	5.5 - 9.0	6.8 - 7.2
Humedad (%)	65 - 80	70 - 75

Fuente: Barbado (2003)

Fajardo, V. (2002), indica que las lombrices comen casi cualquier compuesto orgánico putrefacto y son muy golosas para los azúcares, las sales y la celulosa. Su alimentación es de materia orgánica en descomposición y requieren que el sustrato se encuentre en forma pastosa, que les permita succionar las porciones a digerir. Además ellas se alimentan de materiales en descomposición y no de materiales frescos. Cuanto más fino sea el granulado

de la comida, menor dificultad tendrá para ingerirla y por tanto mayor será la producción de humus; es indispensable que el granjero triture bien el alimento antes de suministrarlo, para acelerar el proceso de degradación y mejorar la textura.

Deffis, A. (1992), indica que entre los desechos de origen vegetal están las hojas, pastos, flores, tallos, pajas, frutas, verduras y restos de plantas generados en procesos agroindustriales. Todos estos materiales pueden ser utilizados en la alimentación de la lombriz, siempre y cuando se realice un proceso de precompostaje, que es necesario previo a ser facilitado a las lombrices. Uno de los problemas más importantes a considerar en su manejo es la alta humedad de estos desechos, así como su contenido de azúcares, que hace que fácilmente fermenten y se conviertan en un problema. Por otra parte cuando se manejan adecuadamente se convierten en un excelente alimento para las lombrices, produciendo un magnífico humus. Los estiércoles individuales o mezclados con otros y con desechos vegetales son el alimento más apetecido por las lombrices en general, por lo que el manejo de aquéllos resulta bastante eficiente con lombrices de tierra.

El proceso de elaboración de humus dura aproximadamente tres meses. Cuando todo el alimento ha sido consumido y el humus está listo, las lombrices son retiradas de las camas para lo cual se coloca nuevo alimento en la parte superior del lecho para obligarlas a ascender y que migren a este nuevo sustrato procediendo a su recolección y extracción. Se puede recolectar más del 90% de lombrices del lecho, siendo éstas un nuevo material que pueden usarse para sembrar un nuevo lecho. Una vez que la mayor parte de las lombrices ha sido extraída de los lechos, se continúa con la retirada del humus. Se recolecta el humus y se lo puede dejar a la intemperie en un lugar fresco durante algunos meses, se lo deja orear y está listo para ser utilizado o comercializarlo (Barbado, 2003)

1.2.2.6. Humus de lombriz

Las lombrices, a través de su proceso digestivo, contribuyen a la descomposición de la materia orgánica, constituyendo sus heces un producto que se denomina “vermicompost”. Posteriormente, microorganismos contenidos en él, completan el proceso dando origen al “humus de lombriz”. Este producto está enriquecido con bacterias benéficas, presentes en el intestino de la lombriz, que contribuyen a la fertilidad de los suelos. (Von, 2000).

En la agricultura según Bollo, E (1999) se utiliza el humus de lombriz en:

- Viveros: Almacigos, viticultura, fruticultura, forestales y florales.
- Invernáculos utilizados en floricultura, horticultura, etc.
- Recuperación de terrenos.
- Parques, jardines y campos deportivos.

Sus principales cualidades son:

- Aumenta el efecto germinativo en semillas.
- Incrementa el desarrollo radicular y vegetativo.
- Acorta el tiempo para la floración.
- Plantas más robustas y resistentes a las plagas.
- Mayor fructificación en cantidad y tamaño.
- Incremento de la vida útil/comercial de la planta.
- Se utiliza tanto en su estado natural como diluido en agua.
- Control fitosanitario de las plantas.
- Es uno de los principales abonos utilizados en agricultura orgánica.

Según Von (2000), por su alto porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos (moléculas orgánicas complejas formadas por la descomposición de materia orgánica, diferenciadas por su solubilidad en diferentes solventes), permite una entrega inmediata de nutrientes asimilables y tiene un efecto regulador de nutrición, dado que estos ácidos incrementan la permeabilidad de las membranas en las plantas y por ende estimulan la absorción de nutrientes.

La acción del humus de lombriz hace posible que los suelos que lo contienen presenten una mejor estructura, debido a que actúa como agente de cementación entre las partículas del suelo, dando origen a estructuras granulares, que permiten:

- Mejorar el desarrollo radical.
- Activar los microorganismos.
- Aumentar la oxidación de la materia orgánica y por consiguiente, la entrega de nutrientes, en formas químicas que las plantas pueden asimilar.
- Emplear en cualquier dosis, sin quemar o dañar a la planta más delicada, ya que su pH es neutro.
- Utilizar como fertilizante foliar, debido a sus componentes nutritivos solubles en agua (Ferruzzi, 1988, citado por Von 2000).

Un suelo de alta calidad posee por lo general de 150 a 200 millones de microorganismos por gramo, el humus de lombriz posee por gramo entre 250 a 300 millones de microorganismos diversos y benéficos para la planta (Pineda, 1994, citado por Von, 2000).

En la tabla 6 podemos observar los valores promedios del humus de lombriz.

Tabla 6: Valores medios analíticos del humus de lombriz

Materia orgánica	50-60%
pH	7-7,05
Humedad	45-55%
Nitrógeno	1-3%
Fósforo	1-3%
Potasio	0,8-1,5%
Magnesio	0,2-0,5%
Manganeso	260-580 ppm
Cobre	85-100 ppm
Zinc	85-400 ppm
Calcio	2,5-8,5%
Ácidos húmicos	5-7%
Ácidos fúlvicos	2-3%
PH	6,8-7,2
Materia Orgánica	30-60%
Capacidad de intercambio catiónico	75-80 meq% gr
Cond.Electr. (CE)	2-4 mMhos/cm
Carga Bacteriana	2000x106 col/gr

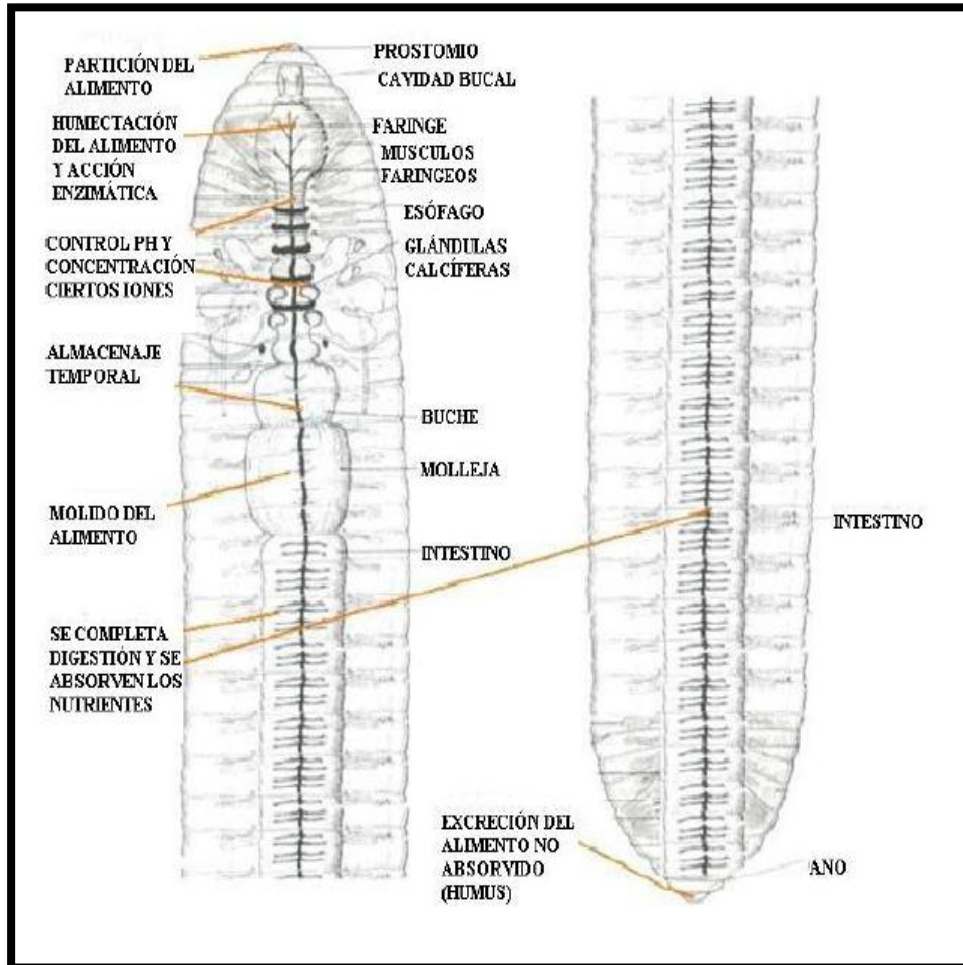
Fuente: Cony et al, (2006)

Una vez que el alimento (materia orgánica) es absorbido por la lombriz a través de su boca, éste es fragmentado debido a que en la boca se encuentra el prostomio, un ganglio nervioso, que actúa como una especie de taladro, partiendo al alimento. Luego los alimentos digeridos son absorbidos por el torrente sanguíneo a nivel del intestino. Los nutrientes no asimilados son rodeados por una mucina que está envuelta a su vez de bacterias (propias de la flora intestinal de la lombriz) y otra mucina que formarán el coloide que saldrá de la lombriz por el ano y será el humus. (Padilla, 2003). Este proceso puede observarse en la figura 3.

Según Palomino (2005), las lombrices degradan a los microorganismos presentes en su alimento debido a los procesos indicados anteriormente en todo su tracto digestivo, sin embargo, existen otros microorganismos que logran sobrevivir a todo este proceso bioquímico y son excretados con el humus, ayudando en el mejoramiento del suelo.

El humus está compuesto por ácidos húmicos y ácidos fúlvicos (Urzúa, H. 1978; Bollo, E. 1999).

Figura 3: Proceso de elaboración del humus en el cuerpo de la lombriz

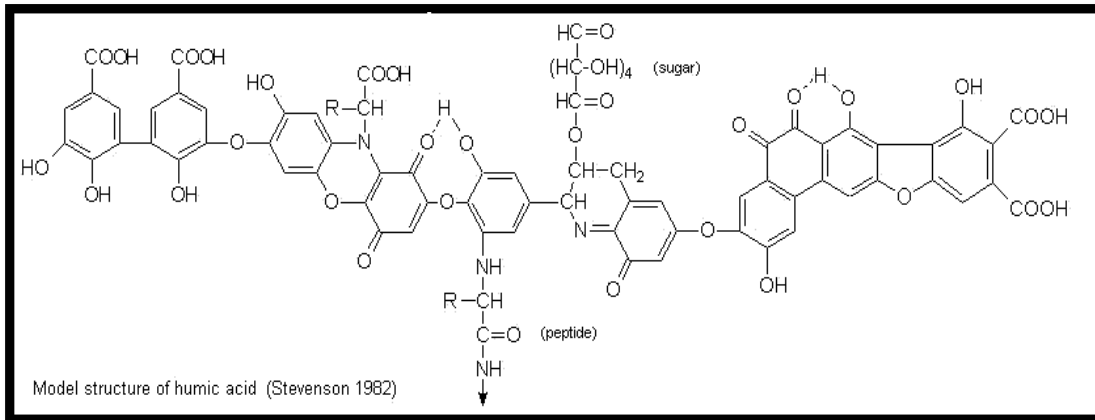


Fuente: Curi (2006)

1.2.2.7. Ácidos Húmicos y Fúlvicos

Ácido Húmico: Es soluble en una solución alcalina, pero precipita cuando se acidifica el extracto. Es de color café oscuro, de alto peso molecular (5.000 – 300.000 dalton), altamente polimerizado, íntimamente ligado a arcillas y resistente a la degradación. Contiene alrededor de 50 – 62% de carbono (Florenza y Martínez, 1991; Bollo, E. 1999; Schnitzer, 2001; Atlántica Agrícola S.A, 2002). Su estructura química se puede observar en la figura 4.

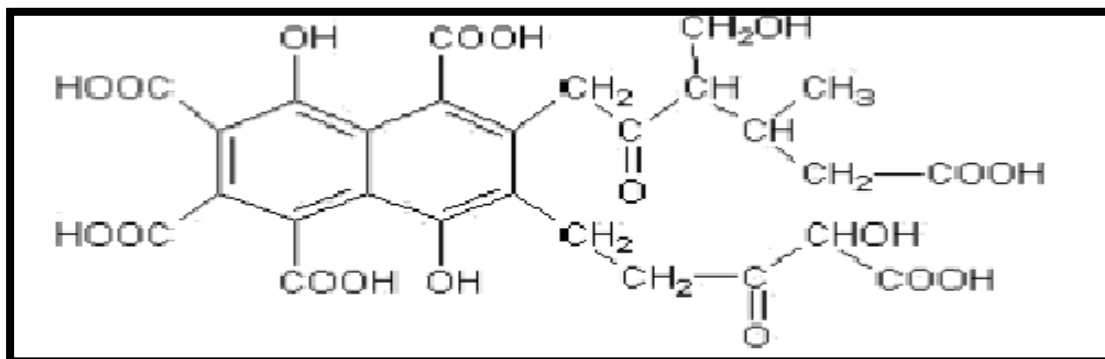
Figura 4: Estructura química del ácido húmico



Fuente: Stevenson (1982)

Ácido Fúlvico: Según Bremner (1965), se distinguen de los ácidos húmicos por su coloración más clara, por el contenido relativamente bajo en carbono (menos del 55%) y por su buena solubilidad en agua, alcohol y ácidos minerales. Se caracterizan por la presencia de una fracción nuclear poco pronunciada con predominio de cadenas laterales, por esto se les considera los representantes menos maduros del grupo de las sustancias húmicas. Su estructura química se puede observar en la figura 5.

Figura 5: Estructura química del ácido fúlvico



Fuente: Stevenson (1982)

Los ácidos húmicos y fúlvicos poseen un peso molecular relativamente elevado; se trata de verdaderas macromoléculas. La magnitud de sus pesos va desde 2.000 a 400.000 da (dalton); encontrándose el 75% de ellos en valores inferiores a 100.000 da (dalton). (Swift, 1999; Hayes y Clapp, 2001).

En estado natural, los ácidos húmicos y fúlvicos están íntimamente ligados a arcillas (Guerrero, 1996). La composición elemental de las sustancias húmicas se presenta en la tabla 7.

Tabla 7: Composición Elemental de las Sustancias Húmicas

	C %	H %	O %	N %
Ácido Fúlvico	44 - 49	3,5 – 5	44 – 49	2,0 – 4
Ácido Húmico	52 - 62	3 – 5,5	30 - 33	3,5 – 5

Fuente: Kononova (2000)

Las posibles mejoras físicas serían:

- Favorecen la formación de agregados estables, actuando conjuntamente con arcillas y humus; mejorando la estructura del suelo (Tisdale y Nelson, 1966). De esta manera da cohesión a suelos arenosos y disminuye ésta en suelos arcillosos (Tan y Nopamornbodi, 1979; Bellapart, 1996).
- Dan un color oscuro al suelo, lo que provoca un aumento de su temperatura. (Landeros, 1993).
- El humus aumenta la capacidad de retención de humedad en el suelo (Tisdale y Nelson, 1966; Bellapart, 1996).
- El humus mejora y regula la velocidad de infiltración del agua, evitando la erosión producida por el escurrimiento superficial (Bollo, E. 1999).

Las posibles mejoras químicas serían:

- Las sustancias húmicas elevan la capacidad de intercambio catiónico de los suelos al unirse con las arcillas para formar el complejo arcillo – húmico (Landeros, 1993; Tradecorp, 2001).
- Forman complejos fosfo – húmicos, manteniendo el fósforo en un estado asimilable por la planta (Tisdale y Nelson, 1966; Bellapart, 1996; Tradecorp, 2001).
- El humus eleva la capacidad tampón de los suelos. Así para producir cambios en el pH del suelo puede ser necesario adicionar mayores cantidades de ácidos o bases (Landeros, 1993; Bollo, E. 1999).

- Su acción quelante favorece la disponibilidad de algunos micronutrientes para la planta (Landeros, 1993).
- El humus es una fuente de gas carbónico que contribuye a solubilizar algunos elementos minerales, con lo que facilita su absorción por parte de la planta (Tisdale y Nelson, 1966; Bellapart, 1996).
- El humus aporta elementos minerales en bajas cantidades, y es una importante fuente de carbono (Bellapart, 1996; Bollo, E. 1999).

1.2.2.8. **Macronutrientes Micronutrientes**

Según Eiroa (2012) los principales macronutrientes son:

Nitrógeno (N): Es el nutriente que favorece el desarrollo de la parte aérea de las plantas y proporciona el color verde a las hojas. Por lo tanto las deficiencias en Nitrógeno derivan en cultivos de plantas débiles, pálidas con lo cual la productividad del cultivo queda mermada.

Entre sus funciones están alimentar a los microorganismos del suelo y favorecer la descomposición de la materia orgánica, contribuyendo al incremento de la biomasa vegetal (Suquilanda, 1996)

Guerrero (1993), menciona que favorece el desarrollo del tallo, el crecimiento del follaje y contribuye en la formación de frutos y granos. Sin embargo, un exceso de este elemento provoca un crecimiento excesivo del follaje, un escaso desarrollo en el sistema radical y un retardo en la formación de flores y frutos.

Fósforo (P): Es el componente esencial en las enzimas vegetales implicadas en la transferencia de energía de los procesos metabólicos, presente en los ácidos nucleicos, azúcares y ácido fítico, participa en la fotosíntesis y respiración, es un componente esencial en la membrana celular, favorece el desarrollo radicular, durante la floración, favorece la maduración de los frutos. Cuando éste es deficiente, la planta es más débil, no crece al mismo ritmo, no desarrolla sus raíces, se retrasa la floración y la maduración de los frutos y las plantas son menos resistentes al frío.

Un efecto notorio de la deficiencia de fósforo es la reducción en la expansión celular (Marschner, 1998), razón por la cual, las plantas pueden presentar enanismo.

Salisbury (1992), menciona que el fósforo se encuentra en mayor proporción en las hojas jóvenes, flores y semillas en desarrollo.

Potasio (P): También es muy importante en el metabolismo de las plantas. Controla la respiración abriendo y cerrando las estomas y actuando sobre los cloroplastos, en la fotosíntesis. Participa en la movilización de los azúcares desde las hojas a zonas de almacenaje. Mejora el sabor de los frutos, aumenta la resistencia de las plantas a enfermedades, parásitos y heladas. Cuando el potasio es deficiente, toda la planta está flácida y las hojas parecen viejas y se amarillean desde los bordes. Las plantas suelen romperse por culpa de la flacidez y son más propensas a enfermedades.

Calcio (Ca): Es un nutriente necesario para que la planta pueda absorber otros nutrientes. Forma parte de la estructura de la pared celular vegetal, de enzimas vegetales y fito hormonas. Favorece la resistencia a altas temperaturas. También mejora la resistencia a enfermedades y afecta a las propiedades organolépticas de los frutos.

Magnesio (Mg): Participa en todas las reacciones químicas del metabolismo de las plantas, especialmente en los procesos de fosforilación y energía. También forma parte de la pared celular vegetal y ayuda a la acumulación de vitamina C y ácido cítrico, valorado en frutos y verduras. Es un componente esencial de la clorofila, es necesario para la formación de azúcar, ayuda a la asimilación de otros nutrientes y promueve la formación de aceites y grasas. En ciertas formas corrige la acidez del suelo.

Azufre (S): Cuando hay azufre, mejoran las funciones del nitrógeno. Vital en la síntesis de proteínas, en las reacciones enzimáticas del metabolismo energético y de ácidos grasos. Componente de la vitamina B1 y forma parte de sustancias que la planta posee como defensa.

Según Eiroa (2012) los principales micronutrientes son:

Hierro (Fe): Participa en las reacciones enzimáticas de las plantas. Tiene especial importancia en la síntesis de clorofila para la fotosíntesis. Con la ausencia de hierro o imposibilidad de que pueda absorberse en la raíz (con pH alcalinos) se produce una clorosis progresiva, desde las hojas jóvenes a las más viejas, hasta que ocurre la caída de las hojas.

Zinc (Zn): Colabora, en la glicólisis y en la fotosíntesis. Da estabilidad en los ribosomas, lugar de la síntesis proteica. Su presencia es importante en la asimilación de amonios. Con

ausencia de zinc, las hojas se quedan pequeñas y las puntas blancas. La planta se queda enana.

Manganeso (Mn): Influye directamente en la fotosíntesis, al igual que el zinc, porque participa en la síntesis de los cloroplastos. También es fundamental en la síntesis de ácidos grasos. Reduce la presencia de nitratos en las plantas. Fomenta el desarrollo de nuevas raíces laterales. Aumentan la concentración de ácido cítrico y vitamina C en los frutos, hojas y tubérculos. Con ausencia de manganeso aparecen clorosis entre las venas de las hojas medias y jóvenes. Disminuye el crecimiento y el desarrollo de raíces laterales.

Cobre (Cu): Participa en la formación de lignina, vitamina A y en todo el metabolismo de los carbohidratos y el transporte electro-fotosintético. Es decir, participa en actividades catalíticas importantes de la planta formando parte de las enzimas. Cuando la planta está carente de cobre, las hojas jóvenes se tornan de color blanco y se enrollan hasta que mueren, especialmente en cereales.

1.2.2.9. **Materia orgánica (MO)**

Maturana (2003), indicó que la MO consiste en la presencia de residuos vegetales en diversas fases de descomposición y restos de organismos y microorganismos (bacterias, hongos y actinomicetos) que viven en el suelo y sobre él. El contenido y calidad de la materia orgánica, depende del tipo de suelo, su manejo agronómico, el tipo de vegetación y las características climáticas.

Según Hendriks y Van (1999), la MO presenta las siguientes características:

Físicas: Tiene también efectos importantes sobre la temperatura del suelo. Posee una conductividad térmica más baja que la materia mineral, mientras que las diferencias en la capacidad calorífica son bajas porque dependen del contenido de humedad. Al tener una conductividad térmica baja, la MO mantiene las temperaturas constantes en el tiempo, reduciéndose las oscilaciones térmicas.

Químicas: Muchos metales que se precipitan en los suelos en condiciones normales, se encuentran mantenidos en la solución del suelo en forma quelatada. Es probable que estos micronutrientes sean transportados hacia las raíces de las plantas en forma de quelatos complejos solubles.

Biológicas: Sirve de fuente de energía para los microorganismos del suelo. Favorece la presencia de lombrices que contribuyen a estructurar el suelo. Algunos materiales orgánicos presentan actividad supresora frente a hongos y se utilizan para combatir hongos patógenos.

1.2.2.10. **Carbono Orgánico (CO) y relación Carbono / Nitrógeno (C / N)**

El carbono es un elemento mayor presente en la materia orgánica del suelo, comprendiendo de un 48 a 58% del peso total. Las determinaciones de CO son utilizadas a menudo como las bases de los estimados de MO, dividiéndola para un factor. Por muchos años el factor Van Bemmelen de 1.724 ha sido utilizado, basado en asumir que la materia orgánica contenía 58% de C orgánico (Soil Science Society of America, 1990).

Según el valor de la relación C/N, determinaremos si un material orgánico está poco o muy descompuesto. Para valores de C/N = 50 –80, existe mucha materia orgánica y poca actividad microbiana. Para valores entre 15 y 40, la degradación está próxima al equilibrio, y se incorpora al suelo parte del nitrógeno liberado. Para valores próximos a C/N = 10, se considera que la descomposición de la materia orgánica ha entrado en equilibrio, lo que significa que las cantidades de carbono y nitrógeno son las adecuadas para que el proceso no se retarde ni acelere (Maturana, 2003).

1.2.2.11. **Parámetros de control**

pH: Es una medida de qué tan ácido o básico es el elemento analizado. Al tener un pH de 7 se dice que es neutra. Valores menores a 7 son ácidos y aquellos mayores a 7 son básicos. (GWW, 2005). Domínguez (1975), menciona que el pH es un buen indicador del estado general del producto ya que tiene influencia en múltiples procesos de alteración y estabilidad de los alimentos, así como en la proliferación de microorganismos.

Según Salisbury y Cleon (1992), el pH influye de dos maneras:

- Facilitando la absorción de algunos nutrientes que en grandes cantidades resultarían tóxicos para la planta.
- Impide el aprovechamiento de algunos nutrientes esenciales para el desarrollo de la misma.

Temperatura: La temperatura del suelo en sus capas superficiales está ligada a la temperatura del aire; depende, pues del régimen térmico del clima de la zona, encontrando zonas frías y cálidas que superan los 40°C. La temperatura del suelo influye en muchos aspectos agrícolas, como la germinación de las semillas o el desarrollo radical de las plantas, la actividad de su flora microbiana se detiene cuando desciende por debajo de 0 °C o superan los 40 °C (Calvache, 2009).

Conductividad eléctrica: La conductividad eléctrica de una muestra de agua es la expresión numérica de su capacidad para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones en el agua, de su concentración total, de su movilidad, de su carga y de las concentraciones relativas, así como de la temperatura. Para Padilla (2007) el agua pura es muy mala conductora de la electricidad, mientras que el agua que contiene sales en solución puede conducir corriente en forma proporcional a la cantidad de sales disueltas.

Salinidad: La salinidad del suelo se mide mediante la conductividad eléctrica en una solución del suelo. Todas las soluciones reales de agua poseen conductividad eléctrica y no indica la naturaleza de las sales, pero permite conocer el grado de mineralización del agua. El análisis de las sales solubles en los suelos y aguas trata de establecer si existen en ellos cantidades suficientes de sales como para producir interferencia con la germinación normal de las semillas, con el crecimiento de las plantas o con la toma de agua por medio de las mismas. La salinidad del suelo se da principalmente por un exceso de fertilización o por una fertilización no equilibrada (Fainstein, 1997).

1.3. OBJETIVOS

- **Objetivo General**

Analizar métodos para la producción de vermicompost mediante el uso de microorganismos eficientes autóctonos (M.E.A.) empleados en materia orgánica compostada.

- **Objetivos Específicos**

- Evaluar la calidad del vermicompost mediante el empleo de diferentes concentraciones de microorganismos eficientes autóctono en términos de riquezas nutricional útil para la producción agrícola.
- Identificar los posibles géneros de microorganismos eficientes autóctonos aplicados en el vermicompostaje.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Localización e instalaciones

La presente investigación se llevó a cabo en septiembre del 2015, en el Centro Tecnológico Maquita (anexo 1 – fotografía 1), propiedad de la fundación MCCH, el mismo que está ubicado en el km. 19 de la vía Sto. Domingo en el Cantón San Jacinto de Buena Fe, provincia de Los Ríos. Se encuentra a una altura de 100 metros sobre el nivel del mar entre las coordenadas geográficas de 0°50'54,64" Sur y 79°29'20" Oeste.

Su imagen satelital podemos observarla en la figura 6.

Figura 6: Visualización satelital del área de estudio



Fuente: Google earth (2011)

Los análisis químicos de las muestras de humus sólido se realizaron en los siguientes laboratorios:

- Laboratorio “SALBRA” ubicado en el cantón Mocache, Provincia de Los Ríos.
- Laboratorio “UBA” ubicado en el cantón Guayaquil, Provincia de Guayas.

2.1.1. Selección del sitio de vermicompost

Según Barbado 2003, las lombrices prefieren condiciones de alta humedad relativa y sombra. Para ello se siguieron las siguientes recomendaciones:

- Se obtuvo agua potable en una llave instalada dentro del área de vermicompost (anexo 1 – fotografía 2).
- El alimento de las lombrices, es decir, el compost estaba aproximadamente a 10 metros de distancia del área de vermicompost (anexo 1 – fotografía 3).
- El área seleccionada prestaba las condiciones necesarias para el buen manejo de lixiviados, por medio de pendientes y canales que permitían direccionar los lixiviados a un sitio adecuado (anexo 1 – fotografía 4).
- Es permanente la disponibilidad de personal que labora para el Centro de Investigación (Técnico de la finca, Laboratorista, personal de limpieza y servicio).

2.2. Procedimientos previos a los tratamientos

Se realizaron varios procedimientos para la preparación de los tratamientos:

2.2.1. Elaboración y etiquetado de cajones

Se construyeron diez cajones vermicomposteros con la colaboración de un carpintero de la zona. Para esta actividad se usaron los siguientes materiales: madera, geomembrana (plástico negro), clavos, martillos, sierra y metro. Cada uno de los cajones se etiquetó con sus respectivos tratamientos. Las medidas aproximadas de los cajones fueron:

- 100 cm de largo.
- 100 cm de ancho.
- 40 cm de profundidad.

También se dejó una pendiente de 5 a 10 grados en cada uno de los cajones, para el escape del exceso de humedad (anexo 1 – fotografía 5).

Finalmente se colocó la geomembrana (plástico negro) en cada uno de los cajones para evitar la filtración de humedad en la madera y se etiquetaron todos los cajones con sus respectivos tratamientos (anexo 1 – fotografía 6).

2.2.2. Obtención de Vermicompost Tradicional

Debido a que el vermicompost empleado en la investigación ya contenía MEA, se decidió incluir un nuevo tratamiento denominado “Control Tradicional” (anexo 1 – fotografía 7).

Este vermicompost se obtuvo de una de las fincas asociadas a la Fundación MCCH, y fue elaborado bajo un proceso tradicional, utilizando como materia orgánica el estiércol de ganado y desechos comunes de finca, los que a su vez con la acción de la lombriz terminarían de descomponerse y producir el humus. Este vermicompost fue considerado como un testigo primordial en la investigación, ya que sirvió como referencia en la comparación de los resultados obtenidos en sus respectivos análisis físicos, químicos y estadísticos.

2.2.3. Obtención de compost y vermicompost

El compost y vermicompost fueron obtenidos de las instalaciones del Centro Tecnológico Maquita, en el área de lombricultura (anexo 1 – fotografía 8). El material orgánico principal que se utilizó para el compost fue:

- Estiércol de ganado como materia orgánica principal.
- Desechos de la finca como materia orgánica secundaria (restos de frutas, vegetales, etc.)

Durante este proceso de compostaje se realizaron controles básicos de varios parámetros físicos como temperatura, humedad y pH. Según MCCH (2015), en su investigación se registraron valores satisfactorios como los podemos observar en la tabla 8.

Tabla 8: Promedio de Parámetros físicos en proceso de compostaje con MEA

Parámetros físicos	Promedios
Temperatura	26 °C
Humedad	60 %
pH	7

Fuente: MCCH (2015)

En el compost se realizaron aplicaciones de MEA para de esta manera acelerar los procesos de descomposición de la materia orgánica. Finalmente en las camas de lombricultura se colocó el compost para de esta forma comenzar con el proceso de la lombriz roja.

2.2.4. Obtención de Microorganismos Eficientes Autóctonos (MEA)

Los MEA fueron obtenidos de las instalaciones del Centro Tecnológico Maquita, en el área de lombricultura (anexo 1 – fotografía 9).

Dichos microorganismos se capturaron con todos los procesos metodológicos empleados por el centro de investigación Maquita, que consistió en aislar en medios de cultivo las cepas de los microorganismos eficientes autóctonos de la zona, en este caso el Bosque Húmedo “Jauneche”. Luego de ésto se procedió a la reproducción de los MEA, la cual consistió de manera general en un proceso netamente anaeróbico, donde se introducen las cepas seleccionadas en conjunto con una fuente de alimentación que contiene melaza, harina de pescado y roca fosfórica. Este proceso tiene una duración aproximada de un mes.

La mayoría de estos procesos se realizaron en el laboratorio básico del Centro Tecnológico Maquita (anexo 1 – fotografía 10). Se colocó aproximadamente 1 quintal de vermicompost en cada uno de los cajones. Para esto se utilizó una balanza, un balde de plástico y una pala (anexo 1 – fotografía 11 y 12).

2.2.5. Transformación de MEA sólido en estado líquido

Se utilizó el material sólido de MEA (anexo 1 – fotografía 13), el mismo que fue transformado a estado líquido para la aplicación adecuada de las dosis establecidas. Su transformación ha estado líquido se realizó en el siguiente proceso:

Para 10 L de MEA se aplica 1 kg de MEA sólido más $\frac{1}{4}$ del L de melaza, la cual se utiliza como fuente energética de los microorganismos con el fin de favorecer la multiplicación y la

actividad microbiológica (Restrepo, 2001). Posteriormente en un envase plástico se colocaron todos estos elementos y se mezclaron hasta homogenizarla. Los materiales utilizados para esta transformación fueron una balanza, baldes plásticos, fundas plásticas y melaza (anexo 1 – fotografía 14 y 15).

2.3. Diseño experimental

Para evaluar el vermicompost se utilizó un diseño completamente aleatorio (DCA) con cinco tratamientos y dos repeticiones, además de un tratamiento denominado Control (T6 o C).

Cada unidad experimental fue conformada por 1 quintal de compost constituyendo un total de 10 unidades experimentales. El tratamiento Control (T6 o C) no fue tomado en cuenta como unidad experimental del cual se tomaron 5 kg de vermicompost tradicional.

2.4. Tratamientos

Para que los resultados obtenidos en este estudio sean estadísticamente apropiados, se realizaron cinco tratamientos de vermicompostaje con una réplica en cada uno de los cajones y un tratamiento T6 de vermicompost tradicional los cuales fueron:

- Los tratamientos 1, 2, 3, y 4 (T1, T2, T3, T4) que consistió en la incorporación de MEA líquido en diferentes dosis al vermicompostaje (anexo 1 – fotografía 16).
- El tratamiento 5 (T5) donde se incorporó únicamente agua como fuente de humedad al vermicompostaje (anexo 1 – fotografía 17).
- El testigo T6 de vermicompost tradicional, donde se realizó control empírico de humedad con agua (anexo 1 – fotografía 18).

Las dosis de MEA líquidas aplicadas en cada tratamiento fueron distintas y mezcladas con agua, buscando encontrar la dosis más satisfactoria en términos de eficiencia y eficacia. Esto se realizó debido a que no existe una metodología que indique la dosis apropiada de MEA para el vermicompostaje. Las dosis establecidas se muestran en la tabla 9.

Tabla 9: Dosis de MEA y agua a los tratamientos

100% de MEA (T1)	En este tratamiento a dos cajones se les aplicó una dosis de 3 litros de MEA un día a la semana.
75% de MEA + 25% de agua (T2)	En este tratamiento a dos cajones se les aplicó una dosis de 2 litros de MEA mezclado con 1 litro de agua un día a la semana.
50% de MEA + 50% de agua (T3)	En este tratamiento a dos cajones se les aplicó una dosis de 1.5 litros de MEA mezclado con 1.5 litros de agua un día a la semana.
25% de MEA +75% de agua (T4)	En este tratamiento a dos cajones se les aplicó una dosis de 1 litro de MEA mezclado con 2 litros de agua un día a la semana.
100% de Agua (T5)	En este tratamiento a dos cajones se les aplicó una dosis de 3 litros de agua un día a la semana.

Fuente: Autor

Para la aplicación de MEA y de agua se utilizaron los siguientes materiales (anexo 1 – fotografía 19):

- 2 botellas plásticas de 3 litros.
- 2 baldes con 20 litros de capacidad.
- 1 embudo.

2.5. Determinación de calidad de vermicompost

Ferruzi (1988) y Martínez (1996), concuerdan que el conjunto de características químicas, físicas, y microbiológicas, son las que determinarán la calidad del vermicompost final y en consecuencia el uso apropiado de estos productos; debido a ello se realizaron los siguientes análisis y controles:

2.5.1. Control de parámetros

Coordinadamente con las aplicaciones semanales de MEA líquido, se tomaron los datos de temperatura, pH, salinidad, conductividad eléctrica y humedad, en cada uno de los tratamientos (anexo 2 – tabla 10). La duración de este control se realizó durante ocho

semanas aproximadamente. El equipo principal con el que se realizó la toma de estos datos para pH, salinidad, temperatura y conductividad eléctrica fue el Waterpolo PCSTestr 35 (anexo 1 – fotografía 20).

Debido a que este equipo se utiliza para medir muestras líquidas, los valores medidos fueron transformados a una proporción de 1:1. Para ello se utilizó un vaso de precipitado de 600 ml (anexo 1 – fotografía 21). Este proceso consistió en aplicar 100 ml de agua más la aplicación de vermicompost hasta completar los 200 ml. Se disolvieron cada una de las muestras hasta homogenizarla y se procedió a tomar los datos (anexo 1 – fotografía 22 y 23).

También para la medición de pH se utilizó como referencia el equipo E.M. System Soil Testr (anexo 1 – fotografía 24). Ambos equipos fueron utilizados durante todo el proceso de toma de datos de los tratamientos (anexo 1 – fotografía 25 y 26).

La humedad fue controlada de manera manual (Vaciamadrid, 2010); para ello, se coge un puñado de material (vermicompost), se aprieta con la mano y si permanece compacto, significa que está en buenas condiciones; si se deshace en la mano, es que está seco, y si se desprenden gotas de agua, es que está demasiado húmedo (anexo 1 – figura 7)

Figura 7: Medición empírica de Humedad



Fuente: Vaciamadrid (2010)

Para enviar las muestras a los laboratorios, se procedió a colocar aproximadamente 1 kg de alimento fresco (desechos de frutas) en la parte superior todos los cajones una semana antes de la cosecha de humus (anexo 1 – fotografía 27).

Luego se colocaron en fundas plásticas herméticas etiquetadas aproximadamente 2kg de humus sólido conformada por la mezcla de las sub-muestras de cada réplica (anexo 1 – fotografía 28).

2.5.2. Análisis químico de humus sólido

Para el análisis de Ácidos Húmicos y Ácidos Fúlvicos se enviaron las muestras al laboratorio “UBA” y para el análisis de Nutrientes se enviaron las muestras al laboratorio “SALBRA”.

2.5.3. Determinación de CO y C / N

Para calcular el nivel de descomposición de la materia orgánica y saber si ésta ya se encuentra en un estado equilibrado, se procedió a determinar el CO y C/N.

Basado en Soil Science Society of America (1990), se realizaron los cálculos para determinar el CO en cada uno de los tratamientos, en donde:

- **CO:** $MO / 1,724$
- **C/N:** CO / N

2.5.4. Análisis microbiológico

Se realizó un análisis microbiológico para determinar los posibles géneros de MEA en los tratamientos, deduciendo que la presencia de patógenos es nula. Algunos autores, han relacionado la riqueza microbiana del vermicompost sobre otros sustratos con respecto a la actividad supresora de algunas enfermedades de suelo, y han relacionado esta cualidad directamente con una mayor población de microorganismos beneficiosos (Ramírez, 1996).

Para el análisis de los MEA se tomaron 10 gramos de cada una de las muestras de los tratamientos, las que fueron pesadas en una balanza digital (KERN ABJ). Para ésto se utilizaron guantes, pinza y recipiente de muestreo, todos estos materiales esterilizados para

evitar contaminación en las muestras (anexo 1 – fotografía 29 y 30). Para el análisis se siguieron los siguientes pasos:

2.5.4.1. Dilución de las muestras

Los 10 gramos de vermicompost de cada tratamiento fueron disueltos en 90 ml de agua destilada estéril, con la ayuda de una micro pipeta (BOECO Germany de 1000 μ l) (anexo 1 – fotografía 31) y se homogenizó la muestra en un agitador (Heidolph Rotamax 120) (anexo 1 – fotografía 32) durante 30 minutos para obtener una suspensión de la muestra en 10^{-1} . De esta dilución se extrajo 1 ml y se mezcló con 9 ml de agua destilada estéril, llegando a una concentración de 10^{-2} , así sucesivamente se fue diluyendo la solución hasta llegar a 10^{-3} y 10^{-4} , que fueron empleadas en la siembra de los medios de cultivo. Todas estas disoluciones se realizaron para poder diferenciar la estructura del crecimiento de los microorganismos (anexo 1 – fotografía 33 y 34).

2.5.4.2. Preparación del medio de cultivo

El medio de cultivo empleado fue POTATO DEXTROSE AGAR (PDA) (anexo 1 – fotografía 35), que es un medio específico para identificación de hongos y bacterias. Con un agitador magnético (Cole Parmer) se homogenizó el medio de cultivo en agua destilada, logrando una solución líquida del PDA de 400 ml (anexo 1 – fotografía 36). Para este proceso también se utilizó un matraz de 500 ml BODECO Germany y una pila magnética (anexo 1 – fotografía 37). Luego se esterilizó en autoclave durante 15 minutos a 1.200 °C (anexo 1 – fotografía 38).

2.5.4.3. Incubación de las muestras (fotografía 39)

Dentro de la Cámara de Flujo laminar (Forma 1800 SERIES Clean Benche) (anexo 1 – fotografía 40), se distribuyó el medio de cultivo en 11 cajas petri incluyendo un control negativo (anexo 1 – fotografía 41).

Con la Micro pipeta se aplicaron 20 ml de PDA y 100 μ l de cada solución en los medio de cultivo. El asa de platino (BACTI- CINERATOR *IV) (anexo 1 – fotografía 42 y 43) se usó

para dispersar y el mechero eléctrico para que todo se realice de forma estéril. Luego se utilizó PARAFILM para sellar las cajas petri (anexo 1 – fotografía 44).

Finalmente se incubó por una semana (HERATHERM Incubator) a una temperatura constante de 28°C (anexo 1 – fotografía 45 y 46).

2.5.4.4. **Aislamiento y caracterización de microorganismos**

Se visualizaron las características morfológicas macro y microscópicas de los MEA en los tratamientos. Estos factores también se describieron mediante observación simple, discriminando entre ellas por la coloración, forma, estructura y borde, de acuerdo a lo señalado por Clavijo et al., (2012).

Estas muestras también fueron analizadas a nivel microscópico mediante lente de 100x para ver su estructura a nivel de hifas y esporas; en el caso de bacterias se hizo la tinción de Gram que consiste en la capacidad que tiene las bacterias para retornar la coloración y se clasifican en GRAM + y GRAM -. También se realizaron observaciones de los filamentos y conidias, según lo indicado por Salazar y Ordoñez (2014); Arias y Piñeros (2008) para los hongos.

2.5.5. **Análisis estadístico**

2.5.5.1. **Parámetros**

Con el programa Microsoft Excel se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) con un nivel de confianza de 95% bajo la prueba de Tukey, para establecer las diferencias estadísticamente significativas en todos los parámetros evaluados.

Hipótesis nula: El promedio de los parámetros en todos los tratamientos es igual, con 95% de confiabilidad.

Hipótesis alternativa: En al menos un tratamiento el promedio de los parámetros es distinto, con 95% de confiabilidad. Si $P(p) \geq 0,05$ se acepta hipótesis nula, caso contrario se acepta la alternativa.

Debido a que todas las muestras eran iguales en su contenido de vermicompost, solo se aplicó la prueba de Tukey con su tabla de valores críticos, donde la hipótesis resultó alternativa, identificando las diferencias de los promedios de cada parámetro. Con esta

prueba se obtuvo la diferencia honestamente significativa de Tukey (HSD), la misma que permitió comparar los promedios de cada tratamiento e identificar en cual existió diferencia significativa. Su fórmula se detalla a continuación:

$$DSM = q_{\alpha, K, g_{error}} \sqrt{\frac{2CM_{error}}{n}}$$

- **HSD:** Multiplicador * Raíz (MSE / n).
- **Multiplicador:** Grado de libertad entre los grupos (Valor de q q α (v1, v2)).
- **Cuadrado del error medio (MSE):** Suma de cuadrados/ Grados de libertad (dentro de los grupos).
- **n:** Tamaño de la muestra (número de semanas).

Se realizaron gráficas con los parámetros para visualizar el comportamiento y tendencia de éstos a través del tiempo.

2.5.5.2. Nutrientes

Para el análisis de datos de los Nutrientes se utilizó el programa Microsoft Excel, con la herramienta de estadística descriptiva, para visualizar un resumen estadístico a nivel de confianza para la media de 95%. Específicamente se halló la Media y la Desviación Estándar (DESVEST), que permite identificar la variación existente entre los nutrientes de los tratamientos

Se realizaron gráficas con datos de nutrientes para visualizar el promedio total y tendencia lineal entre los tratamientos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Evaluación y gráficos de parámetros

Existieron diferencias significativas dentro de los parámetros de conductividad eléctrica y salinidad, ambos con una probabilidad de $p \leq 0,00002$. Esto da a entender la relación estrecha que existe entre estos dos parámetros como fue mencionado anteriormente.

A continuación en la tabla 11 se observa el promedio de todos los parámetros con sus diferencias significativas.

Tabla 11: Promedio de los parámetros con probabilidad de diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Tratamientos	pH	T ⁰ C	C.E. Ms/cm	Salinidad
T1	6,99	27,21	2,72	1,41
T2	6,62	27,67	2,61	1,35
T3	6,80	27,35	2,50	1,32
T4	6,45	27,49	2,71	1,48
T5	6,34	27,38	3,03	1,55
T6(C)	7,56	28,21	3,44	1,77
Promedio	6,79	27,55	2,83	1,48
P ≤	0,22	5,13	0,00002	0,00002

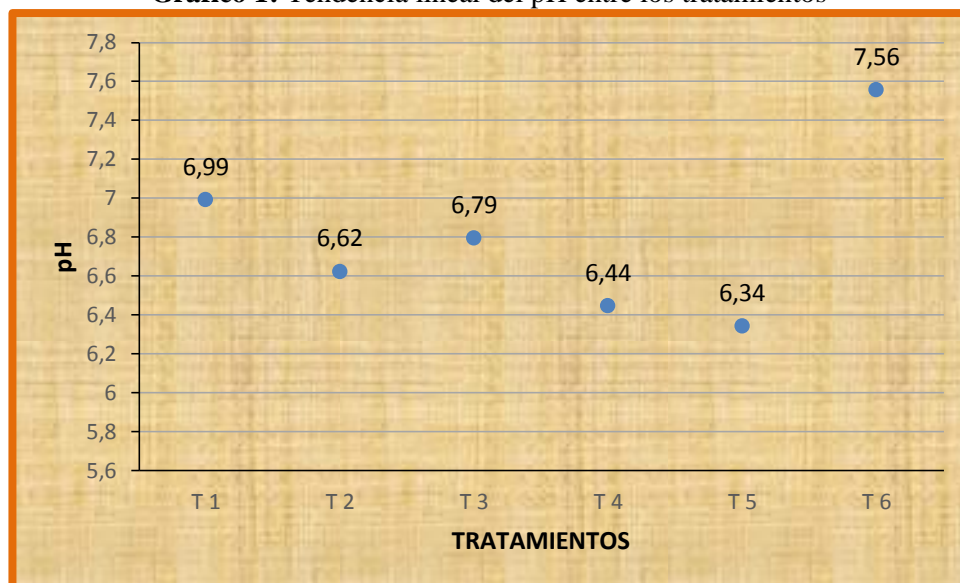
Fuente: Autor

3.1.1. pH

El análisis de varianza aceptó la hipótesis nula, la cual menciona que el promedio de pH en los seis tratamientos es igual, con un $p \geq 0,22$ mayor que el de significancia ($p \leq 0,05$).

Se generó una tendencia descendente desde T1 hasta T5 como lo podemos observar en el gráfico 1. Esta diferencia de pH posiblemente se deba a la actividad microbiana.

Gráfico 1: Tendencia lineal del pH entre los tratamientos



Fuente: Autor

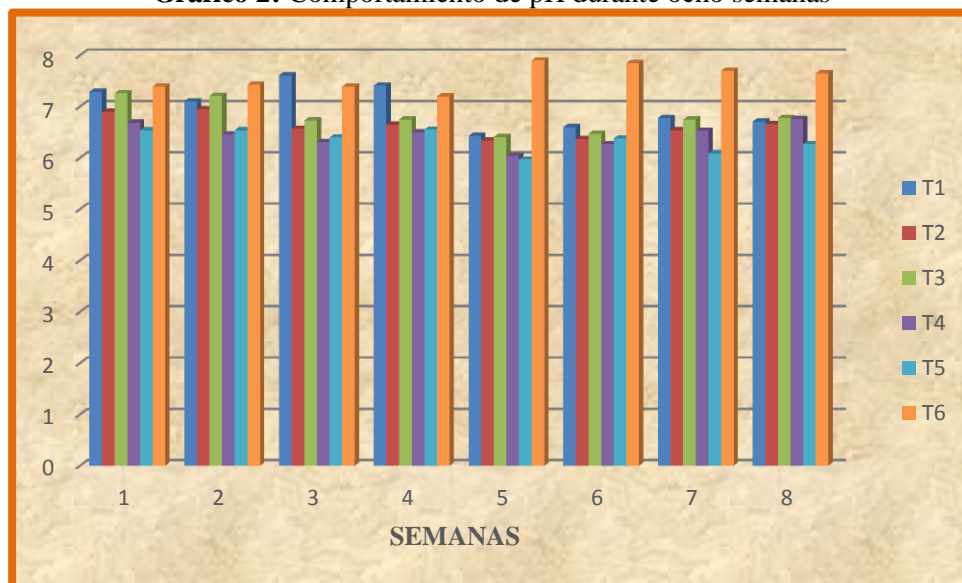
El mayor promedio se dio en el testigo T6 con un valor de 7,56; mientras que el menor valor se manifestó en el tratamiento T5 con un valor de 6,34 donde también se obtuvo porcentaje más bajo de fósforo y de hierro, así como lo manifiestan Salisbury y Cleón (1992), que en suelos con pH menores a 6,5, se reduce la disponibilidad de fósforo; mayores de 6,5 se reduce la disponibilidad de cobre, manganeso, zinc y hierro. El valor de pH en la mayoría de los suelos se encuentra entre 4 y 8. Una acidez marcada es evidencia de una deficiencia de nutrientes, siendo nuevamente el T5 con menor valor de nutrientes totales.

El valor más aceptable (neutro) fue en T1 con 6,99 donde se aplicó una dosis de 100% de MEA; este valor es reportado por Reinés (1998) como adecuado para la inoculación de las lombrices. Durán y Henríquez (2007) obtuvieron un valor de 7,8 en vermicompost tradicional, similar al valor del tratamiento T6 con 7,56.

Padilla (2007), menciona que el crecimiento de las plantas, en suelos ácidos como alcalinos hacen que algunos nutrientes sean altamente insolubles a valores de pH altos, mientras que otros son menos disponibles a valores de pH bajo. La disponibilidad máxima para la mayoría de nutrientes ocurre en el rango de pH de 6,5 a 7,5; es decir neutros, siendo el tratamiento T1 más aceptable con 6,99.

Cabe recordar que la función de las glándulas de Morren dentro de la morfología de la lombriz (anexo 1 – figura 3), es secretar carbonato cálcico y producir una digestión alcalina, por lo que es de esperar valores de pH ligeramente alcalinos en los diferentes humus de lombriz (Bollo, E. 1999), como pudimos observar estas diferencia entre el tratamiento T1 y el tratamiento T6. Podemos observar el comportamiento del pH en el grafico 2.

Gráfico 2: Comportamiento de pH durante ocho semanas



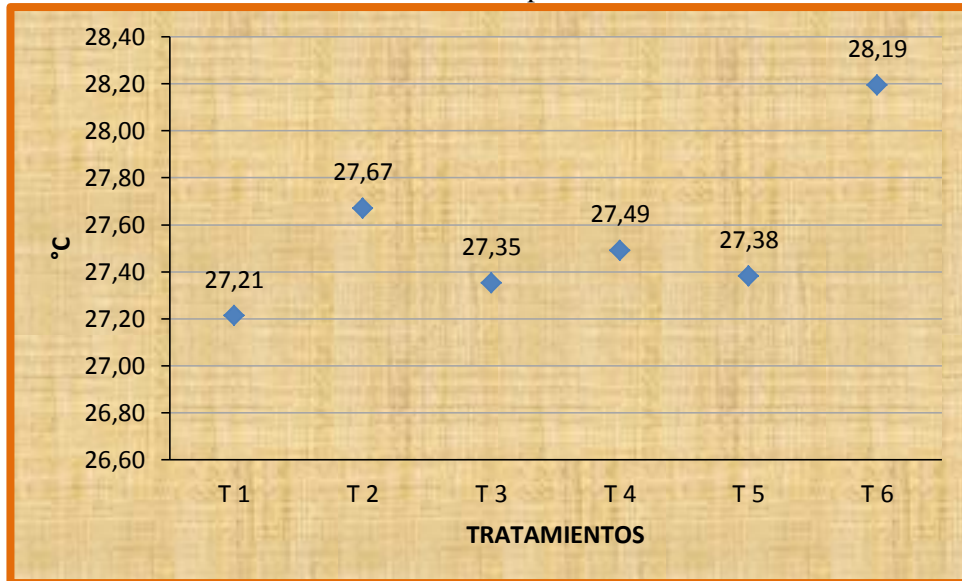
Fuente: Autor

3.1.2. Temperatura

Al realizar el análisis de varianza se aceptó la hipótesis nula, la cual menciona que el promedio de temperatura en los seis tratamientos es igual, con un promedio de 5,13 mayor que el de significancia ($p \leq 0,05$).

Se generó una tendencia constante desde el tratamiento T1 hasta T5 como se observa en el gráfico 3.

Gráfico3: Tendencia lineal de la temperatura entre los tratamientos



Fuente: Autor

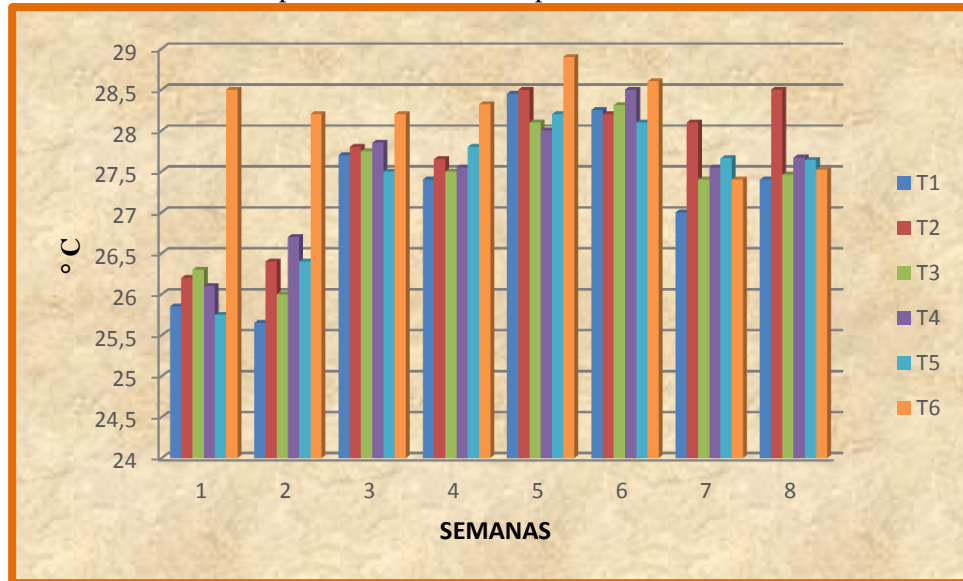
El mayor promedio de temperatura se obtuvo en el testigo T6 con 28,19 °C; mientras que el menor valor se manifestó en el tratamiento T1 con 27,21 °C, generando una temperatura constante de tratamiento T1 al T5, siendo ambos valores idóneos para Aguilar (1997), quien manifiesta que entre 15 y 35 °C se permite el desarrollo de microorganismos mesófilos, que posteriormente pudimos encontrar en el grupo de bacterias, sobre todo en el tratamiento T1.

Severiche et al, 2013 indica que la temperatura es un parámetro físico que afecta mediciones de otros parámetro como pH y conductividad; dichas afectaciones pudimos observarlas en la tendencia lineal ascendente que obtuvo el parámetro de conductividad (gráfico 5).

El efecto de la temperatura en el metabolismo, la nutrición y la reproducción de microorganismos, así como el desarrollo de adaptaciones moleculares para sobrevivir en ambientes con temperaturas extremas ha sido ampliamente discutido en la literatura científica. La temperatura es un parámetro físico que afecta mediciones de otros como pH, alcalinidad o conductividad (Severiche et al, 2013). Según esta referencia se puede deducir que no existió diferencia significativa en el parámetro de pH y temperatura.

Podemos observar el comportamiento de la temperatura en el gráfico 4.

Gráfico 4: Comportamiento de la temperatura durante ocho semanas



Fuente: Autor

3.1.3. Conductividad Eléctrica

Con el análisis de varianza se aceptó la hipótesis alternativa, la cual menciona que en al menos un tratamiento el promedio de conductividad eléctrica es distinto, con un nivel de significancia menor al p valor, con 0,00002 ($p \leq 0,05$).

- **HSD:** 0,51
- **Multiplicador:** 4,16
- **Mse:** 0,12
- **N:** 8

Se encontraron diferencia significativa entre los tratamientos T1, T2, T3 y T4 con respecto a T6 (tabla 12).

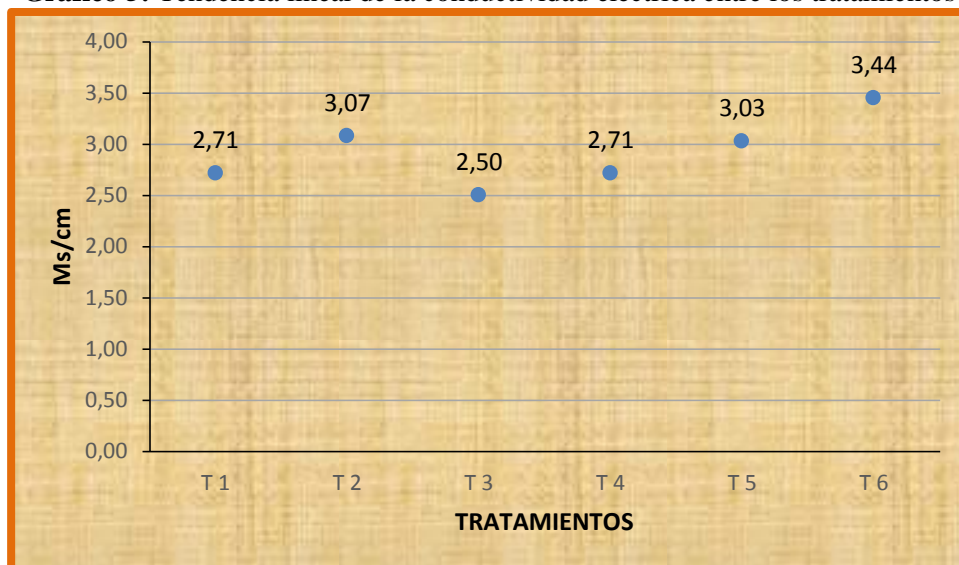
Tabla12: Diferencia significativa de temperatura entre tratamientos (color amarillo)

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
T1		0,11	0,22	0,00	-0,31	-0,73
T2			0,11	-0,11	-0,43	-0,84
T3				-0,21	-0,50	-0,94
T4					-0,32	-0,73
T5						-0,41
T6						

Fuente: Autor

Se generó una tendencia ascendente desde el tratamiento T1 hasta T5 que podemos observar en el grafico 5.

Gráfico 5: Tendencia lineal de la conductividad eléctrica entre los tratamientos



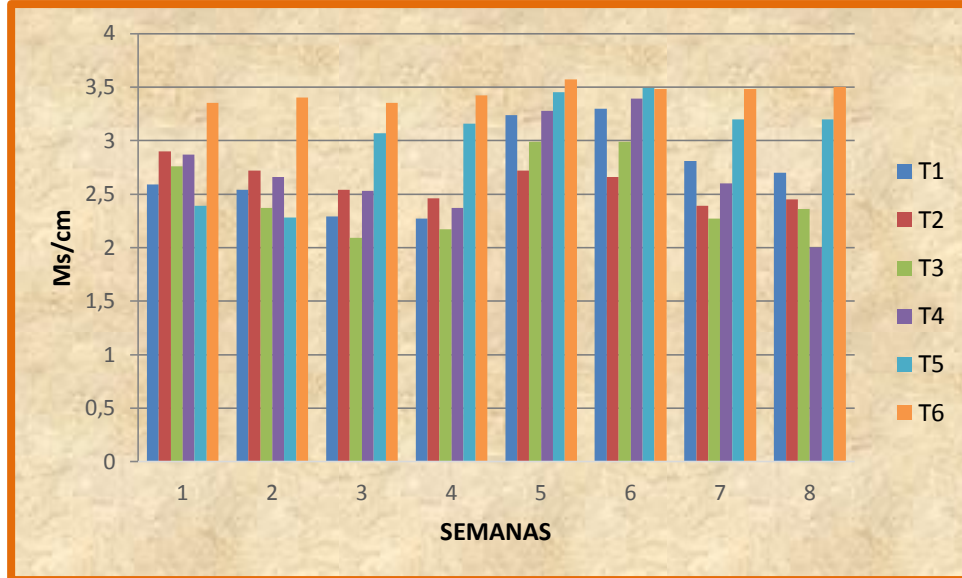
Fuente: Autor

El mayor promedio se obtuvo en el testigo T6 con 3,44 Ms/cm; mientras que el menor valor se observó en el T3 con 2,5 Ms/cm. Este mismo resultado se generó en el parámetro de salinidad, observándose al testigo T6 con el mayor valor y al tratamiento T3 con el menor valor. Según Fainstein (1997), la conductividad eléctrica de una solución es proporcional a la concentración de sales disueltas.

Según Sánchez S. (1997), los valores considerados como ligeramente salinos (2-4 Ms/cm), está presente en todos los tratamientos evaluados. El vermicompost adicionado al suelo como tal, incrementa considerablemente la conductividad eléctrica independientemente del tipo de vermicompost considerado (Lazcano y Domínguez, 2010).

Podemos observar el comportamiento de la conductividad eléctrica en el gráfico 6.

Gráfico 6: Comportamiento de la conductividad eléctrica durante ocho semanas



Fuente: Autor

3.1.4. Salinidad

Con el análisis de varianza se aceptó la hipótesis alternativa, la cual menciona que en al menos un tratamiento el promedio de la Salinidad es distinto, con un nivel de significancia menor al P valor, con $0,00002$ (probabilidad $\leq 0,05$).

- **HSD:** 0,25
- **Multiplicador:** 4,16
- **Mse:** 0,03
- **N:** 8

Se encontraron diferencia significativa entre los tratamientos T1, T2, T3 y T4 con respecto a T6 (tabla 13).

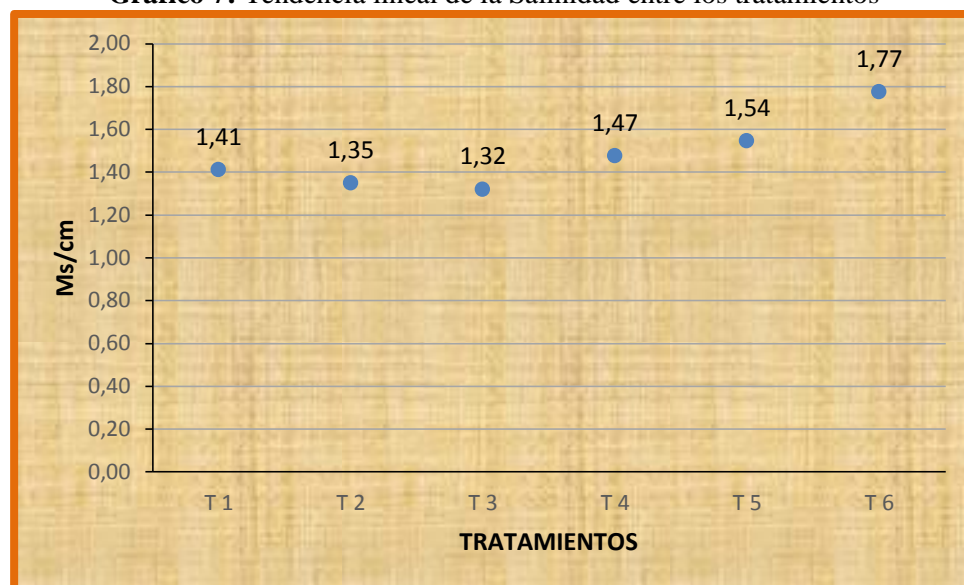
Tabla 13: Diferencia significativa de Salinidad entre tratamientos (color amarillo)

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
T1		0,06	0,09	-0,07	-0,14	-0,36
T2			0,03	-0,13	-0,20	-0,43
T3				-0,16	-0,23	-0,46
T4					-0,07	-0,30
T5						-0,23
C						

Fuente: Autor

Se generó una tendencia ascendente desde el tratamiento T1 hasta T5 que podemos observar en el grafico 7.

Gráfico 7: Tendencia lineal de la Salinidad entre los tratamientos



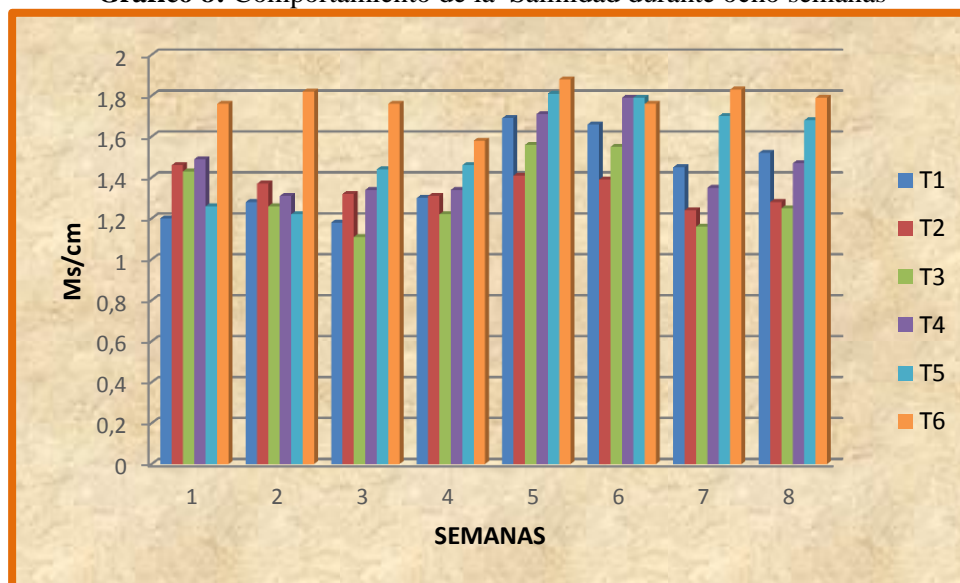
Fuente: Autor

El mayor promedio de salinidad (Ms/cm) se observó en el testigo T6 con un valor de 1,77; mientras que el menor valor se manifestó en el tratamiento T3 con 1,32. Para Padilla (2007), la salinidad del suelo se refiere al contenido de sales, cuando mayor es la concentración de sales en una solución del suelo, mayor es la corriente eléctrica que puede ser transmitida a través de ella, lo que sucedió en el testigo T6, siendo de mayor valor en conductividad eléctrica y salinidad (gráfico 5 y 7). Esto coincide con resultados obtenidos por Gadea et al.(2002), al analizar la calidad de diferentes bioabonos, observando una íntima relación entre los parámetros ya mencionados.

De acuerdo a la literatura, el compost producido en lugares cubiertos como el método utilizado en este estudio, muestran niveles más altos de sales, comparativamente con aquellos expuestos a la lluvia en donde puede ocurrir el lavado y la subsiguiente pérdida de lixiviados, esto concretamente en materiales que son originalmente altos en sales (Vogtmann et al. 1993). Según este mismo autor el potasio (k) se considera uno de los mayores contribuyentes a los contenidos de sales, lo cual concuerda con lo encontrado en este ensayo, en donde los 2 tratamientos con los valores de salinidad más altos (T1 y T6), también son los que muestran los contenidos de K mayores, además del pH más alto.

Podemos observar el comportamiento de la salinidad en el gráfico 8.

Gráfico 8: Comportamiento de la Salinidad durante ocho semanas



Fuente: Autor

3.2. Aporte nutricional de los MEA aplicados en el vermicompost

3.2.1. Nutrientes en general

El T1 resultó de mayor contenido nutricional (color rojo en la tabla 15) con 1,5% en macronutrientes y con 2821,65 ppm en micronutrientes.

Para evaluar la calidad del humus se tomaron en cuenta los reportes de Durán y Henríquez (2007), quienes obtuvieron humus a partir de cinco sustratos diferentes de vermicompost, con valores de 1,5 a 2% de Nitrógeno; Fósforo de 1,3 a 2 %; Potasio de 0,8 a 6,8 %; Calcio de 1,6 a 5,6%; Magnesio de 0,3 a 0,8%; Hierro de 5,461 a 26,489 ppm; Cobre de 47 a 105 ppm; Zinc de 255 a 1,118 ppm y Mn de 218 a 700 ppm. Tomando en cuenta estas referencias y comparándolas con nuestro estudio, el tratamiento T1 resultó ser el mejor en cuanto a los contenidos de Potasio, Hierro y Manganeso, como se observa en la tabla 15. De manera general el resto de nutrientes son de valores satisfactorios en el tratamiento T1, e inclusive en los demás tratamientos, incluyendo al testigo. Esta discusión la podemos justificar al excelente poder nutricional que genera la lombriz en el proceso de vermicompostaje con un manejo adecuado.

Podemos observar el promedio de los nutrientes por tratamiento en la tabla 14.

Tabla 14: Promedio Nutrientes totales por tratamiento

NUTRIENTES	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Nitrógeno (%)	1,39	1,30	1,51	1,32	1,51	1,49
Fosforo (%)	0,67	0,60	0,68	0,59	0,60	0,68
Potasio (%)	1,16	0,91	1,05	0,86	0,87	1,03
Calcio (%)	3,52	3,47	3,29	3,74	3,64	3,46
Magnesio (%)	0,76	0,60	0,79	0,64	0,67	0,74
PROMEDIO	1,5	1,38	1,46	1,43	1,46	1,48
Azufre (ppm)	0,23	0,21	0,23	0,23	0,24	0,25
Zinc (ppm)	818,00	804,00	721,00	792,00	801,00	822,00
Cobre (ppm)	45,00	45,00	46,00	44,00	46,00	46,00
Hierro (ppm)	12100,00	11170,00	11610,00	11210,00	11020,00	11430,00
Mang. (ppm)	1145,00	951,00	1123,00	907,00	1004,00	1052,00
PROMEDIO	2821,65	2594,04	2700,05	2590,65	2574,25	2670,05

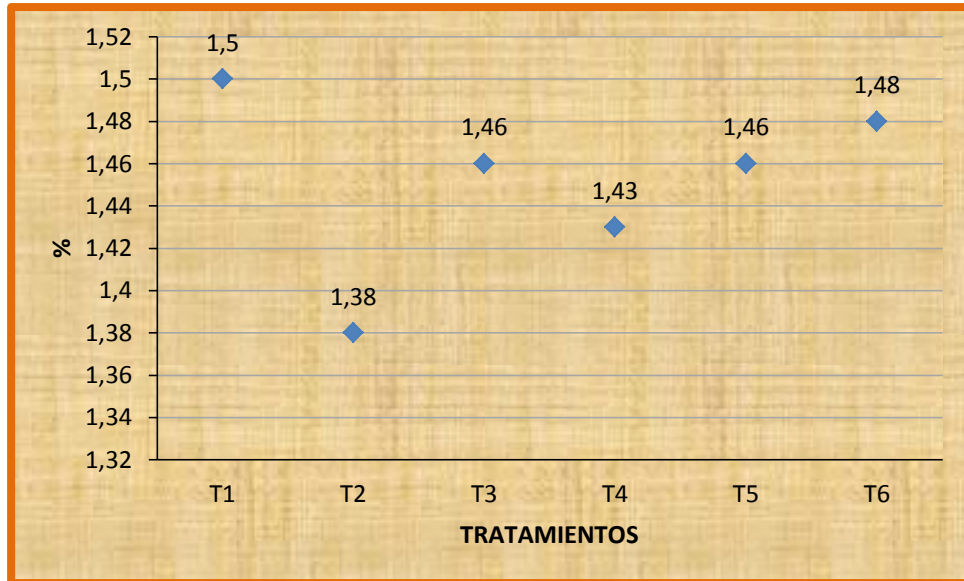
Fuente: Autor

Como se observa en la tabla 15 identificado con color verde, el tratamiento T2 presentó menor contenido de macronutrientes 1,38% y el tratamiento T5 presentó menor contenido de micronutrientes 2574,25 ppm.

Se debe acotar que la composición química del vermicompost depende parcialmente del grado de descomposición de la acción de las lombrices, pero principalmente de la composición original de los desechos usados (Handreck, 1986). Algunos autores mencionan que las propiedades nutricionales del vermicompost puede variar mucho entre sí (Werner y Cuevas 1996, Ferruzi 1988, Bollo, E. 1999). Esto se debe a los tipos de desecho utilizados, las proporciones de cada uno, el estado de descomposición de estos materiales, las condiciones en las cuales se lleve a cabo el vermicompostaje y el tiempo de almacenamiento (Chacón y Blanco 1999). Bajo estas referencias podemos describir que sí existió diferencia de contenido nutricional entre vermicompost con MEA y en vermicompost tradicional.

En el promedio total de macronutrientes se observa una tendencia lineal que desciende desde el tratamiento T1 hasta T2 y de T3 hasta T4, lo que nos demuestra una incongruencia, debido a que a pesar de tener el mayor valor de macronutrientes en T1, también podemos observar una regularidad en los tratamientos T3 y T6, como se observa en el gráfico 9.

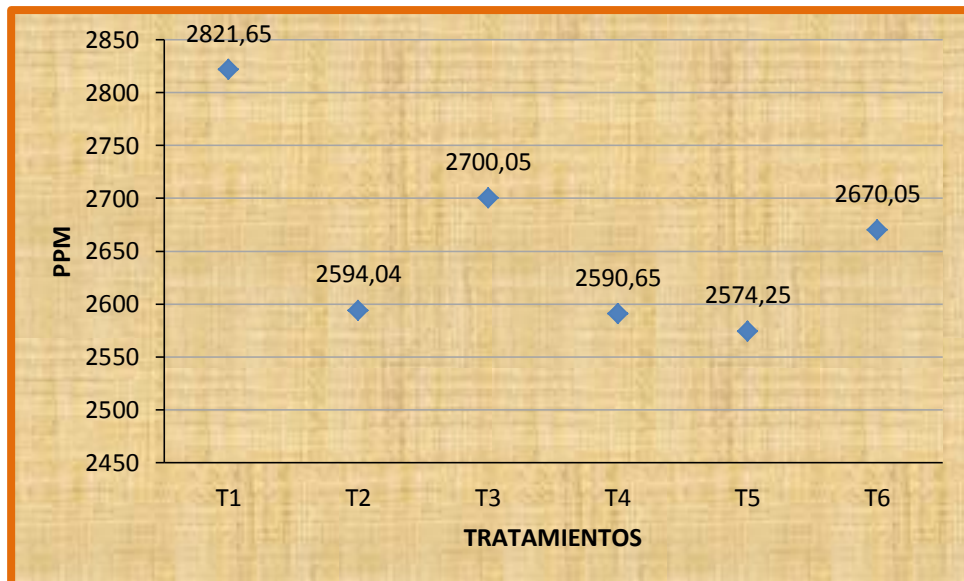
Gráfico 9: Promedio total de Macronutrientes



Fuente: Autor

En el promedio total de micronutrientes se observa una tendencia lineal que desciende desde el tratamiento T1 hasta T2 y desde T3 hasta T5, lo que nos demuestra nuevamente que el mejor tratamiento es T1, sin menospreciar la regularidad que vuelve a observarse en el tratamiento T3 y T6 como se observa en el gráfico 10.

Gráfico 10: Promedio total de Micronutrientes



Fuente: Autor

3.2.2. Macronutrientes

Podemos observar el promedio y desviación estándar de los macronutrientes en la tabla 15.

Tabla15: Promedio y Desviación estándar (DESVEST) de Macronutrientes

Tratamientos	Nitrógeno	Fosforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Unidad
T 1	1,39	0,67	1,16	3,52	0,76	%
T 2	1,30	0,60	0,91	3,47	0,60	%
T 3	1,51	0,68	1,05	3,29	0,79	%
T 4	1,32	0,59	0,86	3,74	0,64	%
T 5	1,51	0,60	0,87	3,64	0,67	%
T 6(C)	1,49	0,68	1,03	3,46	0,74	%
PROMEDIO	1,42	0,64	0,98	3,52	0,70	%
DESVEST	0,10	0,04	0,12	0,16	0,07	%

Fuente: Autor

Nitrógeno (N): El contenido de nitrógeno fue mayor que el promedio general ($1,42 \pm 0,1$) e igual en los tratamientos T3 y T5 con 1,51% cada uno. Se observó un valor de 1,30% en el tratamiento T2 el cual fue el de menor contenido en comparación con el resto de tratamientos como se observa en la tabla 16.

Según Paul y Clark (1996), al iniciar el proceso de compostaje con una población especializada en descomposición (en nuestro caso los MEA), y no esperar a que ésta se desarrolle a través del sistema de compostaje, acelera el proceso de descomposición y permite aumentar los contenidos finales de nitrógeno. Todos los tratamientos se encuentran dentro de los rangos de contenidos de nitrógeno reportados para abonos orgánicos (Werner y Cuevas 1996, Martínez 1996, Ullé et al.2004).

Fósforo (P): El porcentaje de fósforo obtenido fue similar y mayor en los tratamientos T3 y T6 con 0,68%; El tratamiento T2 y T5 presentaron el menor valor observado de 0,6%. El promedio general del fósforo fue de 0,64% con una desviación estándar de 0,04 como se observa en la tabla 16.

Durán y Henríquez (2007) en vermicompostajes producidos a partir de estiércol como sustrato orgánico, presentan valores mayores a los de éste experimento, con 1,8% más de fósforo; además manifiestan que los intervalos de suficiencia van de 0,2-0,5% donde no presenta toxicidad; sin embargo altas concentraciones pueden disminuir el crecimiento por restricción de la absorción y translocación de Zn, Fe y Cu. En este caso solo se cumplió con

el Zn, al ser el valor más bajo en el tratamiento T3 con 721 ppm como se observa en la tabla 17.

Potasio (K): El contenido de potasio fue superior al promedio general ($0,98 \pm 0,12$) en el tratamiento T1 con 1,16 % y el menor valor se registró en el tratamiento T4 con 0,86% como se observa en la tabla 16.

Durán y Henríquez (2007) en vermicompostes producidos a partir de estiércol como sustrato orgánico, presentaron valores de K de 1,1%, muy similar al de este experimento; además mencionan que los intervalos de suficiencia son de 1-5 % donde no presenta toxicidad, sin embargo en exceso puede presentar deficiencias de Mg y Ca. El valor promedio de todos los tratamientos fue de 0,98%, por debajo de los intervalos de suficiencia como se observa en la tabla 16.

Calcio (Ca): La presencia de calcio resultó mayor en el tratamiento T4 con 3,74% siendo incluso mayor que el promedio general ($3,52\% \pm 0,16\%$); mientras que el tratamiento T3 indicó el menor valor con 3,29% como se observa en la tabla 16.

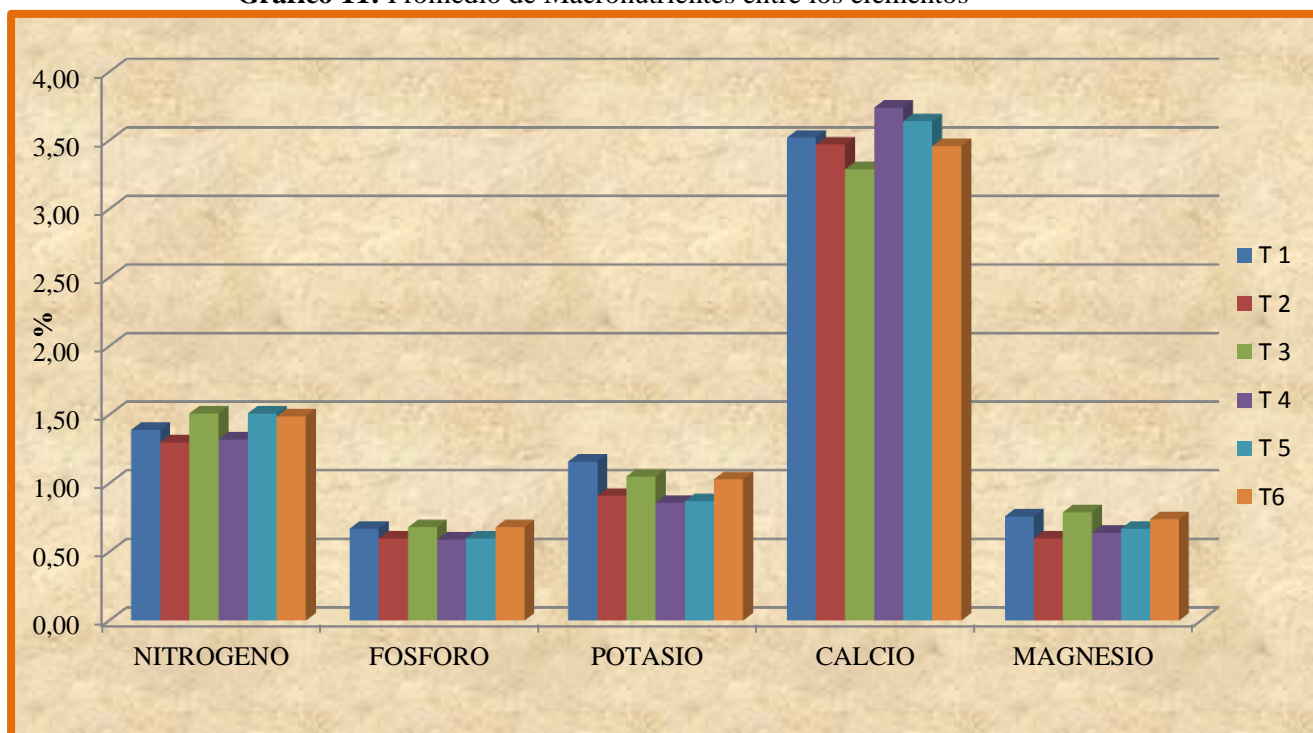
Layseca (2013) en vermicompost con estiércol composteado presentó valores de calcio de 3,8%, muy similar al tratamiento T4 con el mayor valor. Según Alcántar y Trejo (2007), los intervalos de suficiencia van de 1 a 10% y no es tóxico, sin embargo en cantidades muy altas aparecen deficiencias de Mg o K. Esta referencia se cumplió a cabalidad en el tratamiento T4, teniendo el mayor valor de calcio pero menores valores en Mg y K como se observa en la tabla 16.

Magnesio (Mg): El magnesio tuvo su mayor porcentaje en el tratamiento T3 con 0,79% y fue menor en el tratamiento T2 con 0,6%. Su promedio general fue de ($0,7 \pm 0,07$) como se observa en la tabla 16.

Según Alcántar y Trejo (2007), los intervalos de suficiencia son 1-4 % y no es tóxico, pero en situaciones extremas puede provocar deficiencias de Ca, K y algunos micronutrientes. Esta deficiencia solo se observó en el caso del calcio, siendo de mayor valor en el tratamiento T3, el mismo que obtuvo mayor valor de magnesio como se observa en la tabla 16. Durán y Henríquez (2007) en vermicompostes producidos a partir de estiércol como sustrato orgánico, presentaron valores de magnesio de 0,7% similares a los analizados en este experimento.

Podemos observar el promedio de macro nutrientes entre los diferentes tratamientos en el gráfico 11.

Gráfico 11: Promedio de Macronutrientes entre los elementos



Fuente: Autor

3.2.3. Micronutrientes

Podemos observar el promedio y desviación estándar de los micronutrientes en la tabla 16.

Tabla 16: Promedio y desviación estándar (DESVEST) de Micro nutrientes

Tratamiento	Azufre	Zinc	Cobre	Hierro	Manganeso	Unidad
T1	0,23	818,00	45,00	12100,00	1145,00	ppm
T2	0,21	804,00	45,00	11170,00	951,00	ppm
T3	0,23	721,00	46,00	11610,00	1123,00	ppm
T4	0,23	792,00	44,00	11210,00	907,00	ppm
T5	0,24	801,00	46,00	11020,00	1004,00	ppm
T6(C)	0,25	822,00	46,00	11430,00	1052,00	ppm
PROMEDIO	0,23	793,00	45,33	11423,33	1030,33	ppm
DESVEST	0,01	36,98	0,82	391,19	94,24	

Fuente: Autor

Azufre (S): El azufre estuvo presente con valores similares de 0,23 ppm en los tratamientos, T1, T3 y T4. El mayor valor fue observado en el tratamiento T6 con 25 ppm y el de menor valor fue observado en el tratamiento T2 con 0,21 ppm. Su promedio general fue de (0,23 ± 0,01) como se observa en la tabla 17.

Zinc (Zn): El contenido de zinc resultó mayor que el promedio general (793 ± 36,98) en el tratamiento T6 con 822 ppm; mientras que el de menor valor se observó en el tratamiento T3 con 721 ppm como se observa en la tabla 17.

Durán y Henríquez (2007) en vermicompostajes producidos a partir de estiércol como sustrato orgánico, presentan valores de 308 ppm; además manifestaron que el intervalo de suficiencia va de 20-100 ppm y que existe toxicidad cuando los valores son mayores a 400 ppm. Mediante ésto se deduce que todos los tratamientos que se realizaron en este experimento se encuentran en niveles de toxicidad con zinc.

Los estudios realizados por Sawhney et al.(1995), relacionan la liberación de grandes cantidades de Zn con valores bajos de pH del vermicompost con estiércol; en este caso sin embargo y como se observa en el gráfico 1, no se cumple esta tendencia, por lo que es posible que este elemento se mantenga en forma no soluble y acoplejada dentro del humus.

Cobre (Cu): El cobre fue mayor y similar en los tratamientos T3, T5 y T6 con 46 ppm cada uno; mientras que el tratamiento T4 registró el menor valor con 44 ppm. El promedio general fue de (11423,33 ± 391,19) como se observa en la tabla 17.

Durán y Henríquez (2007) en vermicompostes producidos a partir de estiércol como sustrato orgánico, presentan valores de 64 ppm mayor a los valores registrados de este experimento; además manifestó que los valores de suficiencia van de 5-20 ppm, con un nivel de toxicidad cuando es mayor a 20 ppm; debido a esto podemos deducir que todos los tratamientos presentan niveles de toxicidad en cobre.

Hierro (Fe): La presencia de hierro resultó mayor en el tratamiento T1 con 12100 ppm y menor en el tratamiento T5 con 11020 ppm; mientras que el promedio general fue de (45,33 ± 0,82) como se observa en la tabla 17.

Durán y Henríquez (2007) en vermicompostes producidos a partir de estiércol como sustrato orgánico, presentan valores de 6124 ppm, muy por debajo del valor de todos los tratamientos de este experimento; además manifestó que el intervalo de suficiencia va de 50-250 ppm

donde no presenta toxicidad, sin embargo valores de 300-400 ppm en tejido vegetal pueden inducir una toxicidad; debido a esto podemos deducir que todos los tratamientos presentan niveles de toxicidad en hierro.

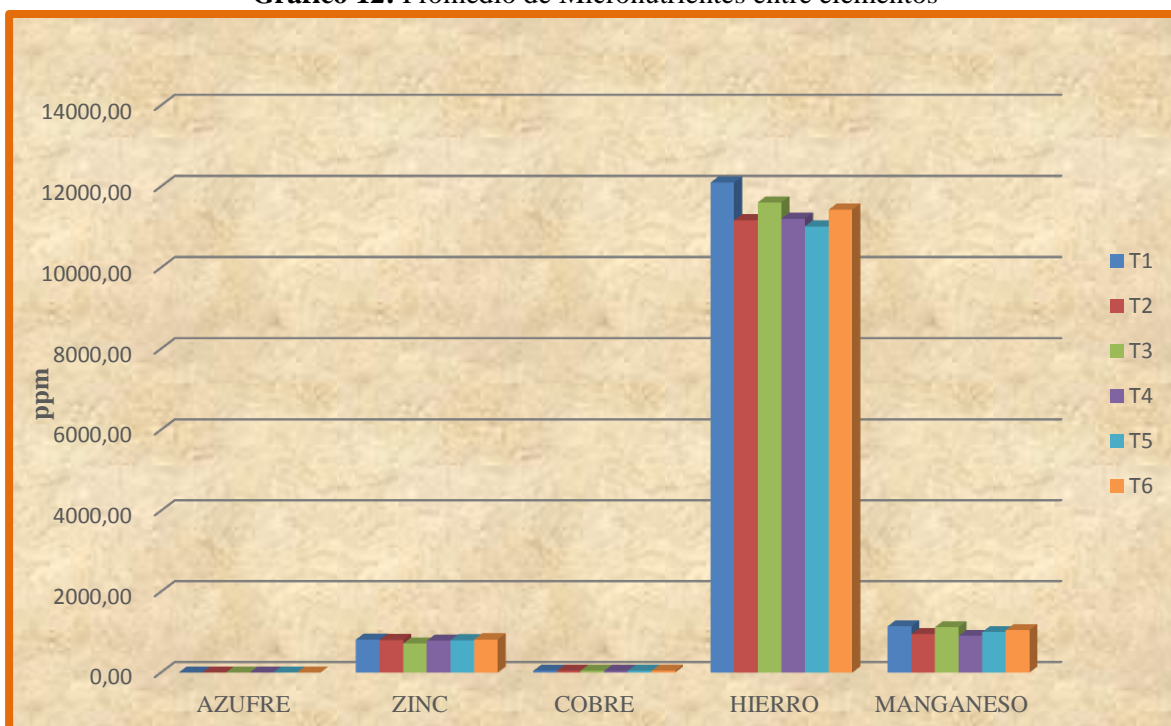
Manganeso (Mn): El manganeso se registró con mayor valor que el promedio general ($1030,33 \pm 94,24$) en el tratamiento T1 con 1145ppm; mientras que su menor valor se observó en el tratamiento T4 con 907ppm como se observa en la tabla 17.

Durán y Henríquez (2007) en vermicompostes producidos a partir de estiércol como sustrato orgánico, presentan valores de 422 ppm, muy por debajo del valor de todos los tratamientos de este experimento; además manifestó el intervalo de suficiencia va de 20-300 ppm donde no es tóxico, mientras que sí es tóxico cuando es mayor a 300 ppm.

Todos los tratamientos presentan valores superiores al tóxico. Durán y Henríquez (2007) en su experimento presentan valores de 218-700 ppm; debido a esto podemos deducir que todos los tratamientos presentan niveles de toxicidad en manganeso.

Podemos observar el promedio de micronutrientes entre los tratamientos en el gráfico 12.

Gráfico 12: Promedio de Micronutrientes entre elementos



Fuente: Autor

3.2.4. Ácidos Húmicos y Fúlvicos

El mayor porcentaje de Ácidos Húmicos y Fúlvicos se observó en el tratamiento T6 con 13,11% y 0,64% respectivamente. El promedio total del ácidos húmicos fue de 12,07% y en los ácidos fúlvicos de 0,58% como se observa en la tabla 17.

Tabla 17: Promedio de Ácidos Húmicos y Fúlvicos

Tratamientos	Ácidos húmicos	Ácidos fúlvicos	Unidad
T 1	11,02	0,52	%
T 6	13,11	0,64	%
PROMEDIO	12,07	0,58	%

Fuente: Autor

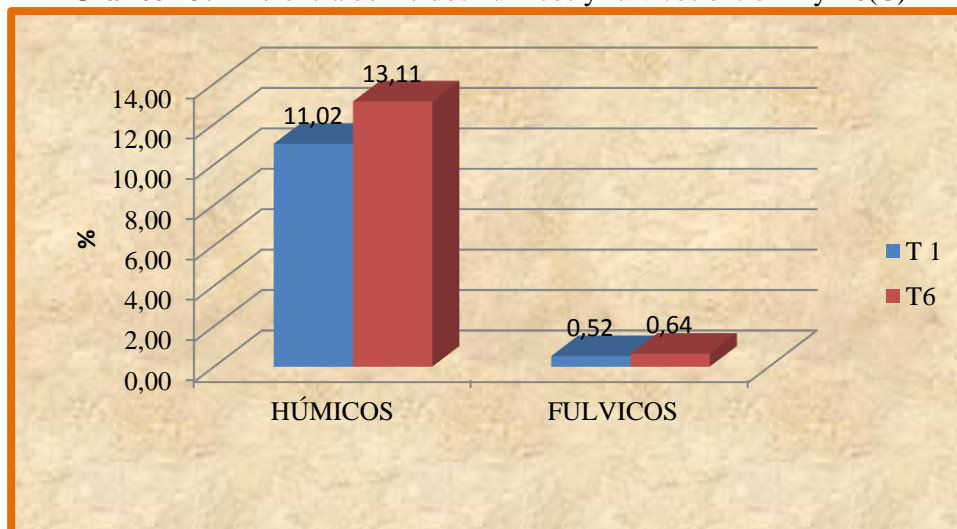
Las sustancias húmicas tienen carácter ácido, debido a la presencia de grupos funcionales carboxílicos y fenólicos; siendo mayor la acidez en ácidos fúlvicos (Stevenson, 1982). Esta referencia se cumplió en los resultados obtenidos en este estudio, ya que el porcentaje más bajo de ácidos fúlvicos y el pH más ácido se obtuvieron en el tratamiento T1 como se observa en el gráfico 1 y la tabla 18.

Medidas de la tasa de humificación muestran que no se da un aumento en el contenido de ácido húmicos y fúlvicos durante los primeros 15 días. Posteriormente, hay un fuerte incremento en el contenido de ácidos húmicos, lo que cambia la relación de ácidos húmicos a fúlvicos de 0.3:1 a 10:1 (Paul y Clark, 1996). Esta referencia se asemeja a la de nuestros resultados con una relación redondeada de 12:1 como se observa en la tabla 18.

PRODES (2002), citado por Medina et al., (2004), menciona que la cantidad de nutrientes contenidos en el humus es muy variable ya que contienen un elevado porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos; pero éstos no se producen por el proceso digestivo de la lombriz sino por la actividad microbiana que ocurre durante el periodo de reposo dentro del lecho.

Bremer M. (1965) manifiesta que sobre la baja aromatización de los ácidos fúlvicos va relacionado al porcentaje de carbono, el cual es significativamente más bajo que en los ácidos húmicos. En este caso, posteriormente se puede observar en la tabla 19 que el porcentaje más bajo de carbono lo tuvo el tratamiento T6. Los ácidos húmicos y fúlvicos podrían ejercer una serie de mejoras físicas, químicas y biológicas en los suelos, que conducen finalmente a un incremento en la productividad y fertilidad (Tradecorp, 2001). Podemos observar la diferencia entre los promedios de ácidos húmicos y fúlvicos en el gráfico 13.

Gráfico 13: Diferencia de Ácidos húmicos y fúlvicos entre T1 y T6(C)



Fuente: Autor

3.2.5. Materia Orgánica (MO), carbono (C) y relación (C/N)

Podemos observar el promedio y la desviación estándar de la materia orgánica, carbono y relación C/N en la tabla 18.

Tabla 18: Promedio y desviación estándar de Materia Orgánica, carbón y relación C/N

Tratamientos	MO %	C %	C/N %
T1	37,40	21,7	15,61
T2	29,20	16,94	13,03
T3	35,60	20,66	13,68
T4	29,00	16,83	12,75
T5	32,70	18,97	12,56
T6	36,90	21,41	14,37
PROMEDIO	33,47	19,42	13,67
DESVEST	3,76	2,18	1,16

Fuente: Autor

Materia orgánica (MO): El mayor porcentaje de Materia Orgánica se observó en el tratamiento T1 con 37,4% mientras que el más bajo resultó ser el tratamiento T4 con 29%. Su promedio general fue de $(33,47 \pm 3,76)$ como se observa en la tabla 19.

Según Meléndez (2003), la materia orgánica es anfotérica (tiene cargas positivas y negativas) y su carga depende del pH y generalmente es netamente negativa (pH básico es

carga positiva, pH ácido es carga negativa), por eso el Ca y K están ligados electroestáticamente a la materia orgánica del suelo; en este caso esta referencia se manifestó en el calcio, al tener su mayor valor en el tratamiento T1 con 1,16 % como se observa en la tabla 16.

Estudios reportados por diversos autores indican rangos amplios para contenidos de MO en compostajes producidos con diferentes desechos orgánicos, los cuales van de 24-70% (Ferruzi 1986, Vogtmann et al. 1993, Martínez 1996, Bollo 1999). En este caso todos los tratamientos estuvieron incluidos en estos rangos como se observa en la tabla 19.

Carbono (C): El porcentaje de carbono resultó mayor que el promedio general ($19,42 \pm 2,18$) en el tratamiento T1 con 21,7% y menor en el tratamiento T4 con 16,83%. Los valores de carbono obtenidos se encuentran entre los reportados como normales para vermicompostes (Ulle et al.2004) como se observa en la tabla 19.

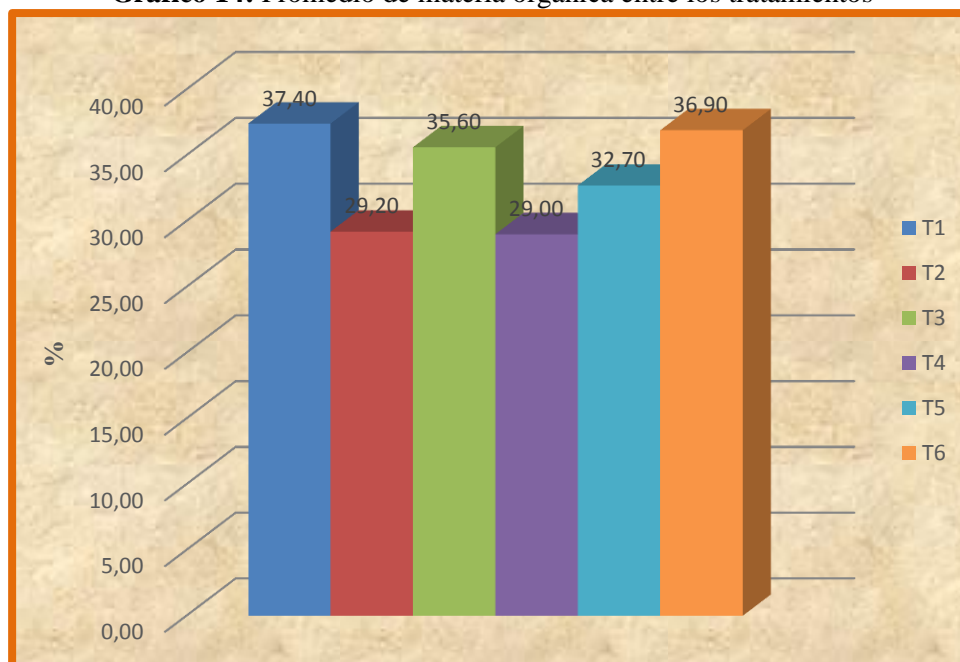
C / N: De la relación C/N se obtuvo su valor más alto en el tratamiento T1 con 15,6% el cual fue inferior en el tratamiento T5 con 12,56%. Su promedio general fue de ($13,67 \pm 1,16$) como se observa en la tabla 19.

La literatura menciona que relaciones C/N entre 10 y 25% indican que el compost está debidamente estabilizado (The U.S. Composting Council 1998, Ulle et al.2004). Por otro lado, compost con relación C/N >30% pueden provocar la inmovilización microbiana del nitrógeno en el suelo; sin embargo, estos valores no fueron encontrados en ninguno de los tratamientos de este estudio.

Por otro lado Sullivan et al. (1998), indican bajos valores en la relación de C/N; sin embargo, valores muy bajos pueden provocar la pérdida del nitrógeno debido a su rápida liberación; éste podría ser el caso del tratamiento T4, con bajo rendimiento de nitrógeno como se observa en la tabla 16. A pesar de la variación entre los tratamientos, todos ellos se encuentran dentro de los ámbitos de C/N sugeridos para abonos orgánicos (Ulle et al.2004).

Podemos observar el promedio de materia orgánica entre los tratamientos en el gráfico 14.

Gráfico 14: Promedio de materia orgánica entre los tratamientos



Fuente: Autor

3.3. Características macro y microscópicas de los MEA

Se lograron aislar siete cepas de MEA, seleccionados de todos los tratamientos. Los posibles géneros aislados fueron tres *Penicillium* con (*P. funiculosum*, *P. implicatum* y *P. brefeldianum*), seguido con dos del género *Streptomyces*. Un posible género de *Aspergillus fumigatus*; además se encontró una posible cepa de *Nocardia*.

Álvarez C. (2012), en la rizosfera de plantas de vainilla, de igual manera logró aislar microorganismos *Penicillium griseofulvum* y *Aspergillus fumigatus*; indicando que los hongos resultaron ser eficientes celulolíticos (degradadores de celulosa); similar a los reportados por Arias, E. y Piñeros, P. (2008), quienes identificaron uno de los géneros de mayor incidencia como fue *Penicillium sp.*

Salazar y Ordoñez (2014), en suelos de bosque secundario lograron identificar 5 cepas del género *Nocardia*, un número mayor al encontrado en esta investigación, debido posiblemente al número de muestras evaluadas.

Por su parte, Rico (2009), determinó que todas las cepas aisladas del grupo *Actomicetos* pertenecen al género *Streptomyces*, debido a que este grupo es abundante en los suelos.

Pérez y Chamorro (2013), indican que especies del género *Streptomyces* poseen gran importancia, por la producción de metabolitos secundarios, que cumplen además funciones particulares relacionadas con la interacción bacteria-planta-ambiente y como sustancias tóxicas y señalizadores.

La identificación y características macro y microscópicas de los MEA aislados se muestran en la tabla 19.

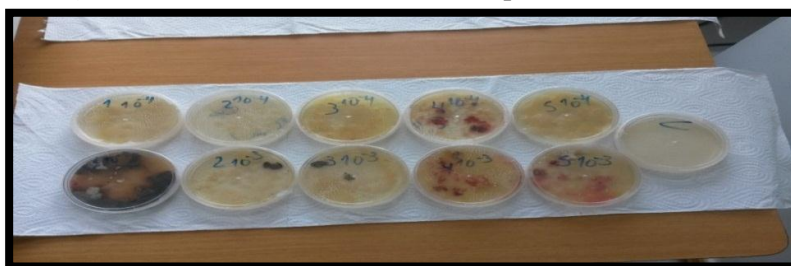
Tabla 19: Identificación y caracterización de Microorganismos Eficientes Autóctonos (MEA)

MEA	Posibles géneros	Característica macroscópicas	Características microscópicas
Bacteria	<i>Streptomyces.</i>	Colonia café oscuro, seca, adherida al agar, forma irregular borde redondeado no uniforme.	Formas filamentosas, presencia de conidióforos.
Bacteria	<i>Streptomyces.</i>	Colonia seca, forma irregular, borde ondulado no uniforme.	Filamentos en formas de espirales
Bacteria	<i>Nocardia.</i>	Colonia cremosa, sin pigmento, forma irregular, bordes redondeados.	Filamentos no fragmentados.
Hongo	<i>Penicillium funiculosum.</i>	Aterciopeladas, micelio de color blanco con masa conidial gris verdoso	Micelio fragmentado, formas bacilares.
Hongo	<i>Aspergillus fumigatus.</i>	Aterciopeladas de color verde oscuro, bordes irregulares radiales.	Conidióforos cortos con cabeza conidiales con conidios en masa.
Hongo	<i>Penicillium implicatum.</i>	Borde delgado blanco y de textura rígida, polvorosa color verde oscura.	Conidióforos globosos cortos con verticilio terminal con ramas, de paredes gruesas.
Hongo	<i>Penicillium brefeldianum.</i>	Superficie algodonosa de color blanco.	Conidios biverciticilados.

Fuente: Autor

Podemos observar la caracterización macroscópica de los MEA aislados en todos los tratamientos en la fotografía 47.

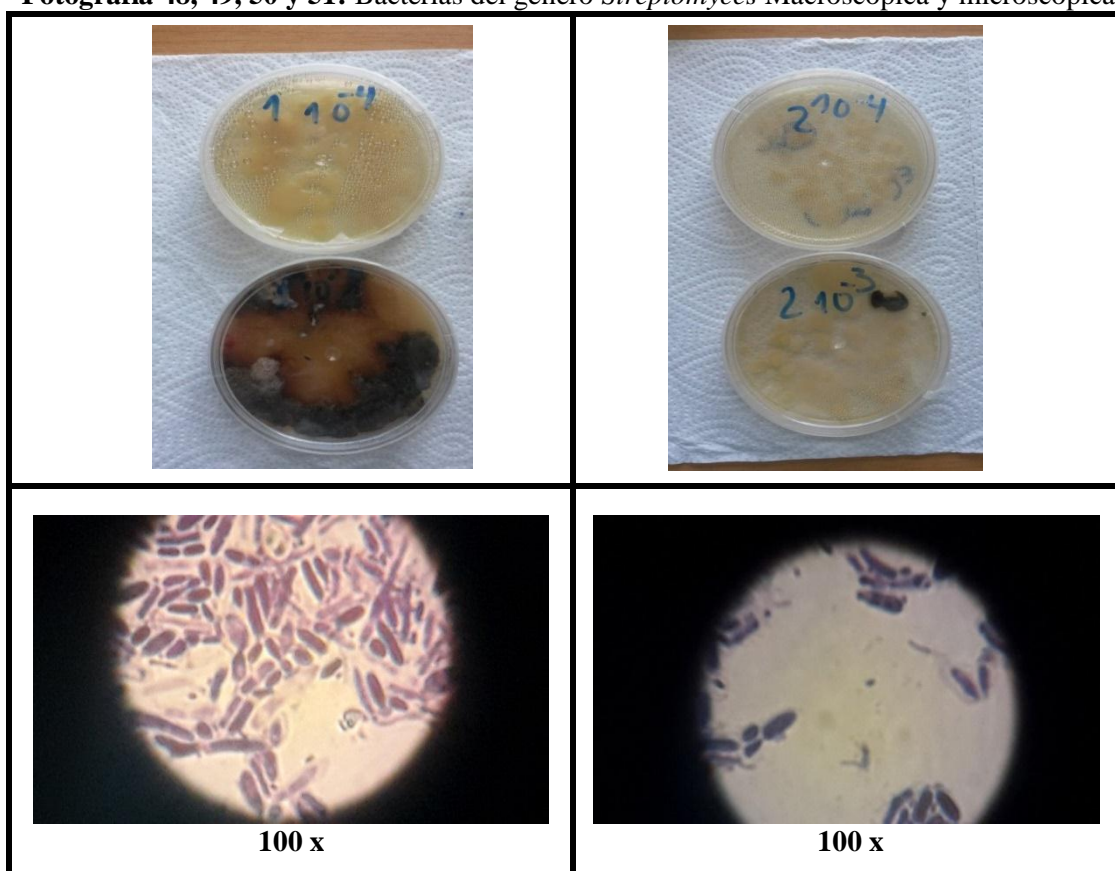
Fotografía 47: Caracterización macroscópica de los MEA aislados



Salazar y Ordoñez (2014), indican que macroscópicamente los microorganismos de actinomicetos, tienen como características formar colonias secas de aspecto pastoso, mientras que microscópicamente su morfología es en forma de coco, gram positivo y presencia de estructuras miceliares.

Rico (2009), indica que obtuvo un elevado número de especies identificadas en su trabajo de investigación, principalmente colonias del género *Streptomyces*, las mismas que poseen una gran variabilidad en cuanto al color de sus esporas y del micelio de la base.

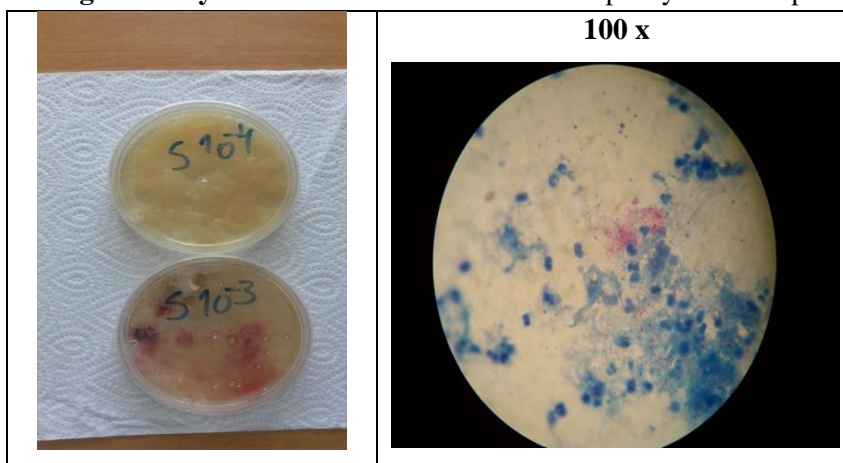
Fotografía 48, 49, 50 y 51: Bacterias del género *Streptomyces* Macroscópica y microscópica



Salazar y Ordoñez (2014), indican una descripción similar en la cepa de *Nocardia*, colonia cremosa, sin pigmento difusible rojizo en el medio, forma irregular, bordes redondeados, además microscópicamente agrupación de cocos gram positivos. Aunque no es el caso estricto de este estudio. Rico (2009) indica que los principales géneros aislados a partir de los suelos son *Nocardia*, *Streptomyces* y *Micromonospora*.

Kuhad et al., (2007), indican que microorganismos del género *Nocardia* cumplen funciones en el suelo como productores de fitohormonas y sideróforos (que conducen a la formación de complejos solubles de hierro), indicando su capacidad como promotores de crecimiento vegetal.

Fotografía 52 y 53: Bacteria *Nocardia* Macroscópica y microscópica



La mayor parte de los hongos aislado podrían pertenecer al género *Penicillium*, identificando por observación el posible género *Penicillium funiculosum*, coincidiendo con lo indicado por Arias y Piñeros (2008), los mismos que detallan características microscópicas expuestas en la tabla 20, como son conidióforos biverticilados, conidios globosos a elipsoidales, lisos a rugosos.

Fotografía 54, 55 y 56: Hongos del género *Penicillium funiculosum* macro y microscópicos

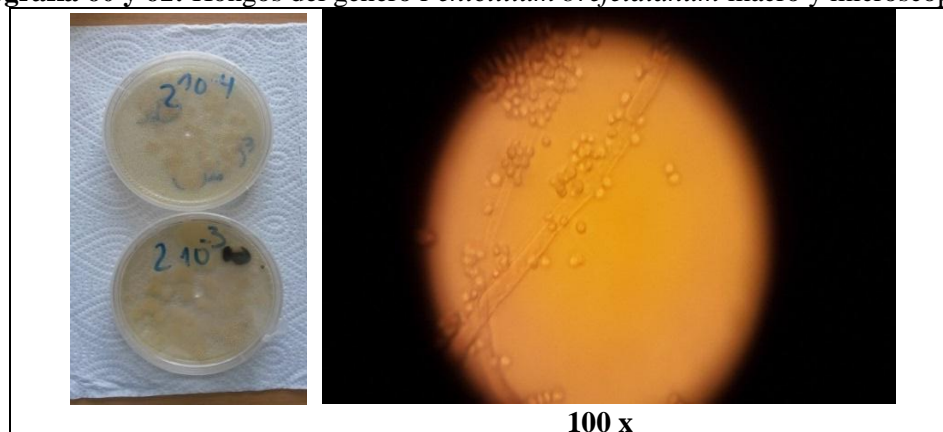


Las cepas de *Penicillium implicatum*, identificadas por Arias y Piñeros (2008), donde son descritas como colonias que crecen muy poco y lentamente, con margen delgado, blanco y de textura rígida, producen abundantes esporas que se acumulan en el centro formando costras con la edad, de color verde claro y oscuro, de textura purulenta. Paralelamente la cepa de *Penicillium brefeldianum*, fue descrita como una colonia de superficie algodonosa color blanco a crema, con exudación limitada e incolora.

Fotografía 57, 58 y 59: Hongos del genero *Penicillium implicatum*. macro y microscópicos



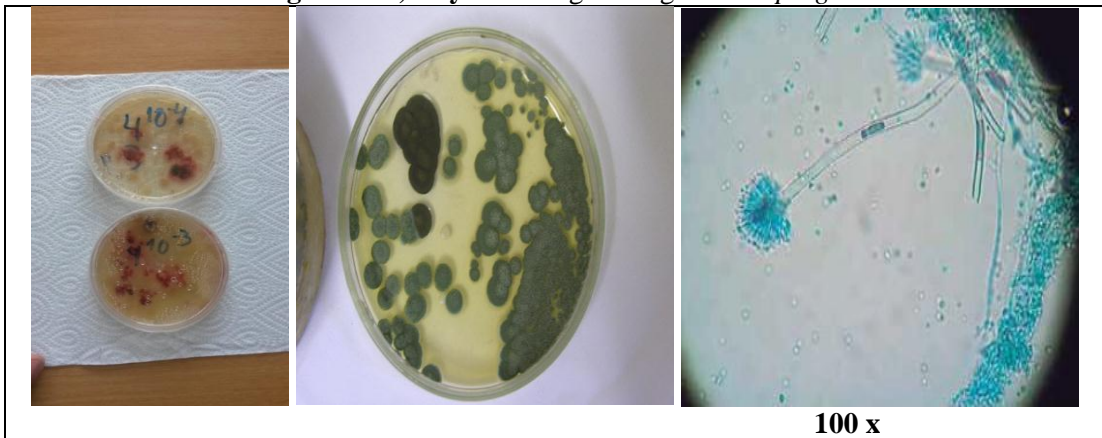
Fotografía 60 y 61: Hongos del genero *Penicillium brefeldianum* macro y microscópicos



Las especies de *Aspergillus* se caracterizan en los cultivos por poseer aparatos conidiales, que representan el mecanismo de reproducción asexual del hongo. Constan de una célula basal, sobre la que se eleva perpendicularmente el conidióforo, que en su porción terminal se ensancha en una vesícula, sobre la que se sitúan en una o dos hileras de formaciones alargadas a modo de botellas, que se denominan esterigmas, en la que se producen las conidias de *Aspergillus*. El conjunto de las conidias de un aparato conidial, origina las

cabezas conidiales, de interés en la diferenciación de especies (García J. 2005). Álvarez et al., (2014) indican que la especie *Aspergillus fumigatus* es un microorganismo celulolítico muy efectivo; no obstante, cepas aisladas de *Aspergillus sp.* por estos autores, manifiestan que este género tiene la capacidad de producir fitasas que son enzimas que mejoran la digestión del fósforo.

Fotografía 62, 63 y 64: Hongos del genero *Aspergillus*



4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se pudo observar que existieron diferencias significativas dentro de los parámetros de conductividad eléctrica y salinidad; ambos entre los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T6; en términos generales el tratamiento T6 fue el de valor más alto en todos los parámetros analizados.
- También observamos que el tratamiento T1 resultó tener mayor contenido nutricional; sin embargo se observó una mayor concentración de hierro y manganeso, situación que también se manifestó en la media general de todos los tratamientos, incluyendo el tratamiento T6.
- El tratamiento T2 obtuvo la menor concentración de macronutrientes y el tratamiento T5 presento menor contenido de micronutrientes.
- El mayor porcentaje de Ácidos Húmicos y Fúlvicos se obtuvo en el tratamiento T6. Una vez más se reiteran buenos resultados en el tratamiento T6, el que consistió en un vermicompost tradicional; sin embargo el tratamiento T1 obtuvo valores muy similares en estos elementos.
- El tratamiento con mayor porcentaje de materia orgánica, carbono y relación C/N fue T1, lo que nos demuestra la eficiencia que tuvo la aplicación al 100% de MEA líquidos.
- Del mismo modo el tratamiento T1 fue donde se hallaron la mayoría de las cepas, sobre todo en la caracterización macroscópica, donde fue evidente la presencia significativa de los MEA, como se observa en la fotografía 57.
- Se cumplió la hipótesis, demostrándose que la aplicación de los MEA mejora la carga nutricional y microbiana en los abonos orgánicos, siendo en este caso el vermicompost.

4.2. Recomendaciones

El constante incremento del costo de los fertilizantes químicos, el alto nivel de degradación, erosión y envenenamiento que presentan nuestros suelos, sumado a la gran cantidad de desechos orgánicos que hoy se pierden o mal usan, nos obligan a buscar soluciones y alternativas que permitan mitigar dichas problemáticas. Si logramos un mejor manejo de los desechos orgánicos, y los re utilizamos en producción agrícola, lograremos recuperar

sistemas de suelo degradados, y podremos ayudar a mantener productividades intensivas con un costo energético menor.

Para realizar agricultura sostenible, orgánica y de alta calidad, el secreto está en cómo mejorar el suelo de las fincas, aumentando la biodiversidad de microflora y volver a tener un balance equilibrado en el ecosistema. La implementación de los MEA juega un papel muy importante para acelerar este proceso. Por lo tanto, es indispensable conocer las características de ellos y sus usos adecuados. Además, nosotros debemos crear condiciones apropiadas para que los microorganismos trabajen eficientemente.

La situación económica de la provincia y del país atraviesa momentos complicados, debido a la baja del precio del petróleo, principal recurso de ingresos económicos. Una posible solución a esta problemática podría ser, retomar, refomentar y repontenciar la producción agrícola, uno de los recursos que en los últimos años ha decaído indudablemente; mediante el uso adecuado y la implementación de biotecnologías, como son los microorganismos eficientes; los que a su vez servirán para mejorar y acelerar la producción orgánica, como pueden ser los bioabonos (compost, vermicompost, Bocashi, biol, etc.).

Para la comercialización de compost y vermicompost, el registro en el Ministerio de Agricultura, ganadería y pesca (MAGAP), es un requisito a cumplir, pero no existen normas establecidas en cuanto a calidades mínimas.

Otra alternativa para mejorar la estructura del suelo y estimular la proliferación de microorganismos, podría ser la implementación de cultivos rotativos.

Realizar investigaciones exhaustivas sobre los MEA, para de este modo lograr aislar las cepas más eficientes, donde posteriormente puedan ser implementados no sólo en la agricultura orgánica sino otros ejes importantes como lo es la remediación ambiental.

Finalmente para mejorar la calidad de este tipo de abonos, se sugiere que además de los análisis realizados en esta investigación, se implemente otros más:

- Tolerancias por grado de calidad.
- Límites máximos permisibles de concentración de metales pesado.
- Límites máximos permisibles para especificaciones microbiológicas (patógenos).

5. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, P. 1997. Agua y Salud. [En línea]: Biblioteca Virtual de Vigilancia en Salud,(http://www.bvs.sld.cu/uats/rtv_files/rtv0298.htm#Agentespatógenos, 26 de mayo 2014)
- Alcántar González, G., & Trejo-Téllez, L. I. (2007). Nutrición de Cultivos. México: Mundo Prensa México, S.A. de C.V.
- Álvarez C. 2012. Identificación y caracterización bioquímica, morfológica y molecular de microorganismos cultivables asociados a la rizósfera y al sustrato de planta de vainilla. Tesis Magister en Ciencias-Geomorfología y Suelos. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias.
- Antil, R. S., & Raj, D. (2012). Chemical and microbiological parameters for the characterization of maturity of composts made from farm and agro-industrial wastes. Archives of Agronomy and Soil Science, 58(8), 833–845. doi:10.1080/03650340.2011.554402
- Arias E, Piñeros P. 2008. Aislamiento e identificación de hongos filamentosos de muestras de suelo de los páramos de Guasca y Cruz Verde. Trabajo de grado Microbiología Industrial. Bogotá – Colombia: Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias.
- Atlántica Agrícola S.A., 2002. Informe Técnico Biocat -15. España.
- Atlas, R.M.; Bartha, R. 2002 Ecología microbiana y microbiología ambiental. 2º edición en español. PEARSON EDUCACION, S.A. Madrid. 677p.
- Batista, E., R. Valdés, F. Guridi, E. Ruiz y J. Fernández. Efectos de diferentes sustratos en la altura y superficie foliar de plántulas de cafeto cultivadas bajo sombra controlada. Universidad de Las Tunas y Universidad Agraria de La Habana. XIII Forum INCA 2002. Resúmenes.

- Barbado, José, Cría de Lombrices, Primera Edición, Editorial Albatros, Buenos Aires- Argentina, 2003
- Bellapart C. 1996. Nueva Agricultura Biológica en Equilibrio con la Agricultura Química. Ediciones Mundi – Prensa, Barcelona, España. 298p
- Blandon, C.G., M.T.A. Dávila, N.V. Rodríguez. 1999. Caracterización microbiológica y físico química de los subproductos del beneficio del café en proceso de compostaje. CENICAFE. 50(1): 5-23.
- Bollo, E. (1999). Lombricultura. Una alternativa de reciclaje. Soboc, Gráfico. Ecuador. 149 p.
- Bremner, J.M. 1965. Total nitrogen. In C.A. Black et al., (eds.) Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy 9:1149-1178. Am. Soc. of Agron., Inc., Madison, Wis.
- Brooks, L. Y. (2004). Desechos sólidos orgánicos, se aprovechan en la tecnología de la lombricultura. Guantánamo, Cuba. P. 2.
- Calvache, M. 2009. Curso de física de suelos. Quito, EC. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. p. 20
- Castellanos, JZ. Pratt, PF. 1981. Mineralization of manure nitrogen-correlation with laboratory indexes. Soil Science Society of America Journal. 45: 354-357.
- Chacon A.G., Blanco J.M. (eds.) 1999. Manual práctico para la fabricación de abono orgánico utilizando lombrices. San José. Costa Rica. 39 p
- Clark, MS., Horwath, WR., Shennan, C., Scow, KM. 1998. Changes in soil chemical properties resulting from organic and low input farming practices. Agronomy Journal, 90: 662-671.

- Claveron, R. (1996). Perspectivas de la investigación para la producción orgánica. I Forum Nacional de Agricultura Orgánica, p: 1-4.cuba.
- Clavijo C, Chipana V, Centeno J, Zúñiga D, Guillen C. 2012. Aislamiento, caracterización e identificación de bacterias diazotróficas del cultivo de Olea europea “olivo” en Tacna Perú. Ecología aplicada. P. 89-102.
- COAG (1999). Agricultura Orgánica. Tema 8 del programa provisional, Roma. Efectos sobre el medio ambiente y sostenibilidad. 5p.
- Comité de agricultura. 1999. FAO. Oportunidades y limitaciones. Efectos sobre el medio ambiente y sostenibilidad. 18p.
- Compagnoni, L. y G. Putzolu, 1995. Cría Moderna de las Lombrices y Utilización Rentable Humus. Barcelona, España. Edit. Vecchi. p.43.
- Coyne, M. (2000). Microbiología del suelo: un enfoque exploratorio. Madrid, ES, Paraninfo. 416 p.
- Cony, M., Fernández Corti, J. (2006). Curso Emprendimientos de Lombricultura en Mendoza. Fundación Milenio y El Lombricultor. Auspiciado por IDR, ARGENINTA Y CRICYT.
- Curi, Katherine, Determinación biológica de la calidad protéica de harina de lombriz (eisia foetida), Tesis Universidad Nacional Mayor de San Marcos Facultad de Medicina Humana, Lima- Perú 2006.
- Deffis, A. 1992. La Basura es la Solución. México. Edit. Concepto. p. 278.
- Diver, S., Nature Farming and Effective Microorganisms, Rhizosphere II : Publications, Resource Lists and Web Links from Steve Diver, 2001
- Dodson, C.H., A. H. Gentry & F. de M. Valverde. 1986. La Flora de Jauneche, Los Ríos, Ecuador.

- Domínguez, A. 1975. Cromatografía en Papel y en Capa Delgada., México DF - México., Editorial Eva., Pp. 85- 91
- Domínguez J., Edwards, C.A. y Webster, M. 2000. Vermicomposting of sewage sludge: effect of bulking materials on the growth and reproduction of the earthworm *Eisenia Andrei*. *Pedologia*, 44:24-32
- Domínguez J., Edwards E., Subler S. 1997. A comparison of vermicomposting and composting. *BioCycle* 38(4):57-59.
- Durán y Henríquez (2007). Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense*, 41-51.
- Eiroa, J. 2012. Artículos de interés general. Macro y Micronutrientes. <http://blog.ecocelta.com/la-fertilidad-del-suelo-iv-los-macronutrientes-y-micronutrientes-del-suelo.html>
- EM Technology. *Effective Microorganisms for a Sustainable Agriculture and Environment, EMTech Product 1*, 1998.
- EM Trading. *Effective Microorganisms (EM) from Sustainable Community Development*, Effective Microorganisms @ emtrading.com,2000
- Fainstein, R, 1997. Manual Para el cultivo de rosas en Latinoamérica, Quito – Ecuador única Edición Impreso por Ecuoffset Pp 8-16
- Fajardo, V. 2002. Manual Agropecuario. 1a ed. Bogotá, Colombia. Edit Limerín. pp. 481-502.
- Ferruzzi C. Manual de Lombricultura, Ed. Mundiprensa, Madrid, España. 1988. 138 p.
- Florenza, P. y Martinez, J. 1991. Horticultura y Materia Orgánica. *Horticultura* 66: 42 – 50.

- Flores MT, Alvira P. 1988. The earthworm (*E. foetida* Sav. And *L. rubellus* Hoff.). Biology and uses. An. Edaf. Agrobiol ;7-8: 771-778.
- Gadea A., Barrantes O., González H., Elizondo J. 2002. Parámetros de calidad de los bioabonos. Memoria del II Encuentro de Investigadores en Agricultura Orgánica 2002. Instituto Tecnológico de Costa Rica. En línea, consultado 10/01/20 07 www.infoagro.go.cr/organico/24.Parametros_calidad.htm -10k
- García J. 2005. Hongos oportunistas. In Pumarola A, Rodríguez A, García J, Piédrola G. Microbiología y Parasitología médica. Segunda ed: Salvat p. 779-796.
- Guerrero, A. 1996. El Suelo, los Abonos y la Fertilización de los Cultivos. Ediciones Mundi – Prensa, Bilbao, España. 206p
- Guerrero, R. 1993. Los nutrientes de las plantas. En: Fertilización de cultivos en clima frío. (vol. 3). Monómeros Colombo Venezolanos S. A. (E.M.A.), Barranquilla, p. 9-13
- Gil, M. F. (1995). Elementos de Fisiología Vegetal. Edición Mundi-prensa. España.
- GWW, 2005. Guía para ejecutar proyectos de monitoreo de agua con participación comunitaria. Auburn, AL. 39 p.
- Handreck, K. 1986. Vermicomposts as components of potting media. Biocycle 27 (9): 58-62.
- Hayes M. y C. E. Clapp. 2001. Humic Substances: Considerations of Compositions, Aspects of Structure, and Environmental Influences. Soil Science 166 (11): 723 – 737
- Hendriks, HJM. And Van de Weerdhof. A.M. 1999. Dutch notes on BAT (Best Available Techniques) for pig and poultry intensive livestock farming. Pág. 22-38.
- Henríquez C., Cabalceta G. 1999. Guía para el estudio introductorio de los suelos con un enfoque agrícola. San José. CR. ACCS. 111 p

- Higa, T., 1998. Effective Micro-organisms. For Sustainable Agriculture and Healthy Environment. Jan van Arkel, Utrecht, 191 pp.
- Higa, T; Parr, J. 1994. Beneficial and effective microorganisms: for a sustainable agriculture and environment. Atami, JP, International Nature Farming Research Center. 17 p.
- Insam, Franke-Whittle, I, & Goberna, M. 2009. *Microbes at Work: From Wastes to Resources*. Springer. Retrieved from <http://books.google.com.ec/books?id=5lhHN3Pq2goC>
- Klamer, M.,y U. Sochting. 1998. Fungi in a compost controlled system – with special emphasis on the thermophilic fungi. In Szmidt R. (ed). Proc of an international symposium on composting an use of composted materials. Escocia, 5-11 Abril, 1997. Serie Acta Horticultura No. 469. Wageningen.
- Kononova. 2000. Citado por Agricultural University of Wroclaw.
- Kuhad R, Manohar D, Tripathi K, Singh A. 2007. Diversity and Functions of Soild Microflora in Development of plants. Plant Surface Microbiology: Springer, p. 71 – 98.
- Kyan. T., Shintani. M., Kanda. S., Sakurai, M., Ohashi. H., Fujisawa. A. and Pongdit. S. 1999. Kyusei Nature Farming and the Technology of Effective Microorganisms. Asia Pacific Natural Agriculture Network. Bangkok. Thailand. 2-19 p.
- Labrador, M. J. 2001. La materia orgánica en los agrosistemas. Segunda edición. Mundi Prensa. Madrid, España. P. 293.
- Landeros, F. 1993. Monografía de los Ácidos Húmicos y Fúlvicos, Tesis , Área de Hortalizas y Flores, Facultad de Agronomía, Universidad Católica de Valparaíso, Quillota, Chile, 145p

- Lastra E. 1995. Lombrices californianas, las transformadoras de desechos. Rev. Acaecer; 20: 10–12.
- Layseca O. 2013. Evaluación de diferentes sustratos para la producción de de lombricomposta de acuerdo a la norma mexicana NMX-FF-109-SCFI-2008. Universidad autónoma de Queretaro. Facultad de ingeniería. Especialidad ingeniera en invernaderos. Determinación de fertilidad. 44p.
- Lazcano C., J. Domínguez. 2010. Effects of vermicompost as a potting amendment of two commercially-grown ornamental plant species. Spanish Journal of Agricultural Research 8(4): 1260-1270.
- Lofs-Holmin, A. 1986. Proccesing of municipal sewages through earthworms (*Dendrobaena veneta*). Swedish Journal of Agricultural Research, 16:67-71
- MAGFOR- PROFOR. 2005. Nuevas tecnologías de viveros en Nicaragua. Primera edición. Managua, Nicaragua. P. 298.
- Marschner, H. 1998. Mineral Nutrition of higher plants. Academic Press, San Diego, 889 p.
- Martínez C. 1996. Potencial de la lombricultura: elementos básicos para su desarrollo. A. Carballo; S. Bravo (eds). Texcoco, MX. 140 p.
- Martínez, F., Calero, B., Nogales, R. y Rovesti, L. (2003). Lombricultura. Manual práctico. Unidad de producciones graficas MINREX, Cuba. Citado por Domínguez, J. y Pérez-Díaz D. Desarrollo y nuevas perspectivas del vermicompostaje. Monografía Departamento de Ecología e Biología Animal. Universidad de Vigo, 36310 Vigo. 71 p.
- Maturana, M.; Acevedo, E. 2003. Cambios en la Fertilidad del Suelo Asociados a Cero Labranza. Santiago, Chile. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. p. 75.

- MCCH. 2015. Plan de Trabajo Organizacional del Centro Tecnológico Maquita. Compostaje. Datos generales. 3 p.
- Medina. M, S. y Quezada, M. C. (2004). Efecto del periodo de maduración del estiércol bovino sobre el comportamiento productivo de lombrices rojas en la zona de Camoapa. Tesis. Camoapa, Nicaragua. P. 53.
- Meléndez G. 2003. Taller, Abonos Orgánicos. Mineralización de nutrimentos de la materia orgánica. 9p.
- Miller, F. C. 1993. Minimizing odor generation. In: HOITING, H,A.J. y KEENER, H. M. (ed). Science and Engineering of composting: design, environmental, Microbiological and Utilization aspects. 219-241 p.
- Nicola M. 2013. Creación de dos circuitos turísticos sustentables para el desarrollo, promoción y fortalecimiento de la actividad turística en la provincia de Los Ríos. Universidad Católica Santiago de Guayaquil, Ingeniería en Administración de Empresas Turísticas.
- Nogales, R., Elvira, C, Benitez, E. y Gallardo-Lara, F., 1997. Uso agrícola de compost y vermicompost de basuras urbanas (iv): riesgos sobre suelo y la planta. Revista técnica residuos No.31 .Bilbao, España.
- Noriega, G., S. Cruz y Ana Altamirano. 2001. Producción de abonos orgánicos y Lombricultura. Universidad Autónoma de Chiapas. Huehuetan, Chiapas, México.
- Okumoto. 2003. Taller, Abonos Orgánicos/CATIE/GTZ/UCR/CANIAN 3 y 4 de marzo.
- Oshida, T., Ishikawa, T., Fukuyasu, T., Kawanabe, S., Oikawa, N. y Mustsumoto, S. 1992. Effects of earthworms on purification of the animal waste water in the pot experiment system. Bulletin of Animal Hygiene, 36:19-26.

- Padilla, Francisco y Cuesta, Antonio. 2003. Zoología aplicada, Ediciones Díaz de Santos, Madrid-España.
- Padilla, W. 2007. Fertilización de Suelos y Nutrición Vegetal. Quito, EC. Clínica Agrícola. AGROBIOLAB. 327 p.
- Palomino y Sandra. 2005. Manual cría de la lombriz de tierra, Editorial San Pablo, Bogotá Colombia.
- Paul, E. A., y Clark, F.E. 1996. Soil Microbiology and Biochemistry. 2nd ed. Academic Press. 340 p.
- Pérez A. y Chamorro L. 2013. Bacterias endófitas: Un nuevo campo de investigación para el desarrollo del sector agropecuario. Rev. Colombiana cinc. Anim. p 439 – 462.
- Pérez, N. (2010) Compostaje Vs Residuos Orgánicos, Cuba.
- Picado J.L.R. 2001. Guía de biopesticidas. J.R. Picado R. 180p.
- Ramírez C. 1996. Efecto de las prácticas agrícolas sobre la microflora del suelo: oportunidades en la fitoprotección. X Congreso Nacional Agronómico. Universidad de Costa Rica. p. 81-83
- Reinés A. M. M.(1998). Lombricultura, Alternativa del desarrollo sustentable. Convenio de cooperación Académica y Cultural entre la Universidad de Guadalajara y la Universidad de la Habana. 36pp.
- Restrepo, Rivera, 2001, Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares, IICA, San José Costa Rica.
- Rico M. 2009. Capacidad promotora de crecimiento vegetal por bacterias del género *Azotobacter* y Actinomicetos aislados de los cultivos de *Solanum tuberosum* Linnaeus, (papa) cultivados en zonas altoandinas de Perú.. Lima-Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Biológicas.

- Rodríguez, J. V. M. Paneque, C. Morales, E. Castellanos y Rami Admadi. 2002. Determinación de contenidos de materia orgánica en sustratos con diferentes portadores para los cultivos de tomate y pepino en la fase de posturas en cepellón. INCA. XIII Congreso. INCA. Libro de Resúmenes.
- Rynk, R. 1992. On-farm composting handbook. Northeast Regional Agricultural Engineering Service. Cooperative Extension. New York, USA. 186 p.
- Salas, E., y Ramírez, C. 1999. Bioensayo microbiano para estimar los nutrientes disponibles en los abonos orgánicos: calibración de campo. Congreso Agronómico Nacional. In: Memoria: Recursos Naturales y Producción Animal. III Congreso Nacional de Suelos. Vol. III. 71 pp.
- Salazar M, Ordoñez A. 2014. Aislamiento e identificación de actinomicetos fijadores de nitrógeno en el suelo. Trabajo de Grado Químico Industrial. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Tecnología.
- Salisbury, F. y Cleon W. Ross. 1992. Plant physiology. (4th. ed.), Wadsworth Publishing, Belmont, 662p.
- Sánchez J. 1996. Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del Cantón de San Carlos., I Materia seca y componentes celulares., San José – Costa Rica., Revista Nutrición Animal Tropical N°3. Vol 1., Pp. 3-18.
- Sánchez Salinas E.1997. Calidad del agua tratada para riego y sus efectos sobre los suelos. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 139 pp.
- Sawhne y B.L., Bugbee G.L., Stilwell E. 1995. Heavy metals leachability as affected by pH of compost-amended growth medium used in container-grown Rhododendrons. Compost Science & Utilization 3(2)64-73.

- Schnitzer, M. 2001. The in Situ Analysis of Organic Matter in Soils. *Canadian Journal of Soil Science* 81: 249 – 254.
- Severiche 2013. *Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Físicoquímicos Básicos en Aguas*. Ed. Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso. Cartagena de Indias, Colombia. 101p.
- Soil Science Society of America. 1990. *Methods of Soil analysis , chemical Methods* SSSA Book series: 5 , Part 3 . Edit. Soil science Society of America In c. USA. p.962.
- Soliz, F. 2011. Retos urgentes para un mundo sin basura. *Clinica Ambiental: Alerta Naranja*. Retrieved from http://www.clinicambiental.org/docs/publicaciones/Alerta_Desechos.pdf
- Soto, G. 2003. *Abonos orgánicos: definiciones y procesos*. In *Abonos orgánicos: principios, aplicaciones e impacto en la agricultura* (2003, San José, CR). Memoria. Ed. G Meléndez. San José, CR, CIA-UCR. 20-49 p.
- Stevenson, F.J. 1982. *Humus Chemistry*, Wiley, New York, Estados Unidos.
- Sullivan D.M., fransen S.C., Bary A.I., Cogger C. G. 1998. Fertilizer nitrogen replacement value of food residuals composted with yard trimmings, paper or wood wastes. *Compost Science & Utilization* 6(1):6-18.
- Suquilanda, M. 1996. *Agricultura Orgánica. Alternativas Tecnológicas del Futuro*. p. 88.
- Swift, R. S. 1999. *Macromolecular Properties of Soil Humic Substances: Fact, Fiction, and Opinion*. *Soil Science* 164 (11): 790 – 802
- Tan, K. H. y V. Nopamornbodi. 1979. Effect of Different Levels of Humic Acids on Nutrient Content and Growth of Corn (*Zea mays*). *Plant and Soil* 51: 283 - 287

- Termorshuizen, A. J., Moolenaar, S. W., Veeken, A. H. M., & Blok, W. J. (2004). The value of compost. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 3(4), 343–347. doi:10.1007/s11157-004-2333-2
- The US composting council. 1998. Test methods for the examination of composting and compost. mimeografiado.
- Tisdale S. L. y W. Nelson; 1966; Soil Fertility and Fertilizers. Segunda Edición. Macmillan Company. New York, Estados Unidos. 694p.
- Tiquia, S. M., Judy H.C. Wan, y Nora F. Y. Tam. 2002. Microbial population dynamics and enzyme activities during composting. *Compost Science & Utilization*. 10(2):150-161.
- Toffey, W. E. 1998. We're in the soils business, remember! *Biocycle*. 39(12):57-61.
- Torres TF. 1996. La agricultura Orgánica: Bases Conceptuales y Marco de referencia en el Desarrollo Económico Actual. In: *Agricultura Orgánica: Producción de México hacia el mundo*. 1o. Foro nacional Sobre Agricultura Orgánica. R. J. Zapata & R. Calderón, Ed. Colima, 1996. INIFAP. México. 1996. 136-148p.
- Trade Corp, 2001. Informe Técnico Humistar. España.
<http://www.ejournal.unam.mx/rxm/vol04-01/RXM004000104.pdf>
- Ulle J, Fernández y Rendina A. 2004. Evaluación analítica del vermicompost de estiércoles y residuos de cereales y su efecto como fertilizante orgánico en el cultivo de lechugas mantecosas. *Horticultura Brasileira* 22(2): 434
- Uribe Lorío, L. (2003). Calidad microbiológica e inocuidad de abonos orgánicos. In *Abonos orgánicos: principios, aplicaciones e impacto en la agricultura* (2003, San José, CR). Memoria. Ed. G Meléndez. San José, CR, CIA-UCR. 165-184 p.
- Urzúa, H. 1978. *Materia Orgánica y Sustancias Húmicas del Suelo*. Publicación número 19, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 77p

- Vaciamadrid, R. (2010). COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE DOMÉSTICOS. Consejos para obtener los mejores resultados. 25 p.
- Vandevivere, P., y Ramírez, C. 1995. Control de calidad de abonos orgánicos por medio de bioensayos. In: GARCIA, J., y NAJERA, J. MEMORIA. Simposio Centroamericano de Agricultura Orgánica. UNED, Costa Rica. 121-140 p.
- Vogtmann H., Fricke K., Turk T. 1993. quality, physical characteristics, nutrient content, heavy metals and organic chemicals in biogenic waste compost. *Compost Science Utilization* 1(4):69-87.
- Von, B. W. (2000). Comportamiento agronómico de 2 variedades de Acelga bajo dosis de abonamiento con humus de lombriz en Walpini; *Revista Latinoamericana de Agricultura y Nutrición*; Vol. 1, No. 5. P.6-13.
- Werner M., Cuevas J.R. 1996. Vermiculture in Cuba. *BioCycle* 37(6):57-59
- Xu, D., Liu, D., Tang, Z., Yu, G., Yuan, J., Shen, Q., & Huang, Q. (2012). Structure of chemical components in different compost extracts characterized by chromatogram and spectroscopy analysis and its influence on plant growth promotion. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 14(4), 325–333. doi:10.1007/s10163-012-0071-z

6. ANEXOS 1

FOTOGRAFIAS

Fotografía 1: Centro Tecnológico Maquita



Fotografía 2: Fuentes de agua limpia



Fotografía 3: Distancia a producción de materia prima



Fotografía 4: Manejo de lixiviados



Fotografía 5: Cajón vermicompostero



Fotografía 6: Cajones etiquetados y cubiertos con geomembrana



Fotografía 7: Vermicompost Tradicional



Fotografía 8: Camas de lombricultura del Centro Tecnológico Maquita



Fotografía 9: Microorganismos Eficientes Autóctonos



Fotografía 10: Laboratorio básico de Centro Tecnológico Maquita



Fotografía 11 y 12: Materiales para aplicación de vermicompost en los cajones



Fotografía 13: Microorganismos Eficientes Autóctonos en estado sólido



Fotografía 14 y 15: Microorganismos Eficientes Autóctonos en estado líquido



Fotografía 16: Aplicación de MEA en estado líquido al vermicompost



Fotografía 17: Aplicación de agua al vermicompost



Fotografía 18: Vermicompost tradicional



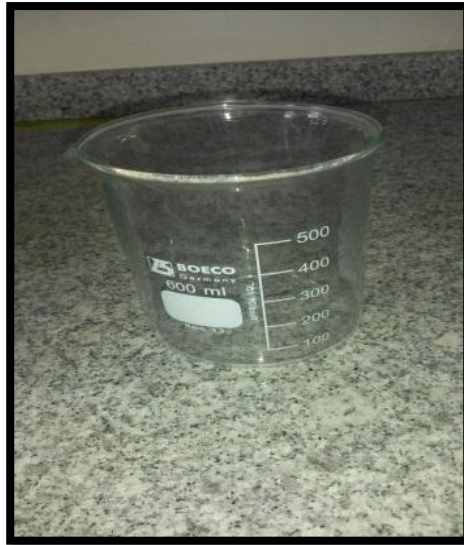
Fotografía 19: Materiales para aplicación de humedad en los respectivos tratamientos



Fotografía 20: Waterpolo PCSTestr 35



Fotografía 21: Vaso de Precipitación de 600 ml



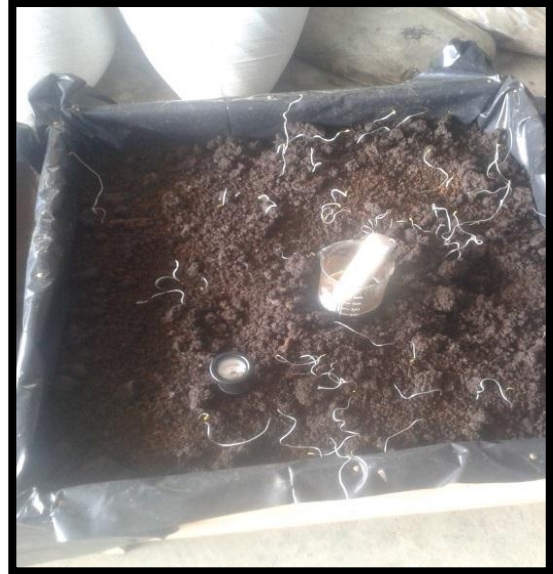
Fotografía 22 y 23: Preparación de muestras en estado líquido para toma de datos



Fotografía 24: E.M. System Soil Testr para medir pH en sólidos



Fotografía 25 y 26: Toma de datos con Waterpolo PCSTestr 35 y E.M. System Soil Testr



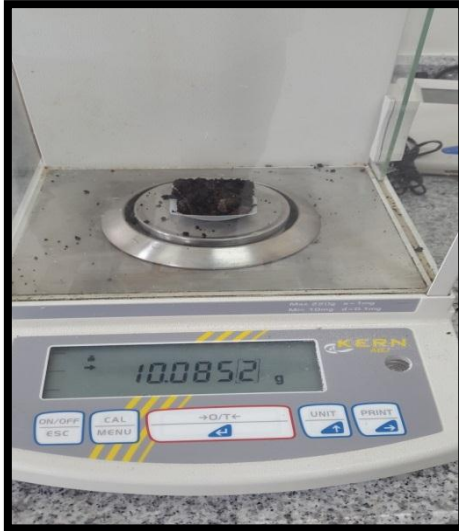
Fotografía 27: Cosecha de humus



Fotografía 28: Muestras etiquetadas



Fotografía 29 y 30: Peso de muestras en balanza digital KERN ABJ.



Fotografía31: Micro pipeta (BOECO Germany de 1000 μ l)



Fotografía32: Agitador (Heidolph Rotamax 120)



Fotografía 33 y 34: Procesos de dilución de muestras



Fotografía 35: POTATO DEXTROSE AGAR (Eur Pharm)



Fotografía 36: Agitador y calentador magnético Cole Parmer



Fotografía 37: Matraz de 500 ml BODECO Germany y pila magnética



Fotografía 38: Autoclave



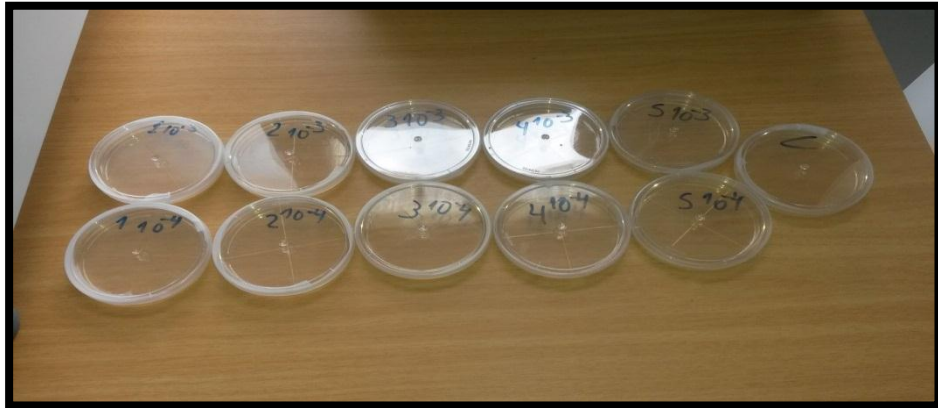
Fotografía 39: Proceso de incubación de muestras



Fotografía 40: Forma 1800 SERIES Clean Benche



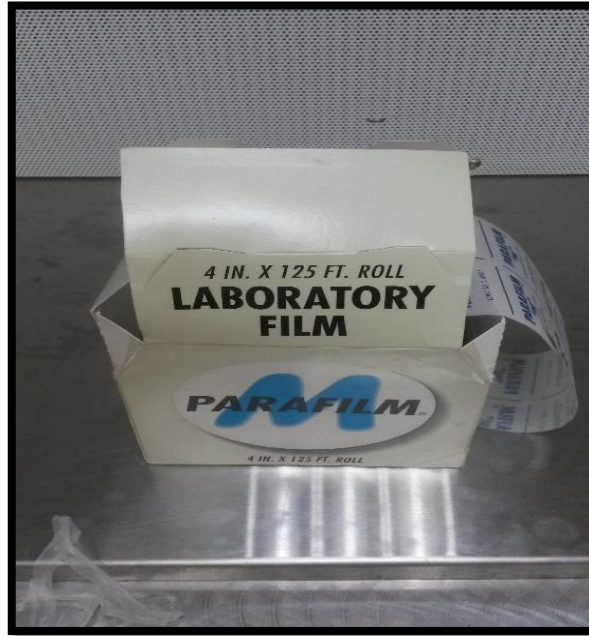
Fotografía 41: Muestras en cajas Petri incluyendo el Control negativo



Fotografía 42 y 43: BACTI- CINERATOR *IV



Fotografía 44: PARAFILM



Fotografía 45 y 46: HERATHERM Incubator



ANEXOS 2

TABLAS

Tabla 10: Datos semanales de parámetros analizados

	SEMANA 1				SEMANA 2				SEMANA 3			
100% M.E	Control			100% M.E	Control			100% M.E	Control			
	Parametros	T1A	T1B	Promedio	Parametros	T1A	T1B	Promedio	Parametros	T1A	T1B	Promedio
	Ph	7,38	7,2	7,29	Ph	7,2	7	7,1	Ph	7,51	7,7	7,61
	Conductivida	2,89	2,28	2,59	Conductivida	2,65	2,42	2,54	Conductivida	2,36	2,22	2,29
	Temperatura	25,7	26	25,85	Temperatura	25	26,3	25,65	Temperatura	27,8	27,6	27,7
	Salinidad	1,23	1,17	1,2	Salinidad	1,32	1,23	1,28	Salinidad	1,21	1,15	1,18
75% M.E + 25% Agua	Control			75% M.E + 25% Agua	Control			75% M.E + 25% Agua	Control			
	Parametros	T2A	T2B	Promedio	Parametros	T2A	T2B	Promedio	Parametros	T2A	T2B	Promedio
	Ph	7,2	6,6	6,9	Ph	7	6,9	6,95	Ph	6,33	6,8	6,57
	Conductivida	2,92	2,88	2,9	Conductivida	2,72	2,72	2,72	Conductivida	2,46	2,62	2,54
	Temperatura	26,4	26	26,2	Temperatura	26,8	26	26,4	Temperatura	27,7	27,9	27,8
	Salinidad	1,5	1,42	1,46	Salinidad	1,39	1,35	1,37	Salinidad	1,27	1,36	1,32
50% M.E + 50% Agua	Control			50% M.E + 50% Agua	Control			50% M.E + 50% Agua	Control			
	Parametros	T3A	T3B	Promedio	Parametros	T3A	T3B	Promedio	Parametros	T3A	T3B	Promedio
	Ph	7,21	7,31	7,26	Ph	7,14	7,28	7,21	Ph	6,8	6,65	6,73
	Conductivida	2,55	2,96	2,76	Conductivida	2,32	2,41	2,37	Conductivida	2,03	2,15	2,09
	Temperatura	26,2	26,4	26,3	Temperatura	26	26	26	Temperatura	28	27,5	27,75
	Salinidad	1,31	1,55	1,43	Salinidad	1,2	1,32	1,26	Salinidad	1,04	1,18	1,11
25% M.E + 75% Agua	Control			25% M.E + 75% Agua	Control			25% M.E + 75% Agua	Control			
	Parametros	T4A	T4B	Promedio	Parametros	T4A	T4B	Promedio	Parametros	T4A	T4B	Promedio
	Ph	6,73	6,65	6,69	Ph	6,5	6,42	6,46	Ph	6,1	6,52	6,31
	Conductivida	2,9	2,83	2,87	Conductivida	2,72	2,6	2,66	Conductivida	2,65	2,41	2,53
	Temperatura	26	26,2	26,1	Temperatura	26,6	26,8	26,7	Temperatura	27,7	28	27,85
	Salinidad	1,5	1,48	1,49	Salinidad	1,35	1,26	1,31	Salinidad	1,37	1,3	1,34
100% Agua	Control			100% Agua	Control			100% Agua	Control			
	Parametros	T5A	T5B	Promedio	Parametros	T5A	T5B	Promedio	Parametros	T5A	T5B	Promedio
	Ph	6,08	7	6,54	Ph	6,28	6,8	6,54	Ph	6,54	6,25	6,40
	Conductivida	2,08	2,7	2,39	Conductivida	2,15	2,4	2,28	Conductivida	3,01	3,12	3,07
	Temperatura	25,6	25,9	25,75	Temperatura	26	26,8	26,4	Temperatura	27,4	27,6	27,5
	Salinidad	1,08	1,43	1,26	Salinidad	1,12	1,32	1,22	Salinidad	1,57	1,3	1,44
	Control				Control				Control			
	Parametros	Control Tradicional	Promedio		Parametros	Control Tradicional	Promedio		Parametros	Control Tradicional	Promedio	
	Ph	7,39	7,39		Ph	7,43	7,43		Ph	7,39	7,39	
	Conductivida	3,35	3,35		Conductivida	3,4	3,4		Conductivida	3,35	3,35	
	Temperatura	28,5	28,5		Temperatura	28,2	28,2		Temperatura	28,2	28,2	
	Salinidad	1,76	1,76		Salinidad	1,82	1,82		Salinidad	1,76	1,76	

SEMANA 4				SEMANA 5				SEMANA 6			
100% M.E				100% M.E				100% M.E			
Control				Control				Control			
Parametros	T1A	T1B	Promedio	Parametros	T1A	T1B	Promedio	Parametros	T1A	T1B	Promedio
Ph	7,42	7,4	7,41	Ph	6,32	6,54	6,43	Ph	6,5	6,7	6,6
Conductivida	2,23	2,3	2,27	Conductivida	3,12	3,35	3,24	Conductivida	3,2	3,4	3,3
Temperatura	27	27,8	27,4	Temperatura	28,9	28	28,45	Temperatura	28,2	28,3	28,25
Salinidad	1,35	1,25	1,3	Salinidad	1,63	1,75	1,69	Salinidad	1,52	1,8	1,66
75% M.E + 25% Agua				75% M.E + 25% Agua				75% M.E + 25% Agua			
Control				Control				Control			
Parametros	T2A	T2B	Promedio	Parametros	T2A	T2B	Promedio	Parametros	T2A	T2B	Promedio
Ph	6,4	6,9	6,65	Ph	6,2	6,47	6,34	Ph	6,32	6,42	6,37
Conductivida	2,42	2,5	2,46	Conductivida	2,84	2,6	2,72	Conductivida	2,8	2,52	2,66
Temperatura	27,5	27,8	27,65	Temperatura	28,8	28,2	28,5	Temperatura	28,4	28	28,2
Salinidad	1,3	1,32	1,31	Salinidad	1,47	1,34	1,41	Salinidad	1,38	1,4	1,39
50% M.E + 50% Agua				50% M.E + 50% Agua				50% M.E + 50% Agua			
Control				Control				Control			
Parametros	T3A	T3B	Promedio	Parametros	T3A	T3B	Promedio	Parametros	T3A	T3B	Promedio
Ph	6,7	6,8	6,75	Ph	6,47	6,34	6,41	Ph	6,52	6,41	6,47
Conductivida	2,12	2,22	2,17	Conductivida	2,5	3,47	2,99	Conductivida	2,63	3,35	2,99
Temperatura	27,2	27,8	27,5	Temperatura	28	28,2	28,1	Temperatura	28,3	28,32	28,31
Salinidad	1,14	1,3	1,22	Salinidad	1,3	1,82	1,56	Salinidad	1,35	1,75	1,55
25% M.E + 75% Agua				25% M.E + 75% Agua				25% M.E + 75% Agua			
Control				Control				Control			
Parametros	T4A	T4B	Promedio	Parametros	T4A	T4B	Promedio	Parametros	T4A	T4B	Promedio
Ph	6,4	6,6	6,5	Ph	5,75	6,33	6,04	Ph	6,3	6,23	6,27
Conductivida	2,4	2,33	2,37	Conductivida	3,26	3,3	3,28	Conductivida	3,33	3,44	3,39
Temperatura	27,2	27,9	27,55	Temperatura	28	28	28	Temperatura	28,4	28,6	28,5
Salinidad	1,28	1,4	1,34	Salinidad	1,69	1,73	1,71	Salinidad	1,76	1,82	1,79
100% Agua				100% Agua				100% Agua			
Control				Control				Control			
Parametros	T5A	T5B	Promedio	Parametros	T5A	T5B	Promedio	Parametros	T5A	T5B	Promedio
Ph	6,7	6,4	6,55	Ph	5,91	6,03	5,97	Ph	6,4	6,35	6,38
Conductivida	3,12	3,2	3,16	Conductivida	3,36	3,53	3,45	Conductivida	3,42	3,55	3,49
Temperatura	27,8	27,8	27,8	Temperatura	28,5	27,9	28,2	Temperatura	28,3	27,89	28,10
Salinidad	1,6	1,32	1,46	Salinidad	1,76	1,86	1,81	Salinidad	1,82	1,75	1,79
Control Tradicional				Control Tradicional				Control Tradicional			
Parametros	Control Tradicional	Promedio		Parametros	Control Tradicional	Promedio		Parametros	Control Tradicional	Promedio	
Ph	7,2	7,2		Ph	7,9	7,9		Ph	7,85	7,85	
Conductivida	3,42	3,42		Conductivida	3,57	3,57		Conductivida	3,48	3,48	
Temperatura	28,32	28,32		Temperatura	28,9	28,9		Temperatura	28,6	28,6	
Salinidad	1,58	1,58		Salinidad	1,88	1,88		Salinidad	1,76	1,76	

SEMANA 7				SEMANA 8			
100% M.E				100% M.E			
Control				Control			
Parametros	T1A	T1B	Promedio	Parametros	T1A	T1B	Promedio
Ph	6,7	6,85	6,78	Ph	6,5	6,92	6,71
Conductivida	2,85	2,76	2,81	Conductivida	2,75	2,64	2,70
Temperatura	27	27	27	Temperatura	27,2	27,6	27,4
Salinidad	1,47	1,42	1,45	Salinidad	1,52	1,51	1,52
75% M.E + 25% Agua				75% M.E + 25% Agua			
Control				Control			
Parametros	T2A	T2B	Promedio	Parametros	T2A	T2B	Promedio
Ph	6,58	6,49	6,54	Ph	6,7	6,62	6,66
Conductivida	2,37	2,4	2,39	Conductivida	2,42	2,48	2,45
Temperatura	28	28,2	28,1	Temperatura	28,3	28,7	28,5
Salinidad	1,21	1,27	1,24	Salinidad	1,25	1,3	1,28
50% M.E + 50% Agua				50% M.E + 50% Agua			
Control				Control			
Parametros	T3A	T3B	Promedio	Parametros	T3A	T3B	Promedio
Ph	6,77	6,72	6,75	Ph	6,8	6,75	6,78
Conductivida	2,22	2,32	2,27	Conductivida	2,31	2,4	2,36
Temperatura	27,2	27,6	27,4	Temperatura	27,4	27,52	27,46
Salinidad	1,14	1,17	1,16	Salinidad	1,22	1,28	1,25
25% M.E + 75% Agua				25% M.E + 75% Agua			
Control				Control			
Parametros	T4A	T4B	Promedio	Parametros	T4A	T4B	Promedio
Ph	6,56	6,5	6,53	Ph	6,8	6,72	6,76
Conductivida	2,57	2,62	2,60	Conductivida	2,48	1,52	2
Temperatura	27,7	27,4	27,55	Temperatura	27,8	27,54	27,67
Salinidad	1,32	1,37	1,35	Salinidad	1,45	1,48	1,47
100% Agua				100% Agua			
Control				Control			
Parametros	T5A	T5B	Promedio	Parametros	T5A	T5B	Promedio
Ph	6,05	6,12	6,09	Ph	6,3	6,23	6,27
Conductivida	3,17	3,22	3,20	Conductivida	3,14	3,25	3,20
Temperatura	27,5	27,82	27,66	Temperatura	27,58	27,7	27,64
Salinidad	1,67	1,73	1,7	Salinidad	1,7	1,65	1,68
Control Tradicional				Control Tradicional			
Parametros	Control Tradicional	Promedio		Parametros	Control Tradicional	Promedio	
Ph	7,7	7,7		Ph	7,65	7,65	
Conductivida	3,48	3,48		Conductivida	3,5	3,5	
Temperatura	27,4	27,4		Temperatura	27,52	27,52	
Salinidad	1,83	1,83		Salinidad	1,79	1,79	

Análisis de varianza del pH durante las ocho semanas

ANÁLISIS DE VARIANZA					
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>
Entre grupos	7,89	5	1,58	19,56	5,13E-10
Dentro de los grupos	3,39	42	0,08		
Total	11,28	47			

Análisis de varianza de la temperatura durante las ocho semanas

ANÁLISIS DE VARIANZA					
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>
Entre grupos	5,02	5	1,00	1,48	0,22
Dentro de los grupos	28,51	42	0,68		
Total	33,53	47			

Análisis de varianza de la Conductividad eléctrica durante las ocho semanas

ANÁLISIS DE VARIANZA					
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>
Entre grupos	4,82	5	0,96	7,88	2,62E-05
Dentro de los grupos	5,14	42	0,12		
Total	9,96	47			

Análisis de varianza de la Salinidad durante las ocho semanas

ANÁLISIS DE VARIANZA					
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad
Entre grupos	1,11	5	0,22	7,80	2,92E-05
Dentro de los grupos	1,20	42	0,03		
Total	2,30	47			

Media y desviación estándar de Nutrientes

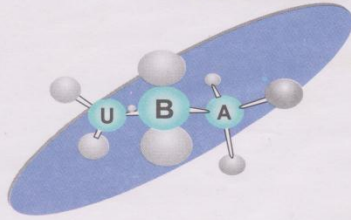
Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Calcio	
Media	1,42	Media	0,64	Media	0,98	Media	3,52
Error típico	0,04	Error típico	0,02	Error típico	0,05	Error típico	0,06
Mediana	1,44	Mediana	0,64	Mediana	0,97	Mediana	3,50
Moda	1,51	Moda	0,60	Moda	#N/A	Moda	#N/A
Desviación estándar	0,10	Desviación estándar	0,04	Desviación estándar	0,12	Desviación estándar	0,16
Varianza de la muestra	0,01	Varianza de la muestra	0,00	Varianza de la muestra	0,01	Varianza de la muestra	0,02
Curtosis	-2,48	Curtosis	-3,18	Curtosis	-1,22	Curtosis	0,08
Coefficiente de asimetría	-0,32	Coefficiente de asimetría	0,00	Coefficiente de asimetría	0,51	Coefficiente de asimetría	-0,01
Rango	0,21	Rango	0,09	Rango	0,30	Rango	0,45
Mínimo	1,30	Mínimo	0,59	Mínimo	0,86	Mínimo	3,29
Máximo	1,51	Máximo	0,68	Máximo	1,16	Máximo	3,74
Suma	8,52	Suma	3,82	Suma	5,88	Suma	21,12
Cuenta	6,00	Cuenta	6,00	Cuenta	6,00	Cuenta	6,00
Nivel de confianza(95,0%)	0,10	Nivel de confianza(95,0%)	0,05	Nivel de confianza(95,0%)	0,13	Nivel de confianza(95,0%)	0,16

Magnesio		Azufre		Zinc		Cobre	
Media	0,70	Media	0,23	Media	793,00	Media	45,33
Error típico	0,03	Error típico	0,01	Error típico	15,10	Error típico	0,33
Mediana	0,71	Mediana	0,23	Mediana	802,50	Mediana	45,50
Moda	#N/A	Moda	0,23	Moda	#N/A	Moda	46,00
Desviación estándar	0,07	Desviación estándar	0,01	Desviación estándar	36,98	Desviación estándar	0,82
Varianza de la muestra	0,01	Varianza de la muestra	0,00	Varianza de la muestra	1367,20	Varianza de la muestra	0,67
Curtosis	-1,84	Curtosis	1,33	Curtosis	4,23	Curtosis	-0,30
Coefficiente de asimetría	-0,17	Coefficiente de asimetría	-0,44	Coefficiente de asimetría	-1,97	Coefficiente de asimetría	-0,86
Rango	0,19	Rango	0,04	Rango	101,00	Rango	2,00
Mínimo	0,60	Mínimo	0,21	Mínimo	721,00	Mínimo	44,00
Máximo	0,79	Máximo	0,25	Máximo	822,00	Máximo	46,00
Suma	4,20	Suma	1,39	Suma	4758,00	Suma	272,00
Cuenta	6,00	Cuenta	6,00	Cuenta	6,00	Cuenta	6,00
Nivel de confianza(95,0%)	0,08	Nivel de confianza(95,0%)	0,01	Nivel de confianza(95,0%)	38,80	Nivel de confianza(95,0%)	0,86

Hierro		Manganeso	
Media	11423,33	Media	1030,33
Error típico	159,70	Error típico	38,47
Mediana	11320,00	Mediana	1028,00
Moda	#N/A	Moda	#N/A
Desviación estándar	391,19	Desviación estándar	94,24
Varianza de la muestra	153026,67	Varianza de la muestra	8880,67
Curtosis	1,03	Curtosis	-1,65
Coefficiente de asimetría	1,13	Coefficiente de asimetría	-0,03
Rango	1080,00	Rango	238,00
Mínimo	11020,00	Mínimo	907,00
Máximo	12100,00	Máximo	1145,00
Suma	68540,00	Suma	6182,00
Cuenta	6,00	Cuenta	6,00
Nivel de confianza(95,0%)	410,52	Nivel de confianza(95,0%)	98,90

Materia Orgánica		Carbon		C/N	
Media	33,47	Media	19,42	Media	13,67
Error típico	1,53	Error típico	0,89	Error típico	0,47
Mediana	34,15	Mediana	19,82	Mediana	13,36
Moda	#N/A	Moda	#N/A	Moda	#N/A
Desviación estándar	3,76	Desviación estándar	2,18	Desviación estándar	1,16
Varianza de la muestra	14,11	Varianza de la muestra	4,75	Varianza de la muestra	1,35
Curtosis	-2,28	Curtosis	-2,29	Curtosis	0,25
Coefficiente de asimetría	-0,32	Coefficiente de asimetría	-0,32	Coefficiente de asimetría	1,02
Rango	8,40	Rango	4,87	Rango	3,05
Mínimo	29,00	Mínimo	16,83	Mínimo	12,56
Máximo	37,40	Máximo	21,70	Máximo	15,61
Suma	200,80	Suma	116,51	Suma	82,00
Cuenta	6,00	Cuenta	6,00	Cuenta	6,00
Nivel de confianza(95,0%)	3,94	Nivel de confianza(95,0%)	2,29	Nivel de confianza(95,0%)	1,22

Resultado de análisis del laboratorio UBA para ácidos húmicos y fúlvicos



**Analytical
Laboratories**
Testing & Consulting

WWW.UBA-LAB.COM

INFORME DE RESULTADOS IDR 12522-2015

Fecha: 18 de Noviembre del 2015

DATOS DEL CLIENTE

Nombre	FUNDACION MAQUITA CUSHUNCHIC COMERCIALIZANDO COMO HERMANOS "MCCH"
Dirección	Moro Moro S26-365 Y Rumichaca
Teléfono	02-2670-925
Contacto	Ing. Luis Gamez

DATOS DE LA MUESTRA

Tipo de muestra	Abono Orgánico	Cantidad	Aprox. 500 g
No. de muestras	1 (n=1)	Lote	N/A
Presentación	Funda plástica	Fecha de recepción	11 de Noviembre del 2015
Toma de muestra	Realizado por Cliente	Fecha toma de muestra	N.A.

CONDICIONES DEL ANALISIS

Temperatura (°C)	24.6	Humedad (%)	64.5
Fecha de Inicio de Análisis	13 de Noviembre del 2015		
Fecha de Finalización del análisis	16 de Noviembre del 2015		

RESULTADOS

CODIGO CLIENTE	CODIGO UBA	PARAMETROS	METODO	RESULTADO	Unidad	Limite de detección
Nombre de Muestra T1	UBA-12522-1	Ácidos Húmicos	Walkley & Black 1934	11.02	%	0.5
				110200	mg/Kg	
		Ácidos Fúlvicos		0.52	%	0.5
				5200	mg/Kg	

Observaciones:

- Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) recibidas por el laboratorio. No siendo extensivo a cualquier lote.
- Este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente, excepto con la aprobación escrita por parte del laboratorio.
- Nomenclatura: N.D. = No Detectable; N.A. = No aplica

Nelson Montoya
Nelson Montoya, M. Sc.
Gerente General & Técnico
R.P. 1215

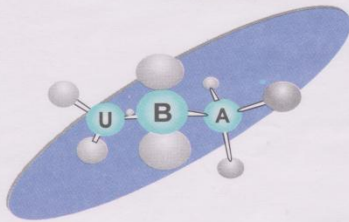
FOR ADM. 04 R01

Página 1 de 1

ALIMENTOS · CONTROL DE CALIDAD · FARMACEUTICOS · AMBIENTALES · COSMETICOS

Av. Carlos L. Plaza Dañín, Cda. La FAE, Mz. 20 Solar 12 (Frente al primer bloque de la Atarazana)
CONMUTADOR: 2288578 - 6017745 - Cel.: 0992 737500 - 0984 780671
E-mail: nmontoya@uba-lab.com
Guayaquil - Ecuador





Analytical Laboratories

Testing & Consulting

WWW.UBA-LAB.COM

INFORME DE RESULTADOS IDR 12523-2015

Fecha: 18 de Noviembre del 2015

DATOS DEL CLIENTE

Nombre	FUNDACION MAQUITA CUSHUNCHIC COMERCIALIZANDO COMO HERMANOS "MCCH"		
Dirección	Moro Moro S26-365 Y Rumichaca		
Teléfono	02-2670-925		
Contacto	Ing. Luis Gamez		

DATOS DE LA MUESTRA

Tipo de muestra	Abono Orgánico	Cantidad	Aprox. 500 g
No. de muestras	1 (n=1)	Lote	N/A
Presentación	Funda plástica	Fecha de recepción	11 de Noviembre del 2015
Toma de muestra	Realizado por Cliente	Fecha toma de muestra	N.A.

CONDICIONES DEL ANALISIS

Temperatura (°C)	24.6	Humedad (%)	64.5
Fecha de Inicio de Análisis	13 de Noviembre del 2015		
Fecha de Finalización del análisis	16 de Noviembre del 2015		

RESULTADOS

CODIGO CLIENTE	CODIGO UBA	PARAMETROS	METODO	RESULTADO	Unidad	Limite de detección
Nombre de Muestra Control Tradicional	UBA-12523-1	Ácidos Húmicos	Walkley & Black 1934	13.11	%	0.5
				131100	mg/Kg	
		Ácidos Fulvicos		0.64	%	0.5
				6400	mg/Kg	

Observaciones:

- Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) recibidas por el laboratorio. No siendo extensivo a cualquier lote.
- Este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente, excepto con la aprobación escrita por parte del laboratorio.
- Nomenclatura: N.D. = No Detectable; N.A. = No aplica

Nelson Montoya, M. Sc.
Gerente General & Técnico
R.P. 1215

FOR ADM. 04 R01

Página 1 de 1

ALIMENTOS CONTROL DE CALIDAD FARMACEUTICOS AMBIENTALES COSMETICOS

Av. Carlos L. Plaza Dañin, Cda. La FAE, Mz. 20 Solar 12 (Frente al primer bloque de la Atarazana)
COMUTADOR: 2288578 - 6017745 - Cel.: 0992 737500 - 0984 780671
E-mail: nmontoya@uba-lab.com
Guayaquil - Ecuador



Resultado de análisis del laboratorio SALBRA para nutrientes



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y PLANTAS "SALBRA"

Mocache Los Ríos, Malecón y primero de Agosto. Telf. 052707012. Cel.0988986645
 Babahoyo Los Ríos, Km 1 vía Babahoyo-Montalvo (sector la Aventura)
 RUC: 0200656999001



RESULTADOS DE BIOLES ORGANICOS

PROPIETARIO: Señores: MCCH	Finca: Localidad: Cantón: Provincia: Los Ríos	FECHA ENTREGA: 7 de Diciembre del 2015	BIOL: Humus solido de lombriz
--------------------------------------	--	--	---

Identificación de la muestra	N	P	K	Ca	Mg	S	MO	Zn	Cu	Fe	Mn
	%					mg/kg (ppm)					
Muestra 1	1.39	0.67	1.16	3.52	0.76	0.23	37.4	818	45	12,100	1,145
Nivel adecuado											

Método Empleado: Digestión por vía húmeda con ácido sulfúrico más óxido de selenio.

Javier Saltos Moncayo Ing. Agr. Mg.Sc. del suelo
Responsable



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y PLANTAS "SALBRA"



Mocache Los Ríos, Malecón y primero de Agosto. Telf. 052707012. Cel.0988986645
Babahoyo Los Ríos, Km 1 vía Babahoyo-Montalvo (sector la Aventura)
RUC: 0200656999001

RESULTADOS DE BIOLES ORGANICOS

PROPIETARIO: Señores: MCCH	Finca:	FECHA ENTREGA: 7 de Diciembre del 2015	BIOL: Humus solido de lombriz
	Localidad: Cantón: Provincia: Los Ríos		

Identificación de la muestra	N	P	K	Ca	Mg	S	MO	Zn	Cu	Fe	Mn
	%						mg/kg (ppm)				
Muestra 2	1.30	0.60	0.91	3.47	0.60	0.21	29.2	804	45	11,170	951
Nivel adecuado											

Método Empleado: Digestión por vía húmeda con ácido sulfúrico más óxido de selenio.

Javier Saltos Moncayo Ing. Agr. Mg.Sc. del suelo
Responsable



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y PLANTAS "SALBRA"



Mocache Los Ríos, Malecón y primero de Agosto. Telf. 052707012. Cel.0988986645
Babahoyo Los Ríos, Km 1 vía Babahoyo-Montalvo (sector la Aventura)
RUC: 0200656999001

RESULTADOS DE BIOLES ORGANICOS

PROPIETARIO: Señores: MCCH	Finca:	FECHA ENTREGA: 7 de Diciembre del 2015	BIOL: Humus de lombriz
	Localidad: Cantón: Provincia: Los Ríos		

Identificación de la muestra	N	P	K	Ca	Mg	S	MO	Zn	Cu	Fe	Mn
	%						mg/kg (ppm)				
Muestra 3	1.51	0.68	1.05	3.29	0.79	0.23	35.6	721	46	11.610	1.123
Nivel adecuado											

Método Empleado: Digestión por vía húmeda con ácido sulfúrico más óxido de selenio.

Javier Saltos Moncayo Ing. Agr. Mg.Sc. del suelo
Responsable



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y PLANTAS "SALBRA"



Mocache Los Ríos, Malecón y primero de Agosto. Telf. 052707012. Cel.0988986645
Babahoyo Los Ríos, Km 1 vía Babahoyo-Montalvo (sector la Aventura)
RUC: 0200656999001

RESULTADOS DE BIOLES ORGANICOS

PROPIETARIO: Señores: MCCH	Finca: Localidad: Cantón: Provincia: Los Ríos	FECHA ENTREGA: 7 de Diciembre del 2015	BIOL: Humus lodo de lombriz
--------------------------------------	--	--	---------------------------------------

Identificación de la muestra	N	P	K	Ca	Mg	S	MO	Zn	Cu	Fe	Mn
	%					mg/kg (ppm)					
Muestra 4	1.32	0.59	0.86	3.74	0.64	0.23	29.0	792	44	11,210	907
Nivel adecuado											

Método Empleado: Digestión por vía húmeda con ácido sulfúrico más óxido de selenio.

Javier Saltos Moncayo Ing. Agr. Mg.Sc. del suelo
Responsable



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y PLANTAS "SALBRA"



Mocache Los Ríos, Malecón y primero de Agosto. Telf. 052707012. Cel.0988986645
Babahoyo Los Ríos, Km 1 vía Babahoyo-Montalvo (sector la Aventura)
RUC: 020065699001

RESULTADOS DE BIOLES ORGANICOS

PROPIETARIO: Señores: MCCH	Finca: Localidad: Cantón: Provincia: Los Ríos	FECHA ENTREGA: 7 de Diciembre del 2015	CULTIVO: Humus solido de lombriz
--------------------------------------	--	--	--

Identificación de la muestra	N	P	K	Ca	Mg	S	MO	Zn	Cu	Fe	Mn
	%						mg/kg (ppm)				
Muestra 5	1.51	0.60	0.87	3.64	0.67	0.24	32.7	801	46	11,020	1,004
Nivel adecuado											

Método Empleado: Digestión por vía húmeda con ácido sulfúrico más óxido de selenio.

Javier Saltos Moncayo Ing. Agr. Mg.Sc. del suelo
Responsable



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y PLANTAS "SALBRA"



Mocache Los Ríos, Malecón y primero de Agosto. Telf. 052707012. Cel.0988986645
Babahoyo Los Ríos, Km 1 vía Babahoyo-Montalvo (sector la Aventura)
RUC: 0200656999001

RESULTADOS DE BIOLES ORGANICOS

PROPIETARIO: Señores: MCCH	Finca:	FECHA ENTREGA: 7 de Diciembre del 2015	BIOL: Humus lodo de lombriz
	Localidad: Cantón: Provincia: Los Ríos		

Identificación de la muestra	N	P	K	Ca	Mg	S	MO	Zn	Cu	Fe	Mn
	%					mg/kg (ppm)					
Muestra 6	1.49	0.68	1.03	3.46	0.74	0.25	36.9	822	46	11,430	1,052
Nivel adecuado											

Método Empleado: Digestión por vía húmeda con ácido sulfúrico más óxido de selenio.

Javier Saltos Moncayo Ing. Agr. Mg.Sc. del suelo
Responsable

