

**“APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS PARA ACELERAR
LA TRANSFORMACIÓN DE DESECHOS ORGÁNICOS EN
COMPOST”**

EDGAR IVÁN NARANJO PACHA

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN ESTRUCTURADO DE MANERA
INDEPENDIENTE COMO REQUISITO PARA OPTAR EL TÍTULO
DE INGENIERO AGRÓNOMO**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



AMBATO - ECUADOR

2013

El suscrito EDGAR IVÁN NARANJO PACHA, portador de cédula de identidad número: 1804231023, libre y voluntariamente declaro que el trabajo de investigación titulado “APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS PARA ACELERAR LA TRANSFORMACIÓN DE DESECHOS ORGÁNICOS EN COMPOST” es original, auténtica y personal. En tal virtud, declaro que el contenido será de mi sola responsabilidad legal y académica.

EDGAR IVÁN NARANJO PACHA

DERECHO DE AUTOR

Al presentar esta tesis como uno de los requisitos previos para la obtención del título de Tercer Nivel en la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que haga de esta tesis un documento disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de esta tesis dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de esta tesis, o de parte de ella.

EDGAR IVÁN NARANJO PACHA

Fecha:

**“APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS PARA ACELERAR LA
TRANSFORMACIÓN DE DESECHOS ORGÁNICOS EN COMPOST”**

REVISADO POR:

Ing. Agr. M.Sc. Nelly Cherres R.
TUTORA

Ing. Agr. Mg. Alberto Gutiérrez A.
ASESOR DE BIOMETRÍA

APROBADO POR LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO:

Fecha

Ing. Agr. P.hD. Pedro Pomboza

Ing. Agr. Mg. Pedro Sánchez C.

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres. Luzmila Pacha y Nelson Naranjo por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo.

A mis hermanos, abuelos y amigos gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida.

A ti Isabel porque en gran parte gracias a ti, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuviste impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y porque el orgullo que sientes por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final, y por lo que has hecho de mí.

Mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles, a todos espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de tesis, primeramente agradezco a Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado.

Agradezco a la Universidad Técnica de Ambato, por abrirme las puertas, guiarme en mi carrera profesional y brindarme las herramientas necesarias para conseguirlo.

A mis padres, quienes con su apoyo emocional y económico, han hecho posible la realización de esta Tesis y que por ende se constituye en un triunfo para ellos.

A los Ingenieros Agrónomos Ing. M.Sc. Nelly Cherres R. directora de tesis, Ing. Mg. Alberto Gutiérrez A. asesor de biometría y al Ing. Mg. Eduardo Cruz T. asesor de redacción, por su paciencia y colaboración en la realización de este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
CAPÍTULO 1	01
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	01
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	01
1.2. ANÁLISIS CRÍTICO DEL PROBLEMA	01
1.3. JUSTIFICACIÓN	03
1.4. OBJETIVOS	04
1.4.1. Objetivo general	04
1.4.2. Objetivos específicos	05
CAPÍTULO 2	06
MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS	06
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	06
2.2. MARCO CONCEPTUAL	06
2.2.1. Los microorganismos	06
2.2.1.1. Beneficios de los microorganismos en la agricultura...	07
2.2.1.2. Beneficios del Compost Treet en la agricultura	08
2.2.2. El compost	09
2.2.2.1. Fases del compostaje	09
2.2.2.2. Factores de la descomposición de materiales orgánicos	10
2.2.3. Proceso del compostaje	11
2.2.4. Uso del compost	15
2.3. HIPÓTESIS	15
2.4. VARIABLES DE LA HIPÓTESIS	15
2.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	16
CAPÍTULO 3	17
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	17
3.1. ENFOQUE, MODALIDAD Y TIPO DE LA INVESTIGACIÓN	17
3.2. UBICACIÓN DEL ENSAYO	17
3.3. CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR	17
3.4. FACTORES EN ESTUDIO	18
3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL	19
3.6. TRATAMIENTOS	19
3.7. CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO	20

	Pág.
3.8. DATOS TOMADOS	20
3.9. MANEJO DE LA INVESTIGACIÓN	21
CAPÍTULO 4	25
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1. RESULTADOS, ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y DISCUSIÓN	25
4.1.1. Días a la obtención del compost	25
4.1.2. Peso del compost	29
4.1.3. Número de colonias	30
4.1.4. Contenido nutricional	35
4.1.4.1. Contenido de nitrógeno	35
4.1.4.2. Contenido de fósforo	38
4.1.4.3. Contenido de potasio	43
4.1.4.4. Contenido de materia orgánica	46
4.1.5. pH	49
4.2. RESULTADOS, ANÁLISIS ECONÓMICO Y DISCUSIÓN	50
4.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	53
CAPÍTULO 5	55
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
5.1. CONCLUSIONES	54
5.2. RECOMENDACIONES	55
CAPÍTULO 6	56
PROPUESTA	56
6.1. TÍTULO	56
6.2. FUNDAMENTACIÓN	56
6.3. OBJETIVOS	57
6.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	57
6.5. IMPLEMENTACIÓN Y PLAN DE ACCIÓN	58
BIBLIOGRAFÍA	60
APÉNDICE	63

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
CUADRO 1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	16
CUADRO 2. TRATAMIENTOS	19
CUADRO 3. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA DÍAS A LA OB- TENCIÓN DEL COMPOST	25
CUADRO 4. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE DÍAS A LA OBTENCIÓN DEL COMPOST.....	26
CUADRO 5. PRUEBA DE DIFERENCIA MÍNIMA SIGNIFICATIVA AL 5% PARA EL FACTOR PRODUCTOS EN LA VA- RIABLE DÍAS A LA OBTENCIÓN DEL COMPOST	27
CUADRO 6. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA EL FACTOR DO- SIS EN LA VARIABLE DÍAS A LA OBTENCIÓN DEL COMPOST	27
CUADRO 7. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LA INTERACCIÓN PRODUCTOS POR DOSIS EN LA VARIABLE DÍAS A LA OBTENCIÓN DEL COMPOST	29
CUADRO 8. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA PESO DEL COM- POST	30
CUADRO 9. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA NÚMERO DE CO- LONIAS	31
CUADRO 10. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE NÚMERO DE COLONIAS	31
CUADRO 11. PRUEBA DE DIFERENCIA MÍNIMA SIGNIFICATI- VA AL 5% PARA EL FACTOR PRODUCTOS EN LA VARIABLE NÚMERO DE COLONIAS.....	32
CUADRO 12. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA EL FACTOR DO- SIS EN LA VARIABLE NÚMERO DE COLONIAS	32
CUADRO 13. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LA INTERACCIÓN PRODUCTOS POR DOSIS EN LA VARIABLE NÚME- RO DE COLONIAS	34

	Pág.
CUADRO 14. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA CONTENIDO DE NITRÓGENO	35
CUADRO 15. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE CONTENIDO DE NITRÓGENO	36
CUADRO 16. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA EL FACTOR DOSIS EN LA VARIABLE CONTENIDO DE NITRÓGENO	36
CUADRO 17. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LA INTERACCIÓN PRODUCTOS POR DOSIS EN LA VARIABLE CONTENIDO DE NITRÓGENO	38
CUADRO 18. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA CONTENIDO DE FÓSFORO	39
CUADRO 19. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE CONTENIDO DE FÓSFORO	40
CUADRO 20. PRUEBA DE DIFERENCIA MÍNIMA SIGNIFICATIVA AL 5% PARA EL FACTOR PRODUCTOS EN LA VARIABLE CONTENIDO DE FÓSFORO	40
CUADRO 21. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA EL FACTOR DOSIS EN LA VARIABLE CONTENIDO DE FÓSFORO	41
CUADRO 22. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LA INTERACCIÓN PRODUCTOS POR DOSIS EN LA VARIABLE CONTENIDO DE FÓSFORO	42
CUADRO 23. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA CONTENIDO DE POTASIO	43
CUADRO 24. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE CONTENIDO DE POTASIO	44
CUADRO 25. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA EL FACTOR DOSIS EN LA VARIABLE CONTENIDO DE POTASIO	45
CUADRO 26. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA	47
CUADRO 27. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA	47

	Pág
CUADRO 28. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA EL FACTOR DOSIS EN LA VARIABLE CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA	48
CUADRO 29. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA pH	50
CUADRO 30. COSTOS DE INVERSIÓN DEL ENSAYO	51
CUADRO 31. COSTOS DE INVERSIÓN DEL ENSAYO POR TRATAMIENTO	51
CUADRO 32. INGRESOS TOTALES DEL ENSAYO POR TRATAMIENTO	52
CUADRO 33. CÁLCULO DE LA RELACIÓN BENEFICIO COSTO DE LOS TRATAMIENTOS CON TASA DE INTERÉS AL 11%	52

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	Pág.
FIGURA 1. Regresión lineal para dosis de aplicación de microorganismos versus días a la obtención del compost	28
FIGURA 2. Regresión lineal para dosis de aplicación de microorganismos versus número de colonias	33
FIGURA 3. Regresión lineal para dosis de aplicación de microorganismos versus contenido de nitrógeno	37
FIGURA 4. Regresión lineal para dosis de aplicación de microorganismos versus contenido de fósforo	41
FIGURA 5. Regresión lineal para dosis de aplicación de microorganismos versus contenido de potasio	45
FIGURA 6. Regresión lineal para dosis de aplicación de microorganismos versus contenido de materia orgánica	48

RESUMEN EJECUTIVO

El trabajo de investigación titulado “Aplicación de microorganismos para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost”, se llevó a cabo en la propiedad del Sr. Nelson Naranjo, ubicado en el sector de Siguitag, parroquia Pasa, cantón Ambato, provincia Tungurahua. Sus coordenadas geográficas son 01° 15´ 17,4” de latitud Sur y 78° 42´ 2,1” de longitud Oeste, a la altitud de 3 353 msnm, con el propósito de evaluar el efecto de los microorganismos capturados en la zona de estudio (P1) y del Compost Treet (P2) aplicados en tres (10 D1, 20 D2 y 30 D3 cc/10 l de agua, respectivamente).

Se empleó el diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo factorial 2 x 3 + 1 testigo, con tres repeticiones. Los tratamientos fueron siete, producto de la combinación de los factores en estudio más el testigo que no recibió aplicación de microorganismos. Se efectuó el análisis de variancia (ADEVA), pruebas de significación de Tukey al 5%, para diferenciar entre tratamientos, factor dosis e interacción; pruebas de Diferencia Mínima Significativa al 5% para el factor productos y polinomios ortogonales con cálculo de correlación y regresión para el factor dosis. El análisis económico de los tratamientos se realizó mediante el cálculo de la relación beneficio costo (RBC).

Con la utilización de Compost Treet (P2) como aporte de microorganismos benéficos, para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost, se alcanzaron los mejores resultados, al reducirse el tiempo a la cosecha y obtener compost de mejor calidad, obteniéndose en los tratamientos de éste producto: menor tiempo a la obtención del compost (90,67 días), mayor número de colonias (espirilos, cocos, bacilos). (8,44/g de compost), con mejor contenido nutricional, al reportar mayor contenido de fósforo (339,66 ppm) y buen contenido de nitrógeno, potasio y materia orgánica, por lo que es el producto apropiado para acelerar la descomposición de los materiales orgánicos, obteniéndose el compost en menor tiempo, con mejor contenido nutricional.

La aplicación de los microorganismos en la dosis de 30 cc/10 l de agua (D3), causó el mejor efecto en el proceso de descomposición, acelerando el tiempo a la cosecha del compost y obteniéndose mejor calidad en su contenido nutricional, por

cuanto los tratamientos que recibieron aplicación de esta dosis reportaron: menor tiempo a la obtención del compost (86,50 días), mayor número de colonias (espirilos, cocos, bacilos). (8,33/g de compost), con mejor contenido de nitrógeno (1,13%), como también de fósforo (219,99 ppm) y potasio (0,72%), reportando el mayor porcentaje de materia orgánica (24,63%); por lo que es la dosis de aplicación adecuada de los microorganismos, para mejorar su calidad final y acortar el tiempo a la obtención del abono. La dosis de 20 cc/10 l de agua (D2), reportó buenos resultados especialmente con el segundo mejor contenido de fósforo (186,54 ppm) y de potasio (0,69%) y el mejor contenido de materia orgánica (24,66%).

Del análisis económico se deduce que, el tratamiento P2D3 (Compost Treet, 30 cc/10 l de agua), alcanzó la mayor relación beneficio costo de 0,19 en donde los beneficios netos obtenidos fueron 0,17 veces lo invertido, siendo desde el punto de vista económico el tratamiento de mayor rentabilidad.

CAPÍTULO 1

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El desconocimiento de los beneficios que brindan los microorganismos en la elaboración del compost, por los agricultores de la comunidad Siguitag, parroquia Pasa, cantón Ambato, provincia de Tungurahua, no permite el adecuado aprovechamiento de este recurso.

1.2. ANÁLISIS CRÍTICO DEL PROBLEMA

La microbiología es la ciencia que estudia a los microorganismos y a sus actividades. Es decir, todo lo que concierne a su estructura, tamaño, forma, reproducción, fisiología, nutrición y distribución y a su utilización práctica, o sea, su importancia en la medicina, la industria y la agricultura. Los microorganismos presentan una gran variedad, se encuentra en el aire que respiramos, en el suelo, en nuestros alimentos y en el agua. La mayoría de estos microorganismos son saprofitos, tienen un importante papel ecológico, pero no afectan directamente al hombre. El estudio de los microorganismos resulta muy complejo, tanto por su extrema pequeñez como su gran variedad de tipos en la mayoría de las poblaciones naturales (Smith, 1968).

Los microorganismos como hongos (actinomicetos y ascomicetos) y bacterias que bajo condiciones controladas pueden abastecer importantes cantidades de materia orgánica a bajos costos para mejorar la productividad del suelo, la descomposición de estos residuos ocurre bajo condiciones de humedad y temperatura. Los residuos animales y vegetales en cambio, son fertilizantes potenciales que aumentan el contenido orgánico de los suelos; estos materiales pueden ser mejorados por compostación, el producto de la descomposición biológica de desperdicios o residuos orgánicos en condiciones controladas podrían abastecer importantes cantidades de materia orgánica a bajo costo para mejorar los suelos (Núñez, 1992).

Los seres vivos requieren principalmente carbono, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, fósforo y azufre; de agua, luz, temperatura y otros factores básicos como la energía, gracias a estos provocan el metabolismo celular lo que permite desarrollarse, producirse y transformarse, gracias a la acción microbiológica directa. Los microorganismos transforman la biomasa en material benéfico para la biosfera, en el suelo convierte muchos componentes. Todos estos seres vivos en poblaciones adecuadas mantienen el equilibrio ecológico. Los microorganismos están presentes en el suelo permitiendo transformaciones químicas para volver fértil para las plantas, convierte el material orgánico del suelo en formas inorgánicas (mineralización) dependiendo de la disponibilidad del oxígeno. En términos de peso y de capacidad metabólica son los microbios los más abundantes, en el suelo, entre ellos las bacterias que son extremadamente diversas, unas aeróbicas, otras anaeróbicas. La mayoría de suelos contienen microorganismos termófilos (Cooke, 1983).

La mayor parte de los microorganismos (bacteria, actinomicetos y hongos) son seres unicelulares muy simples en su estructura y composición. La base y la forma de alimentación son peculiares de cada colonia específica pero sus necesidades energéticas, de nutrientes orgánicos o minerales, agua, temperatura y ausencia de elementos o condiciones nocivas, son similares las plantas con las que comparten el hábitat. En ecosistema con buen nivel de biodiversidad se establecen relaciones simbióticas entre las diferentes poblaciones microbianas, en un equilibrio dinámico en el que cada cual encuentra su espacio propio y suele convivir en estrecha relación con el resto. Eventuales desequilibrios del ecosistema pueden estimular mayores proliferaciones de unas determinadas colonias en detrimento de otras. Aunque en condiciones normales, el predominio de una colonia específica sobre todas las demás desencadena mecanismos de compensación que tienden a neutralizarlos a corto, mediano, largo plazo (Bueno, 2003).

Al incorporar abono orgánico, se mejora las propiedades químicas, aumenta el contenido en macro nutrientes N, P, K y micro nutrientes, mejora la actividad biológica del suelo. Actúa como soporte y alimento de los microorganismos, la población microbiana es un indicador de la fertilidad del suelo, se prevé la utilización del compost como abono orgánico para mejorar las características del suelo y

proveer de nutrientes suficientes a los cultivos, en relación con su empleo en la agricultura tiene gran importancia como mejorador del medio ambiente y del suelo (Suquilanda, 1996).

Los microorganismos demostraron ser organismos benéficos de origen natural que al ponerse en contacto con la materia orgánica secreta sustancias útiles, existen tipos de microorganismos presentes en el compostaje como los hongos, bacterias foto tróficas, levaduras, bacterias productoras de ácido láctico y hongos de fermentación.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Es necesario discutir el término “orgánico”, ya que la materia orgánica es la base de la vida. Por eso, los restos orgánicos no pueden considerarse como desechos sino un recurso valioso para continuar garantizando la fertilidad de la tierra. Con el proceso de compostaje la materia orgánica se convierte en un recurso de gran valor para frenar la desertificación y evitar la contaminación de los residuos domésticos, en el Ecuador están asociados con su baja producción y los bajos niveles de nutrientes del suelo, la erosión, el uso de fertilizantes y la inadecuada utilización de pesticidas (Valarezo, 2001).

La agricultura orgánica no es algo nuevo, siempre ha existido y es la única manera de conservar el ciclo natural que existe en el mundo. Este tipo de agricultura no represente mayores gastos o menos ingresos a los agricultores, es más bien una alternativa para que cada agricultor en su propio campo vaya descubriendo y entendiendo con el pasar de los días nuevas formas de alimentar y proteger a sus cultivos. Es por eso que, este documento intenta aportar información que pueda aplicarse en cada una de las unidades de producción, tratando de que cada agricultor mediante la aplicación de algunas prácticas agrícolas sin contaminantes produzca alimentos sin alterar a su salud, a su familia, a la de sus consumidores y sobre todo a la salud de su madre tierra (Bourguignon, 1986).

El suelo es un recurso natural renovable, es decir que tiene la capacidad de regenerarse si se usa bien, gracias a la materia orgánica con la participación de los

microorganismos aeróbicos ayudan la descomposición de los residuos orgánicos como los microorganismos, que son utilizados en agricultura porque mejoran las propiedades físico-químicas de los suelos, aumentan la micro flora bacteriana del mismo. El descubrimiento de los microorganismos como acelerante del proceso de desintegración que ayuda al incremento de los minerales contenidos en los desechos orgánicos, estos no afectan al medio ambiente, consumen las sustancias que causan la putrefacción, malos olores y enfermedades. En el Ecuador se está incrementando el uso de los microorganismos para la elaboración de bocashi, en la fertilización orgánica de brócoli, en maíz y maní, en cacao, banano y otros cultivos tropicales. Los abonos orgánicos son muy importantes en los suelos, ya que suministra nitrógeno en forma asimilable para las plantas (Valarezo, 2001).

En el Ecuador, la Sierra es la región del país que afronta con mayor intensidad de la degradación del suelo por la pérdida de equilibrio por el exceso de productos químicos y que es la causa del descenso de las cosechas y por otro lado, el incremento de la población humana. El crecimiento económico por sí mismo, frecuentemente ocasiona degradación del medio ambiente y de los recursos naturales. El asunto no es escoger entre desarrollo y medio ambiente, sino proponer incorporar medidas de costo-eficiencia para restablecer, sustentar y proteger los sistemas naturales y producir alimentos limpios y sanos, aprovechando los desechos biodegradables que se desperdician en grandes cantidades y afectan al medio ambiente (Proexant, 2002).

La atenta observación de los procesos naturales de degradación y transformación de la materia orgánica y la constante experimentación, han permitido conocer la dinámica, los elementos y los procesos que intervienen en el compostaje. A lo largo del tiempo se han desarrollado varias técnicas que imitan ese proceso natural, mucho más lento. En la tranquilidad de los bosques lleva años de lenta transformación, pero podemos reproducirlo en condiciones controladas y acelerarlo para que se realice en apenas unos meses (Bueno, 2003).

1.4. OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Aplicar microorganismos (bacterias fototróficas, bacterias ácido lácticas, actinomicetos, hongos, levaduras, algas) para acelerar la descomposición de materiales orgánicos en la elaboración de compost.

1.4.2. Objetivos específicos

Evaluar el efecto de los microorganismos (bacterias fototróficas, bacterias ácido lácticas, actinomicetos, hongos, levaduras, algas) capturados en la zona de estudio y del Compost Treet.

Determinar la dosis de los productos en estudio y el tiempo requerido para la transformación de compost.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Cruz (2000), cita que, en Azuay, Cañar, Loja y Tungurahua, el sistema de producción implantado bajo los argumentos de la “Revolución Verde”, fundamentada en monocultivo con alta tecnología, incitó al uso indiscriminado de químicos, causando erosión, salinidad, compactación y contaminación edáfica, reduciéndose las cosechas y calidad de los productos, destruyendo la mayoría de suelos agrícolas. La producción de compost y humus aún es doméstica, lenta y empírica, lo practican pequeños agricultores para utilizar en sus cultivos. Para su elaboración usan rastrojos, malezas, estiércol y residuos vegetales, para disponer de suelos fértiles, de textura media, con buena cantidad de materia orgánica. El suelo se volverá fértil cuando se haya restituido en sus nutrientes minerales y no minerales mediante la adición de compost o bioabono por modificación microbiana.

En los colegios Agropecuarios y en la Empresa Municipal de Aseo de Cuenca, EMAC, en su planta de elaboración de humus, tardan más de 150 días en cosechar los bioabonos. De las cantidades de desechos orgánicos que dedican al compostaje, obteniendo entre el 30 y 40%. Por lo general, el control de las composteras no es sistemático, se descuida la aireación, humedad y pH de la biomasa con la que se trabaja y no se registra sus contenidos cuantitativos y cualitativos (Fundación Piedrabuena, 2007).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Los microorganismos

Higa (2002), dice que el descubridor de los microorganismos, demostró que son microbios benéficos de origen natural que al ponerse en contacto con la materia orgánica secreta sustancias útiles, existen tipos de microorganismos presentes en el compostaje como los hongos, bacterias foto tróficas, levaduras, bacterias productoras de ácido láctico y hongos de fermentación.

Álvarez (1992) manifiesta que, los hongos se conocen entre 80 000 y 100 000 especies de hongos y entre ellos encontramos los mohos que se desarrollan sobre la materia orgánica en descomposición, las levaduras que son abundantes sobre la superficie de los frutos maduros, hongos patógenos en plantas. Todos carecen de clorofila y son heterótrofos y que adquieren energía necesaria a través de la descomposición de la materia orgánica. El cuerpo vegetativo de un hongo consiste en una serie de numerosos filamentos ramificados, denominados hifas, todos ellos de gran interés agrícola, *oomicetos*, *zigomicetos*, *ascomicetos*, *basidiomicetos* y hongos imperfectos.

Las bacterias existen una mayor diversidad morfológica y menor número de estructuras celulares especializadas. Las especies bacterianas, sin embargo, difieren unas de otras en las características de sus colonias cuando crecen en Agar, en forma, disposición y estructura interna de sus células y en el metabolismo. Las bacterias crecen y se desarrollan en colonias que van de un diámetro de 1mm y los bordes de las colonias pueden adoptar varias formas distintas, con alturas delgadas, pueden tener variados tonos de rojo, amarillo, o violeta o carecer de pigmentos. La morfología de las bacterias es bastante sencilla como esféricas o elipsoidales, cilíndricas o en forma de varilla, espiral.

Bacterias de ácido láctico. Producen el ácido láctico del azúcar y de otros hidratos de carbono que producen las bacterias fotosintéticas y la levadura. El ácido láctico obra como una fuente esterilizadora: oprime los microorganismos dañinos y fomenta una rápida descomposición del material orgánico.

Levadura. Sintetizan las sustancias útiles de los aminoácidos y del azúcar que son segregados por las bacterias fotosintéticas, además de producir hormonas y enzimas que activan la división de las células. Sus secreciones son sustratos útiles para los microorganismos activos como las bacterias del ácido láctico y los actinomicetos.

2.2.1.1. Beneficios de los microorganismos en la agricultura

PROEXANT (2002), cita que los microorganismos inoculados al suelo corrigen la salinidad, facilitan el intercambio de los iones en el

suelo y aguas duras, facilitan el drenaje y lavado de sales tóxicas de los cultivos agrícolas (sodio y cloro), solubilizan ciertos minerales (cal y fosfatos), aceleran la descomposición de compost, bokashi, etc. Alcanza incrementos en cultivos de manzano gracias a la descarga de los microorganismos eficientes activos que agregan nutrientes tomados de la materia orgánica y proporciona mayor resistencia al stress hídrico y mayor potencialidad para la mineralización del carbono, mejora las propiedades del suelo permitiendo una mejor penetración del sistema radicular y aumenta la resistencia al ataque de enfermedades. Además se informa el uso exitoso en gallinas y cerdos como complemento alimenticio y también como reductores de los malos olores asociados con los animales. Actualmente, se prueba los microorganismos en el cultivo de banano orgánico.

Efectos en la microbiología del suelo: suprime o controla las poblaciones de microorganismos patógenos que se desarrollan en el suelo por competencia. Incrementa la biodiversidad microbiana, generando las condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos nativos prosperen.

2.2.1.2. Beneficios del Compost Treet en la agricultura

Vademécum (2008), menciona que el Compost Treet es un producto de origen microbiano ricos en vitaminas, enzimas y bacterias ácido-lácticas que producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias fototróficas; también aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica, como la lignina y la celulosa que aceleran la descomposición de la materia orgánica. Los microorganismos en contacto con la materia orgánica son beneficiosos para el suelo ya que mejoran la estructura del suelo, ayudando a la fertilidad de la misma, como también ayuda a una mayor aireación. La aplicación masiva de fertilizantes químicos causa problemas por acumulación de sales y alteración del equilibrio natural de los suelos, además tienen alto costo para el agricultor. Los residuos animales y vegetales en cambio, son fertilizantes potenciales que aumentan el contenido orgánico de los suelos; estos materiales pueden ser mejorados por compostación que es el producto de la descomposición biológica de residuos o desperdicios orgánicos en condiciones controladas que podría abastecer importantes cantidades de materia orgánica a bajo costo, para mejorar los suelos.

Genera un mecanismo de supresión de insectos y enfermedades en las plantas, ya que pueden inducir la resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades. Consume los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, evitando la propagación de organismos patógenos y desarrollo de enfermedades. Incrementa el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos. Compost Treet contiene una densidad mínima de 2,2 billones de unidades formadas de colonias de bacterias activas por gramo. Además contiene productos alimenticios, carbonato de calcio, sulfato de calcio, fosfato de amonio y productos secos de fermentación. Dosis: 500 g de Compost Treet por cada 7 m³ de material orgánico, bien esparcido y mezclado (Vademécum, 2008).

2.2.2. El compost

El Manual Agropecuario (2002), comenta que, la producción de la biomasa está en proporción directa con lo que el suelo puede ofrecer a las plantas, existiendo con una estrecha y permanente relación entre estos dos elementos (planta-suelo). Así, el balance del agro sistema en general depende del equilibrio que vaya entre los elementos vivos y no vivos del suelo. La agricultura alternativa promueve la biodiversidad del suelo, a través de la incorporación de la materia orgánica que nutra a los microorganismos del suelo como las bacterias, hongos y virus, son ellos los responsables de que los nutrientes queden disponibles para las plantas sin contar que también mejoran las condiciones físicas del suelo. La línea crítica de la materia orgánica en los suelos tropicales se da climáticamente a los 25°C de temperatura promedio y de los 2.000 mililitros anuales de precipitación pluvial.

2.2.2.1. Fases del compostaje

Sztem y Pravia (2004), mencionan que las fases para la elaboración del compost. Primera fase de latencia o crecimiento, llamada también mesolítica o mesófito, en que los microbios se hallan adaptándose al medio putrefacto y comienza a multiplicarse. Dura de 2 a 4 días y se desenvuelven bien a temperaturas que pueden superar los 50°C. Los microorganismos *oomicetos*, *zigomicetos*, *ascomicetos*, *basidiomicetos* y hongos imperfectos se multiplican

rápidamente por la actividad metabólica, que eleva la temperatura, produciendo ácidos orgánicos los que hacen bajar el pH. En este periodo son atacadas las sustancias carbonadas fácilmente oxidables como los glúcidos, almidón, aminoácidos y proteínas solubles.

Ramírez y Restrepo (2007) sitúan que la segunda fase termófila, aquí las poblaciones mesó filas son sustituidas por las termófilas en ambiente entre 50-70°C, aquí los patógenos, larvas, e inclusive semillas de malezas crecen de estrés térmico. El proceso tarda de una a ocho semanas según el ritmo de fermentación acelerado o lento, dependiendo de los especímenes que entran del medio, se hace una verdadera pasteurización y excesiva mineralización. Además transforma el nitrógeno en amoníaco y el pH alcalino. A 60°C los hongos termófilos desaparecen y surgen bacterias esporíferas y actinomicetos que descomponen las ceras, proteínas y hemicelulosas, la temperatura desciende a 40°C, hábitat en que reinician su actividad y desciende el pH.

La de maduración se caracteriza por mantener una fermentación lenta, los microorganismos termófilos disminuye, pero aparecen otros como los basidiomicetos que degradan la lignina y loa actinomicetos la celulosa, en esta etapa es el momento de la síntesis coloidal, húmico, hormonal, vitamínico, de antibióticos y otros compuestos (Ramírez y Restrepo, 2007).

2.2.2.2. Factores de la descomposición de materiales orgánicos

Biblioteca Ilustrada de Campo (2004), manifiesta que al elaborar un compost, entran en juego muchos factores relacionados con la estructura y el grado de descomposición, en el que se encuentran los materiales orgánicos de que se dispone en ese momento.

2.2.2.2.1. Temperatura

Fiad (2002) considera que la temperatura influye en el incremento o disminución del proceso de descomposición de la materia orgánica. Siendo muy importante que a mayor temperatura mayor descomposición y

mayor mineralización y lo óptimo es 35 a 55°C para eliminar patógenos, parásitos y semillas de mala hiervas.

2.2.2.2. Humedad

Sztem y Pravia (2004) señalan que la materia orgánica debe permanecer humada y no encharcada que puede causar pudrición, para lo cual se debe regar el material cada ocho días. La humedad no se debe confundir con la precipitación. Mantener a una humedad controlada (capacidad de campo) entre 40 y 60% a mayor humedad los poros se llenan (anaerobiosis) y pudre la biomasa, con poca agua, los microbios son lentos.

2.2.2.3. Aireación

Bueno (2003) dice que el oxígeno es uno de los elementos clave en un buen proceso de compostaje. De hecho, el consumo de oxígeno por parte de la pila de compost está estrechamente relacionado con la actividad de los microorganismos aeróbicos. Las bacterias y los hongos aeróbicos absorben y utilizan el oxígeno como combustible y fuente de energía para desarrollarse y trabajar. La aireación en el compost es fundamental para los microorganismos y para la liberación del anhídrido carbónico, por eso es necesario proporcionar oxígeno, los niveles deben de estar entre 10 y 18%. Olores nauseabundos indican la falta de aireación y se produce respiración anaeróbica (la putrefacción genera di hidruro de azufre SH_2) con olor a amoniaco producto de la amonificación. Este fenómeno puede originarse por el exceso de agua o por compactación excesiva del material, se debe suspender el riego o remover el material.

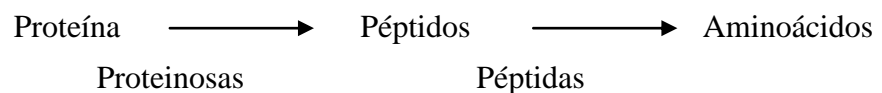
2.2.3. Proceso del compostaje

Según Suquilada (1996) el proceso de compostaje, en la primera semana, la pila se calienta y tiene olores fuertes, si hay exceso de materiales nitrogenados los olores son más fuertes. Se debe voltear para acelerar el proceso, para enfriarlo y airearlo; en estas condiciones semillas de malezas, patógenos y plagas morirán. Al mezclar estiércoles con residuos vegetales el abono sale más

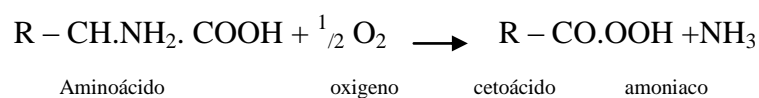
completo porque estos aportan como magnesio, calcio, silicio, etc y algunos oligoelementos como hierro, cobre, molibdeno, etc. La materia orgánica en descomposición se puede unir con los minerales del suelo y sintetizar nuevos compuestos como en nitrógeno y el carbono. Más o menos al mes está caliente y empieza a enfriarse, los olores se vuelven suaves, a suelo de bosque y esté listo cuando su color sea oscuro, desmenuzable y tenga olor a tierra.

Yasukawa (1997), rotula que en la naturaleza existe procesos de los cuales las sustancias minerales y orgánicas son continuamente sintetizados y de gradados. El ciclo del nitrógeno es uno de las reacciones de la descomposición de los materiales orgánicos, se explica de forma sintética y distintas transformaciones biológicas relacionados con el nitrógeno. La proteólisis es un proceso mediante los actinomicetos son capaces de degradar proteínas y otros compuestos nitrogenados en el suelo. El destino de los aminoácidos producidos por proteólisis es variable. Una parte de ellos es utilizada como principio nutritivo e incorporado a nuevas proteínas orgánicas. Otros sufren una desanimación con liberación de amoniaco, decarboxilación que da lugar a aminas, o finalmente trasnominación con transferencia de grupos amino a un segundo compuesto orgánico.

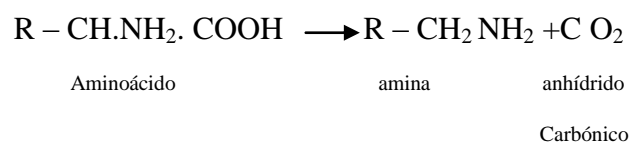
PROTEOLISIS



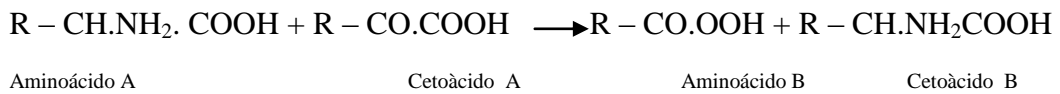
DESANIMACIÓN



DECARBOXILACIÓN



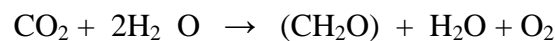
TRANSAMINACIÓN



La nitrificación del NH_3 de los compuestos amoniacales a NO_2 y posteriormente a NO_3 . Este proceso tiene lugar a dos fases, cada una de las cuales es mediatizada por una bacteria quimioautotrofa específica. Esta conversión es importante para la agricultura, ya que muchas plantas absorben preferentemente NO_3 como la forma más rápida del nitrógeno.

Caae (2001), señala que los compuestos de carbono sufren, como los del nitrógeno, una serie de cambios que tienden a mantener un equilibrio entre compuestos orgánicos e inorgánicos. El papel que juega los microorganismos en algunos de estos cambios es sintetizado.

Síntesis de compuestos orgánicos de carbono. Tanto los gérmenes quimioautótrofos como los fotótrofos poseen sistemas para incorporar CO_2 a la fracción orgánica de la célula. Para las bacterias autótrofas el CO_2 es habitualmente fuente de carbono, pero las bacterias heterótrofas precisan materia orgánica preformada.



Los microorganismos sintetizan del 15 al 30% de sus compuestos orgánicos de carbono a partir del CO_2 , es fijado a través de cetoácidos como el ácido pirúvico. La velocidad de la descomposición de la materia orgánica está influida por la proporción C/N de los residuos vegetales y por su contenido en materiales resistentes a dicha descomposición. Otros factores como el pH y temperatura son importantes, pero solo en la medida en que afectan a los gérmenes que intervienen en el proceso de degradación. Mientras los materiales ricos en nitrógenos como las leguminosas se descomponen fácilmente, las pajas de trigo y avena resisten la descomposición. Esta diferencia es debida principalmente al contenido de nitrógeno, en el caso de los compuestos ricos en nitrógeno de las leguminosa, los gérmenes

asociados a su descomposición reciben a la vez nitrógeno y energía, mientras que cuando el contenido de nitrógeno es bajo, o la proporción C/N alta, los gérmenes pueden llegar a ser incapaces de obtener suficiente nitrógeno para continuar su crecimiento.

La lignina y los compuestos de lignina tampoco son descompuestos con facilidad y por ello la velocidad de descomposición es lenta. Acabo de una semana, el número de microorganismos pueden haber llegado a 10^{10} por gramo, este incremento inicial se produce a expensas de los materiales fácilmente degradados como la celulosa y cierta sustancia hidrosolubles.

Biblioteca Ilustrada de Campo (2004) señala que, el sistema tradicional de la utilización de restos vegetales con estiércol es el más conocido por los agricultores desde hace mucho tiempo, siendo uno de los más sencillos de realizar. En este sistema se recomienda utilizar algún estiércol de animal para obtener un abono de mejor calidad.

Seleccionar y demarcar la zona escogida, la cual debe de estar localizada en un lugar donde no se inunde en caso de lluvia y debe ser en forma cuadrada para formar un cubo.

Clavar unas estacas demarcando el tamaño de la pila en cuanto al área de 1m de ancho y 1m de largo.

Seleccionar el material que se va a comportar y el complemento a utilizar (desperdicios, residuos vegetales, estiércol, cal, roca fosfórica, etc).

Una vez este demarcado el sitio se procede a colocar la primera capa que va a servir de drenaje para eliminar el exceso de agua. La primera capa puede ser arena de río, piedras pequeñas, cascarilla de arroz, residuos vegetales.

Después de colocar la primera capa se procede a regar la segunda capa, que se compone de estiércol si hay.

Cuando se riega estiércol en la segunda capa a continuación se hace un espolvoreo con roca fosfórica y después un espolvoreo con cal o con ceniza (no utilizar cal viva), si para la segunda capa no hay estiércol se hace solo con los residuos vegetales y el espolvoreo solo con cal o con ceniza.

La altura de la pila debe de ser máximo de 2 m y una vez terminada, se puede humedecer hasta que quede en capacidad de campo.

Finalmente la pila se puede cubrir con paja o con tierra.

Es importante hacer de 2 a 3 volteos para acelerar la descomposición y semanalmente regar con agua.

Dependiendo del clima estará listo entre 3 y 12 semanas.

El compost debe oler a tierra únicamente y ser de color oscuro con buen contenido de humus.

2.2.4. Uso del compost

Pérez (1997) manifiesta que el compost es utilizado en la agricultura como abono orgánico o fertilizante, enmienda orgánica o húmica y para sustratos de cultivos. Se objetiva que si no se aporta materia orgánica al suelo de ningún modo se produce una progresiva disminución del nivel de humus del suelo. Esta pérdida conlleva diversos problemas como erosión acelerada, deterioro de las propiedades físico – químico y biológicos del suelo y una pérdida genética de la fertilidad en sentido amplio. Se recomienda aplicar un rango de 15 a 50 tm/ha, en hortalizas es un rango de 3 a 5 kg/m², en tierra arenosos, ligeros, que contienen pocos compuestos arcillosos o son muy calcáreas o pedregosos es recomendable 1 a 3 kg/m².

2.3. HIPÓTESIS

La aplicación de microorganismos eficientes pueden acelerar la transformación de la materia orgánica en compost.

2.4. VARIABLES DE LAS HIPÓTESIS

2.4.1. Variables independientes

Microorganismos locales

Compost Treet

2.4.2. Variables dependientes

Número de colonias, tiempo a la madurez, peso, contenido nutricional (N, P, K, m.o) y pH.

2.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

La operacionalización de variables para los factores en estudio se muestra en el cuadro 1.

CUADRO 1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variables	Conceptos	Categorías	Indicadores	Índices	
<u>Variable independiente</u>					
Microorganismos locales	Mezcla de microorganismos efectivos de la zona.	Dosis	10	cc/10 l de agua	
			20		
			30		
Compost Treet	Mezcla de microorganismos efectivos fuera de la zona	Dosis	10	cc/10 l de agua	
			20		
			30		
<u>Variable dependiente</u>					
Formación de compost	Tiempo y calidad del compost obtenido	Número de colonias de microorganismos	Número	Número/g de compost	
			Tiempo transcurrido hasta la cosecha del compost	Tiempo	Días
			Peso final del compost	Peso	kg
			Cantidad de NPK, mo, pH	N P K Mo pH	% ppm % %

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ENFOQUE, MODALIDAD Y TIPO DE LA INVESTIGACIÓN

El enfoque fue cuantitativo. La modalidad fue netamente experimental de campo. En este trabajo se realizó una asociación de variables donde se probaron dos tipos de microorganismos efectivos y tres dosis de aplicación para la obtención de compost.

3.2. UBICACIÓN DEL ENSAYO

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la propiedad del Sr. Nelson Naranjo, ubicado en el sector de Siguitag, parroquia Pasa, cantón Ambato, provincia Tungurahua. Sus coordenadas geográficas son 01° 15' 17,4" de latitud Sur y 78° 42' 2,1" de longitud Oeste, a la altitud de 3 353 msnm (Sistema de posicionamiento global GPS).

3.3. CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR

3.3.1. Clima

El clima del sector es frío y sin estación invernal bien definida. Las precipitaciones son de mayor intensidad, que en las partes bajas y los promedios según los anuarios de los meteorológicos de la Estación Meteorológica Querochaca del año 2010 son:

Temperatura media anual:	12,3°C
Temperatura máxima anual:	18,9°C
Temperatura mínima anual:	6,6°C
Precipitación:	578,4 mm
Humedad Relativa:	76,5%
Velocidad del viento:	2,9 m/seg
Dirección del viento:	Este

3.3.2. Suelo

Los suelos de esta zona, pertenecen al grupo Entic Eutrandedpt del orden de los Inceptisoles. Son muy profundos, originados por depósitos eólicos sucesivos de material volcánico, predomina las texturas franco arenosas y franco limosas. La estructura es bastante desarrollada en bloque subangular, de consistencia suelta, de color pardo, la actividad biológica es buena en las capas superficiales, además es notoria la presencia de material volcánico como ceniza y piedra pómez. (Instituto Geográfico Militar, 1986).

3.3.3. Agua

Proveniente del páramo de la parroquia de Pasa, conducida por la acequia con un caudal promedio de 80 litros por segundo.

3.3.4. Zona de vida

Según la clasificación ecológica de Holdridge (1982), la zona en la cual se desarrolló el estudio corresponde a la formación bosque seco-Montano Bajo (bs-MB).

3.3.5. Cultivos

Las propiedades son minifundios con superficies, de doscientos a trescientos metros cuadrados y predomina el monocultivo, con cultivos tradicionales como papas (*Solanum tuberosum*), ocas (*Oxalis tuberosa*), mashua (*Tropaeolum tuberosum*), melloco (*Ullucus tuberosus*), habas (*Vicia faba*), arveja (*Pisum sativum*), cebada (*Hordeum vulgare*) y avena (*Avena sativa*).

3.4. FACTORES EN ESTUDIO

3.4.1. Productos

Microorganismos locales P1

(Los grupos más importantes son: bacterias fototróficas, bacterias ácido lácticas, hongos y levaduras).

Compost Treet P2

(Los grupos más importantes son: bacterias ácido lácticas, bacterias fototróficas y hogos de fermentación).

3.4.2. Dosis

10 cc/10 l de agua	D1
20 cc/10 l de agua	D2
30 cc/10 l de agua	D3

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se empleó el diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo factorial 2 x 3 + 1 testigo, con tres repeticiones.

3.6. TRATAMIENTOS

Los tratamientos fueron seis, producto de la combinación de los factores en estudio más el testigo que no se aplicó microorganismos, como se detalla en el cuadro 2.

CUADRO 2. TRATAMIENTOS

No.	Símbolo	Microorganismos	Dosis (cc/10 l de agua)
1	P1D1	Microorganismos locales	10
2	P1D2	Microorganismos locales	20
3	P1D3	Microorganismos locales	30
4	P2D1	Compost Treet	10
5	P2D2	Compost Treet	20
6	P2D3	Compost Treet	30
7	T	Sin aplicación	

3.6.1. Análisis

Se efectuó el análisis de variancia (ADEVA), de acuerdo al diseño experimental planteado. Pruebas de significación de Tukey al 5%, para diferenciar entre tratamientos, factor dosis e interacción; pruebas de Diferencia Mínima Significativa al 5% para el factor productos y polinomios ortogonales con cálculo de correlación y regresión para el factor dosis.

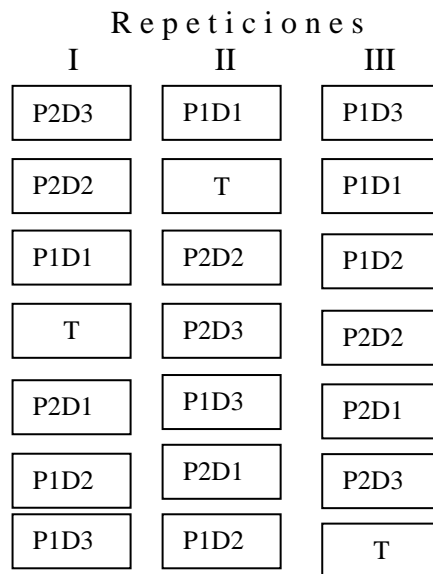
El análisis económico de los tratamientos se realizó mediante el cálculo de la relación beneficio costo (RBC).

3.7. CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO

Cada tratamiento constó de una compostera, de forma rectangular, cuyas características fueron:

Área de la pila:	2 m ²
Área total de las pilas:	42 m ²
Largo de la pila:	2 m
Ancho de la cama:	1 m
Alto de la pila:	0,70 m
Caminos entre pilas:	1 m
Ancho del bloque:	10 m
Largo del bloque:	15 m
Área total del ensayo:	174 m ²
Área de caminos:	24 m ²

3.7.1. Esquema de la disposición del ensayo



Características de una compostera
2 m



3.8. DATOS TOMADOS

3.8.1. Días a la obtención del compost

Se determinó el número de días transcurridos desde la instalación del ensayo hasta la obtención del compost.

3.8.2. Peso del compost

Al final del ensayo, se pesó el compost obtenido por tratamiento y por diferencia del peso de los materiales utilizados al inicio del ensayo.

3.8.3. Número de colonias

Al momento de la cosecha del compost, se tomó una muestra de 1 g por cada tratamiento, para determinar la cantidad de colonias por caja Petri en medio de cultivo agar-papa-dextrosa. Para tal efecto las muestras se colocaron en cajas Petri con el medio de cultivo (una por cada tratamiento). Transcurridos ocho días se efectuó la lectura con la ayuda de un cuenta colonias.

3.8.4. Contenido nutricional

El contenido nutricional se determinó al final del ensayo, para lo cual se tomó 1 kg de muestra y se envió al Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas, plantas y Alimentos, de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la UTA, para la determinación del contenido de N total (%), P (ppm), K (%), materia orgánica (%) y el pH.

3.9. MANEJO DE LA INVESTIGACIÓN

3.9.1. Preparación del sitio para la compostera

Se seleccionó un sitio seco y firme, se retiraron las piedras y troncos presentes. Se clavaron dos palos de 2 m de largo en distintos lugares dentro del sitio marcado, se niveló con azadones y rastrillo, para finalmente se colocar un palo por cada metro cuadrado de compost.

3.9.2. Selección de material para el compost

El material vegetal y orgánico para cada pila fueron: estiércol de vacuno (100 kg) y desechos vegetales (paja y alfalfa) 50 kg de cada insumo, lo que cubrió 2 m² de superficie.

3.9.3. Construcción de la pila

Los materiales orgánicos, se tritularon manualmente con la ayuda de un machete y se depositaron en las camas formando una pila por cada tratamiento. Cada pila presentó 2 m² de capacidad con una altura de 1m, separados por caminos de 0,50 m. Todo el conjunto se protegió con mantas de tela de lana adecuadas para el proceso de compostaje.

3.9.4. Captura de los microorganismos locales

Preparación del capturador. En una tarrina se colocaron cuatro onzas de arroz cocinado con sal, dos cucharadas de melaza y dos cucharadas de harina de pescado, se tapo la boca con un retazo de tela nylon asegurando bien (se recomienda preparar de 20 a 50 capturadores a fin de asegurar una elevada diversidad microorgánica). Los recipientes se ubicaron en el bosque ubicado en los páramos de la parroquia de Pasa, provincia de Tungurahua, cantón Ambato, por ser un sistema no intervenido por las manos del hombre. Cada tarrina se enterró dejando el borde de las mismas a 10 centímetros de profundidad; se colocó materia orgánica en proceso de descomposición del sector circundante sobre el nylon que tapa la boca y finalmente se identificó el sitio con palos pintados de blanco.

Transcurridas dos semanas, se desenterraron las tarrinas y se extrajo el arroz que contenían (impregnado de microorganismos); mezclando el contenido de todas las tarrinas en un balde.

Al contenido de arroz, se agregaron nueve litros de agua y tres litros de melaza, batiendo la mezcla por el lapso de 10 minutos. Se filtró la mezcla para eliminar la parte gruesa, obteniéndose 12 l de solución madre de microorganismos (bacterias fototróficas, bacterias ácido lácticas, hongos y levaduras).

En un tanque plástico de 20 litros, se mezclaron 12 litros de solución madre, 4 l de leche, 4 l de melaza, 4 l de yogurt simple, 2 kg de torta de soya, agua limpia sin cloro, aforado hasta 15 cm antes del borde del tanque, Se cerró el tanque y

se dejó fermentar durante 12 días, con la precaución de abrir la tapa del tanque periódicamente (una vez cada día) para facilitar el escape de gas de la fermentación.

3.9.5. Aplicación de microorganismos

La aplicación de microorganismos locales (bacterias fototróficas, bacterias ácido lácticas, hongos y levaduras, entre otras) y el Compost Treet (bacterias ácido lácticas, bacterias fototróficas, y hongos de fermentación, entre otros), en las dosis propuestas, en los tratamientos, se realizó al inicio del ensayo con la ayuda de una bomba manual, cubriendo de solución el total de la pila de compost.

3.9.6. Riego

Los riegos se realizaron con la ayuda de un balde, diariamente, a razón de 10 l por riego, manteniendo la capacidad de campo.

3.9.7. Volteo

El volteo se hizo con la ayuda de un biello a los tres días de la aplicación de los productos, para facilitar la oxigenación de la materia orgánica y los microorganismos actúen eficazmente en la descomposición.

3.9.8. Tapado

Esta labor se efectuó después de la mezcla, para la regulación de temperatura óptima para los microorganismos, para tal efecto se utilizaron mantas de tela de lana.

3.9.9. Cosecha

La cosecha del compost se hizo cuando el material vegetal presento una coloración oscura.

3.9.10. Preparación del medio de cultivo para determinar colonias

Fórmula agar-papa-dextrosa (APD). Agar 15 g, agua destilada 1000 ml, glucosa 10 g, papa 200 g. Preparación del medio de cultivo líquido: lavar pelar y pesar los tubérculos de papa. Cocinar los tubérculos picados en la mitad del agua requerida. Mantener en ebullición por 20 minutos. Cernir en un cedazo fino. Añadir al caldo el agar y la glucosa, agitar bien. Completar la cantidad de agua requerida. Distribuir en Erlenmeyer de 200 a 300 ml. Taponar con algodón.

3.9.11. Obtención de muestras de compost para análisis

En cada compostera, al final del ensayo, se recogieron cinco submuestras de aproximadamente 50 g, cubriendo toda el área de la pila. Se mezclaron las submuestras para obtener una muestra de un gramo, la que fue enviada al laboratorio de Sanidad Vegetal de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Ambato, colocando una pequeña muestra de compost para la observación del número de colonias en una caja Petri, por cada tratamiento. A los ocho días de haber permanecido en la cámara se observó la estructura, tamaño y forma de las colonias y el número de colonias por centímetro cuadrado en el cuenta colonias.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS, ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y DISCUSIÓN

4.1.1. Días a la obtención del compost

Los valores correspondientes a los días a la obtención del compost, para cada tratamiento, se observan en el anexo 1, cuyo promedio general fue de 98,86 días. Aplicando el análisis de variancia (cuadro 3), se establecieron diferencias estadísticas altamente significativas para tratamientos. El factor productos reportó diferencias a nivel del 5%. El factor dosis de aplicación experimentó diferencias significativas a nivel del 1%, con tendencia lineal significativa a este mismo nivel. La interacción productos por dosis fue altamente significativa; en tanto que, el testigo se diferenció del resto de tratamientos a nivel del 1%. El coeficiente de variación fue de 6,15%, lo que da alta validez a los resultados encontrados.

CUADRO 3. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA DÍAS A LA OBTENCIÓN DEL COMPOST

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	2	78,000	39,000	1,05 ns
Tratamientos	6	4022,571	670,429	18,12 **
Productos (P)	1	392,000	392,000	10,63 *
Dosis (D)	2	1333,000	666,500	18,07 **
Tendencia lineal	1	1260,750	1260,750	34,07 **
Tendencia cuadrática	1	72,250	72,250	1,95 ns
P x D	2	733,000	366,500	9,93 **
Testigo versus resto	1	1564,571	1564,571	42,29 **
Error experimental	12	444,000	37,000	
Total	20	4544,571		

Coefficiente de variación: 6,15%

ns = no significativo

* = significativo al 5%

** = significativo al 1%

Mediante la prueba de significación de Tukey al 5% para tratamientos en los días a la obtención del compost, se observaron dos rangos de significación bien definidos (cuadro 4). El menor tiempo a la obtención del compost reportó el

tratamiento P2D3 (Compost Treet, dosis de 30 cc/10 l), con promedio de 83,00 días, ubicado en el primer rango y lugar; seguido de los tratamientos P1D2 (microorganismos locales, dosis de 20 cc/10 l), P1D3 (microorganismos locales, dosis de 30 cc/10 l), P2D1 (Compost Treet, dosis de 10 cc/10 l) y P2D2 (Compost Treet, dosis de 20 cc/10 l), que compartieron el primer rango, en su orden, con promedios que van desde 90,00 días hasta 95,00 días. Mayor tiempo a la obtención del compost, reportaron los tratamientos P1D1 (micro organismos locales, dosis de 10 cc/10 l) y el testigo, con promedio compartido de 120,00 días, al compartir el segundo rango y los dos últimos lugares en la prueba.

CUADRO 4. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE DÍAS A LA OBTENCIÓN DEL COMPOST

Tratamientos		Promedio (días)	Rango
No.	Símbolo		
6	P2D3	83,00	a
2	P1D2	90,00	a
3	P1D3	90,00	a
4	P2D1	94,00	a
5	P2D2	95,00	a
1	P1D1	120,00	b
7	T	120,00	b

Analizando el factor productos, en los días a la obtención del compost, mediante la prueba de Diferencia Mínima Significativa al 5%, se registraron dos rangos de significación bien definidos (cuadro 5). El tiempo a la obtención del compost fue significativamente menor en los tratamientos que se aplicó Compost Treet (P2), como aporte de microorganismos, con promedio de 90,67 días, ubicado en el primer rango; en tanto que, los tratamientos que recibieron aplicación de microorganismos locales (P1), experimentaron mayor tiempo a la obtención del compost, con promedio de 100,00 días, ubicado en el segundo rango.

En cuanto al factor dosis de aplicación en la evaluación de los días a la obtención del compost, la prueba de significación de Tukey al 5%, separó los promedios en dos rangos de significación bien definidos (cuadro 6). El menor tiempo a la obtención del compost experimentaron los tratamientos que recibieron aplicación de microorganismos en la dosis de 30 cc/10 l de agua (D3), con promedio de 86,50

CUADRO 5. PRUEBA DE DIFERENCIA MÍNIMA SIGNIFICATIVA AL 5% PARA EL FACTOR PRODUCTOS EN LA VARIABLE DÍAS A LA OBTENCIÓN DEL COMPOST

Productos	Promedio (días)	Rango
Compost Treet (P2)	90,67	a
Microorganismos locales (P1)	100,00	b

días, ubicado en el primer rango. Los tratamientos que recibieron aplicación de los productos en la dosis de 20 cc/10 l de agua (D2) y 10 cc/10 l de agua (D1), compartieron el segundo rango, con mayor tiempo a la obtención del compost, promedios de 92,50 días y 107,00 días, respetivamente.

CUADRO 6. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA EL FACTOR DOSIS EN LA VARIABLE DÍAS A LA OBTENCIÓN DEL COMPOST

Dosis	Promedio (días)	Rango
30 cc/10 l de agua (D3)	86,50	a
20 cc/10 l de agua (D2)	92,50	b
10 cc/10 l de agua (D1)	107,00	b

Gráficamente, mediante la figura 1, se ilustra la regresión lineal entre dosis de aplicación de microorganismos versus los días a la obtención del compost, en donde la tendencia lineal negativa de la recta demuestra que a mayores dosis de microorganismos, el tiempo a la obtención del compost fue significativamente menor, obteniéndose los mejores resultados con la aplicación de los productos en la dosis de 30 cc/10 l de agua, con correlación lineal significativa de -0,65.

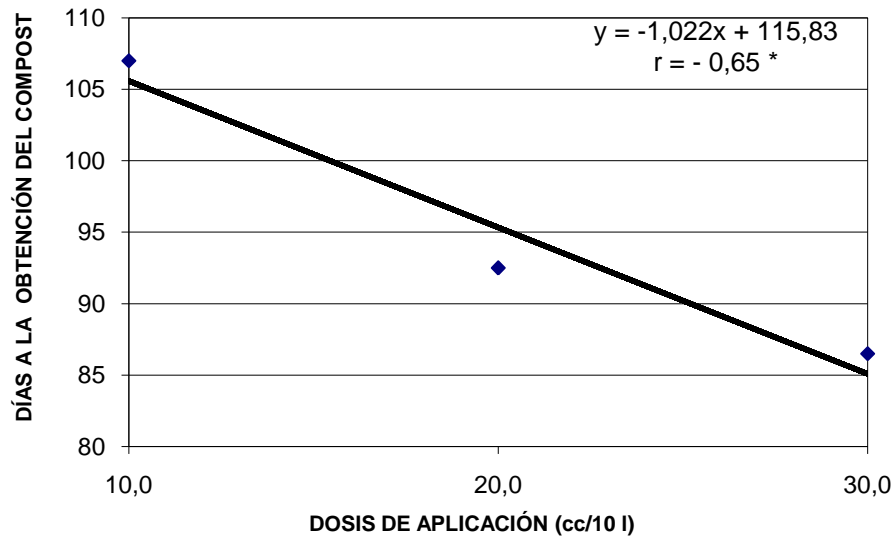


FIGURA 1. Regresión lineal para dosis de aplicación de microorganismos versus días a la obtención del compost

Analizando la interacción productos por dosis en la evaluación de los días a la obtención del compost, según la prueba de significación de Tukey al 5% se registraron dos rangos de significación bien definidos (cuadro 7). Menor tiempo a la obtención del compost se obtuvo en la interacción P2D3 (Compost Treet, dosis de 30 cc/10 l), con promedio de 83,00 días, ubicado en el primer rango y lugar; seguido de los tratamientos P1D2 (microorganismos locales, dosis de 20 cc/10 l), P1D3 (microorganismos locales, dosis de 30 cc/10 l), P2D1 (Compost Treet, dosis de 10 cc/10 l) y P2D2 (Compost Treet, dosis de 20 cc/10 l), que compartieron el primer rango, en su orden, con promedios que van desde 90,00 días hasta 95,00 días; en tanto que, mayor tiempo a la obtención del compost, reportó la interacción P1D1 (micro organismos locales, dosis de 10 cc/10 l), con promedio de 120 días, al ubicarse en el segundo rango en la prueba.

Los resultados obtenidos permiten deducir que, el aporte de microorganismos para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost, influenciaron favorablemente en este proceso, por cuanto, en general, todos los tratamientos que recibieron aplicación de microorganismos reportaron menor tiempo a la obtención del compost, que lo observado en el testigo. En este sentido, con la aplicación de Compost Treet (P2) se obtuvieron los mejores resultados, reduciendo éste tiempo en promedio de 9,33 días, que lo registrado por los tratamientos de

CUADRO 7. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LA INTERACCIÓN PRODUCTOS POR DOSIS EN LA VARIABLE DÍAS A LA OBTENCIÓN DEL COMPOST

P x D	Promedio (días)	Rango
P2D3	83,00	a
P1D2	90,00	a
P1D3	90,00	a
P2D1	94,00	a
P2D2	95,00	a
P1D1	120,00	b

microorganismos locales (P1). Así mismo, con la aplicación de los microorganismos en la dosis de 30 cc/10 l de agua (D3), se redujo significativamente este tiempo, disminuyendo en promedio de 20,50 días, que los tratamientos de la dosis de 10 cc/10 l de agua (D1); lo que permite inferir que, es el producto y la dosis adecuada para obtener el compost en el menor tiempo; corroborando lo manifestado por el Vademécum (2008), que el Compost Treet, al ser un producto de origen microbiano rico en vitaminas, enzimas y bacterias ácido-lácticas que producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias fototrópicas; aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica, como la lignina y la celulosa que aceleran la descomposición de la materia orgánica.

4.1.2. Peso del compost

En el anexo 2, se indica el peso de compost obtenido en cada tratamiento, cuyo peso promedio general fue de 68,38 kg. Según el análisis de variancia (cuadro 8), no se registraron diferencias estadísticas significativas para tratamientos. El factor productos reportó ausencia de significación, como también el factor dosis de aplicación y la interacción productos por dosis. El testigo no se diferenció del resto de tratamientos y el coeficiente de variación fue de 3,19%, lo que confiere alta confiabilidad a los cálculos reportados.

Analizando los resultados obtenidos en el peso del compost, es posible deducir que, al no reportar significación estadística el adeva, demuestra que el peso de los

CUADRO 8. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA PESO DEL COMPOST

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	2	24,381	12,190	2,57 ns
Tratamientos	6	75,619	12,603	2,66 ns
Productos (P)	1	20,056	20,056	4,23 ns
Dosis (D)	2	24,778	12,389	2,61 ns
P x D	2	30,778	15,389	3,24 ns
Testigo versus resto	1	0,008	0,008	0,002 ns
Error experimental	12	56,952	4,746	
Total	20	156,952		

Coefficiente de variación: 3,19%

ns = no significativo

tratamientos fue estadísticamente similar, sin encontrar pesos significativamente más altos o valores más bajos. Estas respuestas indican que, con la aplicación de microorganismos se acelera el proceso de compostaje, deduciendo así mismo que no influyeron relevantemente en el peso final del abono obtenido.

4.1.3. Número de colonias

Mediante el anexo 3, se reportan los valores del número de colonias en cada tratamiento (microorganismos locales: cocos, estreptococos; Compost Treet: espirilos, cocos, bacilos), cuyo promedio general fue de 6,33 colonias/g de compost. Aplicando el análisis de variancia (cuadro 9), se establecieron diferencias estadísticas altamente significativas para tratamientos. El factor productos reportó diferencias a nivel del 1%. El factor dosis de aplicación experimentó diferencias a nivel del 1%, con tendencia lineal significativa a este mismo nivel. La interacción productos por dosis fue altamente significativa; en tanto que, el testigo se diferenció del resto de tratamientos a nivel del 1%. El coeficiente de variación fue de 15,79%, lo que confiere alta confiabilidad los resultados obtenidos.

Según la prueba de significación de Tukey al 5% para tratamientos en el número de colonias, se detectaron cuatro rangos de significación (cuadro 10). Mayor número de colonias experimentó el tratamiento P2D3 (Compost Treet, dosis de 30 cc/10 l), con promedio de 10,33 colonias/ g de compost, ubicado en el primer rango; seguido del tratamiento P2D2 (Compost Treet, dosis de 20 cc/10 l), que

CUADRO 9. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA NÚMERO DE COLONIAS

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F
Repeticiones	2	4,667	2,333	2,33 ns
Tratamientos	6	118,000	19,667	19,67 **
Productos (P)	1	40,500	40,500	40,50 **
Dosis (D)	2	18,111	9,056	9,06 **
Tendencia lineal	1	16,333	16,333	16,33 **
Tendencia cuadrática	1	1,778	1,778	1,78 ns
P x D	2	12,333	6,167	6,17 **
Testigo versus resto	1	47,056	47,056	47,06 **
Error experimental	12	12,000	1,000	
Total	20	134,667		

Coefficiente de variación: 15,79%

ns = no significativo

** = significativo al 1%

compartió el primero y segundo rango, con promedio de 8,67 colonias/g de compost. El menor número de colonias, se observó en el tratamiento testigo, con promedio de 2,67 colonias/ g de compost, al ubicarse en el cuarto rango y último lugar en la prueba.

CUADRO 10. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE NÚMERO DE COLONIAS

Tratamientos		Promedio (Colonias/g de compost)	Rango
No.	Símbolo		
6	P2D3	10,33	a
5	P2D2	8,67	ab
3	P1D3	6,33	bc
4	P2D1	6,33	bc
1	P1D1	5,67	c
2	P1D2	4,33	cd
7	T	2,67	d

Observando el factor productos, en el número de colonia, la prueba de Diferencia Mínima Significativa al 5%, separó los promedios en dos rangos de significación bien definidos (cuadro 11). El mayor número de colonias se alcanzó en los tratamientos que se aplicó Compost Treet (P2), como aporte de microorganismos, con promedio de 8,44 colonias/g de compost, al ubicarse en el primer rango;

mientras que, los tratamientos que recibieron aplicación de microorganismos locales (P1), reportaron menor número de colonias, con promedio de 5,44 colonias/g de compost, ubicado en el segundo rango.

CUADRO 11. PRUEBA DE DIFERENCIA MÍNIMA SIGNIFICATIVA AL 5% PARA EL FACTOR PRODUCTOS EN LA VARIABLE NÚMERO DE COLONIAS

Productos	Promedio (Colonias/g de compost)	Rango
Compost Treet (P2)	8,44	a
Microorganismos locales (P1)	5,44	b

En referencia al factor dosis de aplicación, en la evaluación del número de colonias, según la prueba de significación de Tukey al 5%, se detectaron dos rangos de significación bien definidos (cuadro 12). El mayor número de colonias se observó en los tratamientos que recibieron aplicación de microorganismos en la dosis de 30 cc/10 l de agua (D3), con promedio de 8,33 colonias/g de compost, ubicado en el primer rango. Los tratamientos que recibieron aplicación de los productos en la dosis de 20 cc/10 l de agua (D2) y 10 cc/10 l de agua (D1), compartieron el segundo rango, con menor número de colonias, promedios de 6,50 colonias/g de compost y 6,00 colonias/g de compost, respetivamente.

CUADRO 12. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA EL FACTOR DOSIS EN LA VARIABLE NÚMERO DE COLONIAS

Dosis	Promedio (Colonias/250 g de compost)	Rango
30 cc/10 l de agua (D3)	8,33	a
20 cc/10 l de agua (D2)	6,50	b
10 cc/10 l de agua (D1)	6,00	b

Mediante la figura 2, se grafica la regresión lineal entre dosis de aplicación de microorganismos versus número de colonias, en donde la tendencia lineal positiva de la recta, indica que a mayores dosis de aplicación de microorganismos, el número de colonias fue significativamente mayor, encontrando el mayor número de colonias en los tratamientos con aplicación de los productos en la dosis de 30 cc/10 l de agua, con correlación lineal significativa de 0,43.

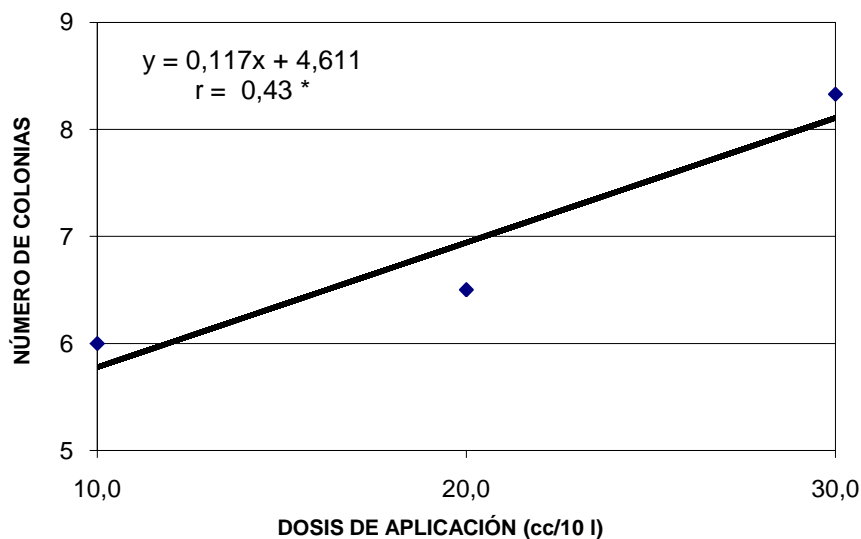


FIGURA 2. Regresión lineal para dosis de aplicación de microorganismos versus número de colonias

En cuanto a la interacción productos por dosis, en la evaluación del número de colonias, la prueba de significación de Tukey al 5%, separó los promedios en tres rangos de significación (cuadro 13). Mayor número de colonias experimentó la interacción P2D3 (Compost Treet, dosis de 30 cc/10 l), con promedio de 10,33 colonias/g de compost, ubicado en el primer rango; seguido de la interacción P2D2 (Compost Treet, dosis de 20 cc/10 l), que compartió el primero y segundo rango, con promedio de 8,67 colonias/g de compost. El menor número de colonias, se observó en la interacción P1D2 (microorganismos locales, dosis de 20 cc/10 l), con promedio de 4,33 colonias/g de compost, al ubicarse en el tercer rango y último lugar en la prueba.

CUADRO 13. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LA INTERACCIÓN PRODUCTOS POR DOSIS EN LA VARIABLE NÚMERO DE COLONIAS

P x D	Promedio (Colonias/250 g de compost)	Rango
P2D3	10,33	a
P2D2	8,67	ab
P1D3	6,33	bc
P2D1	6,33	bc
P1D1	5,67	bc
P1D2	4,33	c

Evaluando los resultados obtenidos en el número de colonias, es posible deducir que, el aporte de microorganismos en el proceso de compostaje, influyó favorablemente en este proceso, por cuanto, en general, todos los tratamientos que recibieron aplicación de microorganismos reportaron mayor número de colonias que lo registrado en el testigo. Con la aplicación de Compost Treet (P2) se obtuvieron los mejores resultados, incrementándose este número en promedio de 3,00 colonias/g de compost, que lo observado en los tratamientos de microorganismos locales (P1). Igualmente, con la aplicación de los microorganismos en la dosis de 30 cc/10 l de agua (D3), se incrementó significativamente el número de colonia, superando en promedio de 2,33 colonias/g de compost, que los tratamientos de la dosis de 10 cc/10 l de agua (D1); permitiendo esto inferir que, con la aplicación de Compost Treet en dosis de 30 cc/10 l de agua, a más de reducir el tiempo a la obtención del compost, se alcanza mayor número de colonias. Bueno (2003), al mencionar a los microorganismos, indica que, promueven la descomposición de la materia orgánica utilizada en la elaboración de bioabonos, por lo que son utilizados en agricultura; presenta además un concentrado microbial formulada por una mezcla seleccionada de bacterias mesófilas y termófilas. Las bacterias mesófilas crecen y metabolizan bien a temperaturas medias (21-46°C), mientras que las termófilas lo hacen a temperaturas más altas (35-60°C), estos tipos de bacterias ayudan a la descomposición más efectiva en el proceso de compostaje, influenciando especialmente la utilización de Compost Treet, a más de mejorar las propiedades físico-químicas de los suelos, aumentando la micro flora bacteriana del mismo.

4.1.4. Contenido nutricional

4.1.4.1. Contenido de nitrógeno

El contenido de nitrógeno, en cada tratamiento evaluado, se presenta el anexo 4, cuyo contenido promedio general fue de 1,0%. Mediante el análisis de variancia (cuadro 14), se detectaron diferencias estadísticas altamente significativas para tratamientos. El factor productos (microorganismos) no reportó diferencias estadísticas significativas. El factor dosis de aplicación experimentó diferencias a nivel del 1%, con tendencia lineal significativa a este mismo nivel. La interacción productos por dosis fue altamente significativa; en tanto que, el testigo no se diferenció del resto de tratamientos. El coeficiente de variación fue de 6,71%, lo que da alta confiabilidad los resultados presentados.

CUADRO 14. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA CONTENIDO DE NITRÓGENO

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	2	0,001	0,001	0,17 ns
Tratamientos	6	0,278	0,046	10,34 **
Productos (P)	1	0,002	0,002	0,50 ns
Dosis (D)	2	0,167	0,084	21,00 **
Tendencia lineal	1	0,166	0,166	36,97 **
Tendencia cuadrática	1	0,001	0,001	0,33 ns
P x D	2	0,105	0,052	13,00 **
Testigo versus resto	1	0,004	0,004	0,89 ns
Error experimental	12	0,054	0,004	
Total	20	0,333		

Coeficiente de variación: 6,71%

ns = no significativo

** = significativo al 1%

Aplicando la prueba de significación de Tukey al 5% para tratamientos en el contenido de nitrógeno, se establecieron tres rangos de significación (cuadro 15). El mayor contenido de nitrógeno reportó el tratamiento P1D3 (microorganismos locales, dosis de 30 cc/10 l), con promedio de 1,21%, ubicado en el primer rango; seguido del tratamiento P2D2 (Compost Treet, dosis de 20 cc/10 l), que compartió el primero y segundo rango, con promedio de 1,10% y del tratamiento P2D3 (Compost Treet, dosis de 30 cc/10 l), que compartió los tres primeros rangos, con promedio de 1,05%. El menor porcentaje de nitrógeno,

establecieron los tratamientos P2D1 (Compost Treet, dosis de 10 cc/10 l), P1D1 (micro organismos locales, dosis de 10 cc/10 l) y P1D2 (microorganismos locales, dosis de 20 cc/10 l), que compartieron el tercer rango, con promedios de 0,90%, 0,89% y 0,88%, para cada tratamiento, en su orden.

CUADRO 15. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE CONTENIDO DE NITRÓGENO

Tratamientos		Promedio (%)	Rango
No.	Símbolo		
3	P1D3	1,21	a
5	P2D2	1,10	ab
6	P2D3	1,05	abc
7	T	0,96	bc
4	P2D1	0,90	c
1	P1D1	0,89	c
2	P1D2	0,88	c

Evaluando el factor dosis de aplicación, en el contenido de nitrógeno, aplicando la prueba de significación de Tukey al 5%, se observaron tres rangos de significación bien definidos (cuadro 16). El mayor contenido de nitrógeno experimentaron los tratamientos que recibieron aplicación de microorganismos en la dosis de 30 cc/10 l de agua (D3), con promedio de 1,13%, al ubicarse en el primer rango; seguido de los tratamientos que recibieron aplicación de los productos en la dosis de 20 cc/10 l de agua (D2), que se ubicó en el segundo rango, con promedio de 0,9%; en tanto que, los tratamientos de la dosis de 10 cc/10 l de agua (D1), reportaron el menor porcentaje de nitrógeno, al ubicarse en el tercer rango, con promedio de 0,89%.

CUADRO 16. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA EL FACTOR DOSIS EN LA VARIABLE CONTENIDO DE NITRÓGENO

Dosis	Promedio (%)	Rango
30 cc/10 l de agua (D3)	1,13	a
20 cc/10 l de agua (D2)	0,99	b
10 cc/10 l de agua (D1)	0,89	c

La figura 3, muestra la regresión lineal entre dosis de aplicación de microorganismos versus el contenido de nitrógeno del compost, en donde la tendencia lineal positiva de la recta, demuestra que a mayores dosis de aplicación de microorganismos, el contenido de nitrógeno fue significativamente mayor, obteniéndose los mejores resultados en los tratamientos con aplicación de los productos en la dosis de 30 cc/10 l de agua, con correlación lineal significativa de 0,76.

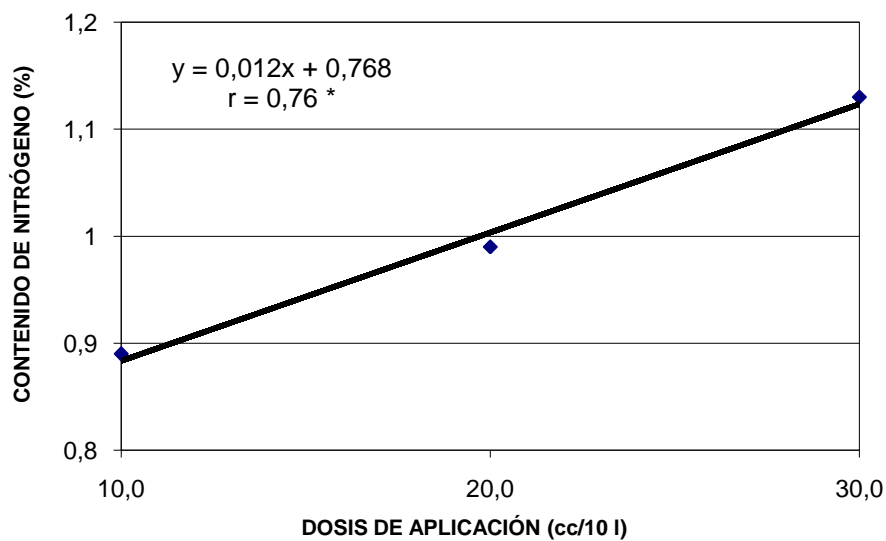


FIGURA 3. Regresión lineal para dosis de aplicación de microorganismos versus contenido de nitrógeno

En referencia a la interacción productos por dosis en el contenido de nitrógeno, aplicando la prueba de significación de Tukey al 5%, se detectaron tres rangos de significación (cuadro 17). El mayor contenido de nitrógeno reportó la interacción P1D3 (microorganismos locales, dosis de 30 cc/10 l), con promedio de 1,21%, ubicado en el primer rango. El menor porcentaje de nitrógeno, por su parte, se observó en la interacción P1D2 (microorganismos locales, dosis de 20 cc/10 l), que se ubicó en el tercer rango y último lugar en la prueba, con promedio de 0,88%.

Analizando la evaluación estadística del contenido de nitrógeno del compost, es posible afirmar que, el aporte de microorganismos en el proceso de compostaje, influyó favorablemente en este proceso, por cuanto, en

CUADRO 17. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LA INTERACCIÓN PRODUCTOS POR DOSIS EN LA VARIABLE CONTENIDO DE NITRÓGENO

P x D	Promedio (%)	Rango
P1D3	1,21	a
P2D2	1,10	b
P2D3	1,05	b
P2D1	0,90	c
P1D1	0,89	c
P1D2	0,88	c

general, varios tratamientos que recibieron aplicación de microorganismos reportaron mayor porcentaje de nitrógeno lo registrado en el testigo. Es así que, con la aplicación de los microorganismos en la dosis de 30 cc/10 l de agua (D3), se incrementó significativamente el contenido de nitrógeno, superando en promedio de 0,24%, que los tratamientos de la dosis de 10 cc/10 l de agua (D1); por lo que es posible inferir que, la aplicación de los microorganismos en dosis de 30 cc/10 l de agua, en el proceso de compostaje, a más de reducir el tiempo a la obtención del compost, permite obtener compost con mayor contenido nutricional de nitrógeno. Es posible que haya sucedido lo citado por Higa (2002), que los microorganismos son microbios benéficos de origen natural que al ponerse en contacto con la materia orgánica secretan sustancias útiles, existen tipos de microorganismos presentes en el compostaje como los hongos, bacterias foto tróficas, levaduras, bacterias productoras de ácido láctico y hongos de fermentación, que favorecieron el mayor contenido de nitrógeno en el compost, especialmente con la utilización de Compost Treet.

4.1.4.2. Contenido de fósforo

El anexo 5, muestra los contenidos de fósforo en cada tratamiento, cuyo promedio general fue de 149,16 ppm. Mediante el análisis de variancia (cuadro 18), se registraron diferencias estadísticas altamente significativas para tratamientos. El factor productos reportó diferencias a nivel del 1%. El factor dosis de aplicación experimentó diferencias a nivel del 1%, con tendencia lineal significativa a este mismo nivel. La interacción productos por dosis fue altamente

significativa; en tanto que, el testigo se diferenci6 del resto de tratamientos a nivel del 1%. El coeficiente de variaci6n fue de 22,20%, confiriendo confiabilidad a los resultados.

CUADRO 18. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA CONTENIDO DE F6SFORO

Fuente de Variaci6n	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	2	3100,066	1550,033	1,41 ns
Tratamientos	6	641694,141	106949,024	97,54 **
Productos (P)	1	497829,028	497829,028	454,02 **
Dosis (D)	2	35558,605	17779,302	16,21 **
Tendencia lineal	1	33993,743	33993,743	31,00 **
Tendencia cuadrática	1	1564,862	1564,862	1,43 ns
P x D	2	34554,583	17277,292	15,76 **
Testigo versus resto	1	73751,925	73751,925	67,26 **
Error experimental	12	13158,038	1096,503	
Total	20	657952,245		

Coeficiente de variaci6n: 22,20%

ns = no significativo

** = significativo al 1%

La prueba de significaci6n de Tukey al 5% para tratamientos en el contenido de f6sforo, registr6 tres rangos de significaci6n bien definidos (cuadro 19). El mayor contenido de f6sforo report6 el tratamiento P2D3 (Compost Treet, dosis de 30 cc/10 l), con promedio de 432,67 ppm, ubicado en el primer rango y lugar; seguido del tratamiento P2D2 (Compost Treet, dosis de 20 cc/10 l), que comparti6 el primer rango, con promedio de 365,25 ppm. El menor contenido de f6sforo, experimentaron los tratamientos P1D2 (microorganismos locales, dosis de 20 cc/10 l), P1D3 (microorganismos locales, dosis de 30 cc/10 l) y P1D1 (microorganismos locales, dosis de 10 cc/10 l) y el testigo, al compartir el tercer rango, con promedios de 7,84 ppm, 7,31 ppm, 6,01 ppm y 4,00 ppm, para cada tratamiento, en su orden.

Examinando el factor productos, en el contenido de f6sforo del compost, mediante la prueba de Diferencia M6nima Significativa al 5%, se detectaron dos rangos de significaci6n bien definidos (cuadro 20). El mayor n6mero contenido de f6sforo se obtuvo en los tratamientos que recibieron aplicaci6n de Compost Treet (P2), como aporte de microorganismos, con promedio de 339,66

CUADRO 19. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE CONTENIDO DE FÓSFORO

Tratamientos		Promedio (ppm)	Rango
No.	Símbolo		
6	P2D3	432,67	a
5	P2D2	365,25	a
4	P2D1	221,07	b
2	P1D2	7,84	c
3	P1D3	7,31	c
1	P1D1	6,01	c
7	T	4,00	c

ppm, al ubicarse en el primer rango; en tanto que, los tratamientos que se aplicó microorganismos locales (P1), detectaron menor contenido de fósforo, con promedio de 7,05 ppm, ubicado en el segundo rango.

CUADRO 20. PRUEBA DE DIFERENCIA MÍNIMA SIGNIFICATIVA AL 5% PARA EL FACTOR PRODUCTOS EN LA VARIABLE CONTENIDO DE FÓSFORO

Productos	Promedio (ppm)	Rango
Compost Treet (P2)	339,66	a
Microorganismos locales (P1)	7,05	b

Examinando el factor dosis de aplicación, en el contenido de fósforo del compost, según la prueba de significación de Tukey al 5%, se establecieron dos rangos de significación bien definidos (cuadro 21). El mayor contenido de fósforo se obtuvo en los tratamientos que recibieron aplicación de microorganismos en la dosis de 30 cc/10 l de agua (D3), con promedio de 219,99 ppm, al ubicarse en el primer rango; seguido de los tratamientos que recibieron aplicación de los productos en la dosis de 20 cc/10 l de agua (D2), que compartieron el primer rango, con promedio de 186,54 ppm; mientras que, los tratamientos de la

dosis de 10 cc/10 l de agua (D1), reportaron el menor porcentaje de fósforo, al ubicarse en el segundo rango, con promedio de 113,54 ppm.

CUADRO 21. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA EL FACTOR DOSIS EN LA VARIABLE CONTENIDO DE FÓSFORO

Dosis	Promedio (ppm)	Rango
30 cc/10 l de agua (D3)	219,99	a
20 cc/10 l de agua (D2)	186,54	a
10 cc/10 l de agua (D1)	113,54	b

Mediante la figura 4, se representa la regresión lineal entre dosis de aplicación de microorganismos versus el contenido de fósforo, en donde la tendencia lineal positiva de la recta, muestra que a mayores dosis de aplicación de microorganismos, el contenido de fósforo del compost fue significativamente mayor, alcanzándose los mejores resultados en los tratamientos con aplicación de los productos en la dosis de 30 cc/10 l de agua, con correlación lineal significativa de 0,24.

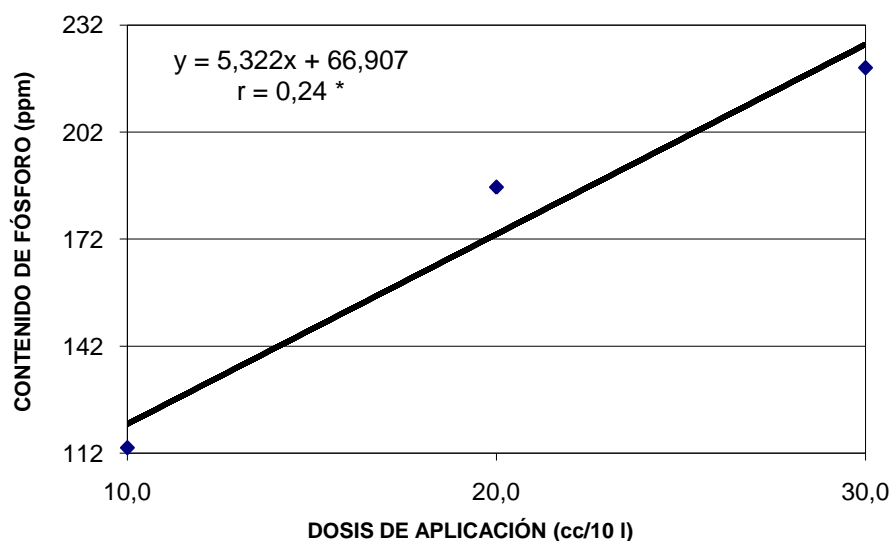


FIGURA 4. Regresión lineal para dosis de aplicación de microorganismos versus contenido de fósforo

Evaluando la interacción productos por dosis en el contenido de fósforo, la prueba de significación de Tukey al 5%, registró tres rangos de significación bien definidos (cuadro 22). El mayor contenido de fósforo reportó la interacción P2D3 (Compost Treet, dosis de 30 cc/10 l), con promedio de 432,67 ppm, ubicado en el primer rango y lugar; seguido de la interacción P2D2 (Compost Treet, dosis de 20 cc/10 l), que compartió el primer rango, con promedio de 365,25 ppm. El menor contenido de fósforo, por su parte, experimentó la interacción P1D1 (micro organismos locales, dosis de 10 cc/10 l), al ubicarse en el tercer rango y último lugar en la prueba, con promedio de 6,01 ppm.

CUADRO 22. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LA INTERACCIÓN PRODUCTOS POR DOSIS EN LA VARIABLE CONTENIDO DE FÓSFORO

P x D	Promedio (ppm)	Rango
P2D3	432,67	a
P2D2	365,25	a
P2D1	221,07	b
P1D2	7,84	c
P1D3	7,31	c
P1D1	6,01	c

Examinando los resultados estadísticos del contenido de fósforo del compost, es posible confirmar que, el aporte de microorganismos en el proceso de compostaje, influyó favorablemente en este proceso, por cuanto, en general, todos los tratamientos que recibieron aplicación de microorganismos reportaron mayor porcentaje de fósforo que lo establecido en el testigo. En este sentido, con la aplicación de Compost Treet (P2) se obtuvieron los mejores resultados, al incrementar el contenido de fósforo en promedio de 332,61 ppm, que lo observado en los tratamientos de microorganismos locales (P1). Igual respuesta ocurrió con la aplicación de los microorganismos en la dosis de 30 cc/10 l de agua (D3), con la cual el contenido de nitrógeno se incrementó en promedio de 106,45 ppm, que los tratamientos de la dosis de 10 cc/10 l de agua (D1); lo que demuestra que, con la aplicación de Compost Treet en dosis de 30 cc/10 l de agua, en el producto y la dosis apropiada para obtener compost de mejor calidad, con mayor

contenido nutricional de fósforo. Según Suquilanda (1996), los microorganismos demostraron que son microbios benéficos de origen natural que al ponerse en contacto con la materia orgánica secreta sustancias útiles, como los hongos, bacterias foto tróficas, levaduras, bacterias productoras de ácido láctico y hongos de fermentación, lo que mejoró con la utilización de Compost Treet.

4.1.4.3. Contenido de potasio

En el anexo 6, se indican los valores del contenido de potasio en cada tratamiento evaluado, cuyo promedio general fue de 0,63%. El análisis de variancia (cuadro 23), experimentó diferencias estadísticas significativas para tratamientos. El factor productos no mostró diferencias estadísticas significativas. El factor dosis de aplicación reportó diferencias a nivel del 1%, con tendencia lineal significativa a este mismo nivel. La interacción productos por dosis detectó ausencia de significación, al igual que la comparación testigo versus resto de tratamientos. El coeficiente de variación fue de 21,53%, confirmando confiabilidad a los resultados presentados.

CUADRO 23. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA CONTENIDO DE POTASIO

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	2	0,003	0,001	0,08 ns
Tratamientos	6	0,339	0,057	3,10 *
Productos (P)	1	0,004	0,004	0,22 ns
Dosis (D)	2	0,283	0,142	7,89 **
Tendencia lineal	1	0,232	0,232	12,74 **
Tendencia cuadrática	1	0,051	0,051	2,78 ns
P x D	2	0,039	0,019	1,06 ns
Testigo versus resto	1	0,014	0,014	0,76 ns
Error experimental	12	0,219	0,018	
Total	20	0,561		

Coeficiente de variación: 21,53%

ns = no significativo

* = significativo al 5%

** = significativo al 1%

Mediante la prueba de significación de Tukey al 5% para tratamientos en el contenido de potasio, se detectó dos rangos de significación

(cuadro 24). Mayor contenido de potasio experimentaron los tratamiento P1D2 (microorganismos locales, dosis de 20 cc/10 l) y P2D3 (Compost Treet, dosis de 30 cc/10 l), con promedio compartido de 0,76%, ubicados en el primer rango; seguidos de varios tratamientos que compartieron el primero y segundo rangos, con promedios que van desde 0,69% hasta 0,46%. El menor contenido de potasio, reportó el tratamiento testigo, al ubicarse en el segundo rango y último lugar en la prueba, con promedio de 0,42%.

CUADRO 24. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE CONTENIDO DE POTASIO

Tratamientos		Promedio (%)	Rango
No.	Símbolo		
2	P1D2	0,76	a
6	P2D3	0,76	a
7	T	0,69	ab
3	P1D3	0,67	ab
5	P2D2	0,62	ab
1	P1D1	0,46	ab
4	P2D1	0,42	b

En relación al factor dosis de aplicación, en el contenido de potasio del compost, aplicando la prueba de significación de Tukey al 5%, se detectaron dos rangos de significación bien definidos (cuadro 25). Mayor contenido de potasio se alcanzó en los tratamientos que recibieron aplicación de microorganismos en la dosis de 30 cc/10 l de agua (D3), con promedio de 0,72%, al ubicarse en el primer rango; seguido de los tratamientos que recibieron aplicación de los productos en la dosis de 20 cc/10 l de agua (D2), que compartieron el primer rango, con promedio de 0,69%; en tanto que, los tratamientos de la dosis de 10 cc/10 l de agua (D1), reportaron el menor porcentaje de potasio, al ubicarse en el segundo rango, con promedio de 0,44%.

Gráficamente, mediante la figura 5, se ilustra la regresión lineal entre dosis de aplicación de microorganismos versus el contenido de potasio, en donde la tendencia lineal positiva de la recta, indica que, el contenido de fósforo

CUADRO 25. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA EL FACTOR DOSIS EN LA VARIABLE CONTENIDO DE POTASIO

Dosis	Promedio (%)	Rango
30 cc/10 l de agua (D3)	0,72	a
20 cc/10 l de agua (D2)	0,69	a
10 cc/10 l de agua (D1)	0,44	b

del compost fue significativamente mayor, conforme se incrementaron las dosis de aplicación de microorganismos, alcanzándose los mejores resultados en los tratamientos con aplicación de los productos en la dosis de 30 cc/10 l de agua, con correlación lineal significativa de 0,69.

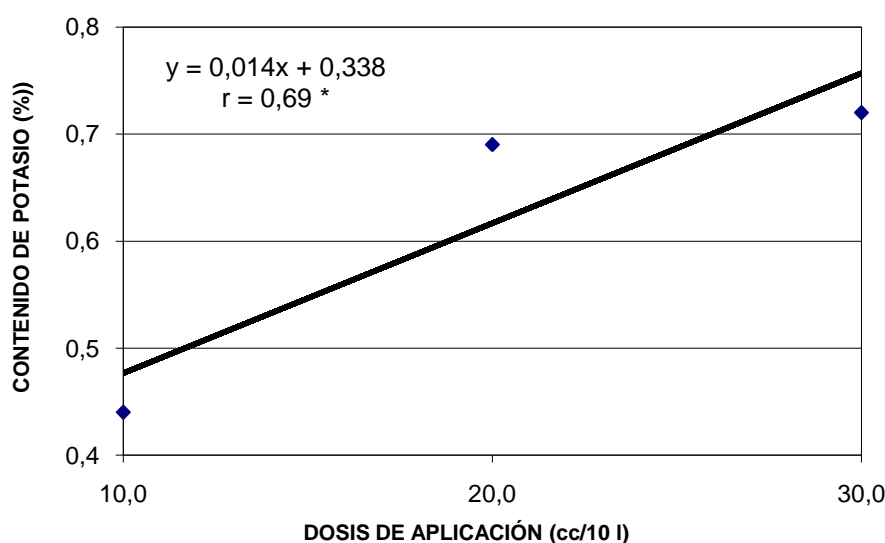


FIGURA 5. Regresión lineal para dosis de aplicación de microorganismos versus contenido de potasio

La evaluación estadística del contenido de potasio del compost, permite deducir que, el aporte de microorganismos al proceso de compostaje, influyó favorablemente en este proceso, debido a que, en general, varios tratamientos que recibieron aplicación de microorganismos reportaron mayor porcentaje de potasio que lo registrado en el testigo. Los mejores resultados se

alcanzaron con la aplicación de microorganismos en la dosis de 30 cc/10 l de agua (D3), se obtuvieron los mayores contenidos, superando en promedio de 0,28%, que los tratamientos de la dosis de 10 cc/10 l de agua (D1). Estos resultados permiten inferir que, la aplicación de microorganismos en dosis de 30 cc/10 l de agua, es la dosis apropiada para obtener compost de mejor calidad, con mayor contenido nutricional de potasio, reduciendo así mismo el tiempo a la obtención del compost. Para Vademecum (2008), los microorganismos en contacto con la materia orgánica son beneficiosos ayudando a la fertilidad de la misma. Los residuos animales y vegetales en cambio, son fertilizantes potenciales que aumentan el contenido orgánico de los suelos; estos materiales pueden ser mejorados por compostación que es el producto de la descomposición biológica de residuos o desperdicios orgánicos en condiciones controladas que podría abastecer importantes cantidades de materia orgánica, por lo que la calidad del compost fue mejor, con mayor contenido de potasio.

4.1.4.4. Contenido de materia orgánica

Los valores correspondientes al contenido de materia orgánica del compost de cada tratamiento, se indican en el anexo 7, cuyo promedio general fue de 23,08%. Según el análisis de variancia (cuadro 26), se observaron diferencias estadísticas altamente significativas para tratamientos. El factor productos no reportó diferencias estadísticas significativas. El factor dosis de aplicación experimentó diferencias a nivel del 1%, con tendencia lineal altamente significativa y cuadrática significativa. La interacción productos por dosis fue no significativa; en tanto que, el testigo se diferenció del resto de tratamientos a nivel del 1%. El coeficiente de variación fue de 6,66%, lo que confiere alta confiabilidad a los resultados evaluados.

Según la prueba de significación de Tukey al 5% para tratamientos en el contenido de materia orgánica del compost, se detectaron dos rangos de significación (cuadro 27). Mayor contenido de materia orgánica reportó el tratamiento P2D3 (Compost Treet, dosis de 30 cc/10 l), con promedio de 26,18%, ubicado en el primer rango; seguido del tratamiento P2D2 (Compost Treet, dosis de

CUADRO 26. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	2	0,756	0,378	0,16 ns
Tratamientos	6	98,704	16,451	6,96 **
Productos (P)	1	10,611	10,611	4,49 ns
Dosis (D)	2	44,849	22,424	9,49 **
Tendencia lineal	1	33,300	33,300	14,10 **
Tendencia cuadrática	1	11,549	11,549	4,89 *
P x D	2	18,070	9,035	3,83 ns
Testigo versus resto	1	25,174	25,174	10,66 **
Error experimental	12	28,348	2,362	
Total	20	127,807		

Coefficiente de variación: 6,66%

ns = no significativo

* = significativo al 5%

** = significativo al 1%

20 cc/10 l) que compartió el primer rango, con promedio de 26,06%. El menor contenido de materia orgánica, reportó el tratamiento testigo, al ubicarse en el segundo rango y último lugar en la prueba, con promedio de 20,40%.

CUADRO 27. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA

Tratamientos		Promedio (%)	Rango
No.	Símbolo		
6	P2D3	26,18	a
5	P2D2	26,06	a
2	P1D2	23,26	ab
3	P1D3	23,08	ab
1	P1D1	21,94	ab
4	P2D1	20,65	b
7	T	20,40	b

Con respecto al factor dosis de aplicación, en el contenido de materia orgánica del compost, la prueba de significación de Tukey al 5%, separó los promedios en dos rangos de significación bien definidos (cuadro 28). Mayor contenido de materia orgánica se obtuvo en los tratamientos que recibieron aplicación de microorganismos en la dosis de 20 cc/10 l de agua (D2), con promedio de 24,66%, ubicado en el primer rango; seguido de los tratamientos que recibieron

aplicación de los productos en la dosis de 30 cc/10 l de agua (D3), que compartieron el primer rango, con promedio de 24,63%; mientras que, los tratamientos de la dosis de 10 cc/10 l de agua (D1), reportaron el menor porcentaje de materia orgánica, al ubicarse en el segundo rango, con el menor promedio de 21,30%.

CUADRO 28. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA EL FACTOR DOSIS EN LA VARIABLE CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA

Dosis	Promedio (%)	Rango
20 cc/10 l de agua (D2)	24,66	a
30 cc/10 l de agua (D3)	24,63	a
10 cc/10 l de agua (D1)	21,30	b

La figura 6, ilustra la regresión lineal entre dosis de aplicación de microorganismos versus el contenido de materia orgánica del compost, en donde la tendencia lineal positiva de la recta, muestra que, el contenido de materia orgánica fue significativamente mayor, conforme se incrementaron las dosis de aplicación de microorganismos, obteniéndose los mejores resultados en los tratamientos que recibieron aplicación de los productos en la dosis de 30 cc/10 l de agua, con correlación lineal significativa de 0,57.

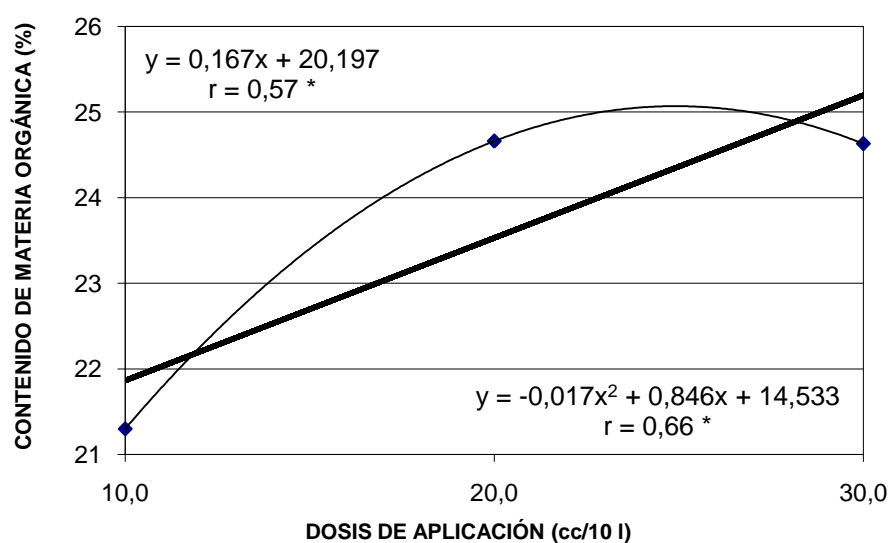


FIGURA 6. Regresión lineal para dosis de aplicación de microorganismos versus contenido de materia orgánica

Los valores observados en la evaluación estadística del contenido de materia orgánica del compost, permite afirmar que, el aporte de microorganismos en el proceso de compostaje, influyó favorablemente, por cuanto, en general, todos los tratamientos que recibieron aplicación de microorganismos reportaron mayor porcentaje de materia orgánica que lo observado en el testigo. Los mejores resultados se alcanzaron con la aplicación de microorganismos en la dosis de 20 cc/10 l de agua (D2), al registrarse los mayores contenidos, superando en promedio de 3,36%, que los tratamientos de la dosis de 10 cc/10 l de agua (D1); lo que permite confirmar que, con la aplicación de microorganismos en dosis de 20 cc/10 l de agua, se obtiene compost de mejor calidad, con mayores contenidos de materia orgánica, a más de reducir el tiempo a la obtención del compost. En este sentido Núñez (1992), sostiene que, los microorganismos como hongos, bacterias y ascomicetos, bajo condiciones controladas pueden abastecer importantes cantidades de materia orgánica para mejorar la productividad del suelo. Los residuos animales y vegetales pueden ser mejorados por compostación. El producto de la descomposición biológica de desperdicios o residuos orgánicos en condiciones controladas abastecen importantes cantidades de materia orgánica a bajo costo para mejorar los suelos (Núñez, 1992), lo que sucedió especialmente con la utilización de Compost Treet.

4.1.5. pH

El anexo 8, muestra los valores de pH en cada tratamiento, cuyo pH promedio general fue de 7,67. El análisis de variancia (cuadro 29), no reportó diferencias estadísticas significativas para tratamientos. El factor productos reportó ausencia de significación, como también el factor dosis de aplicación y la interacción productos por dosis. El testigo no se diferenció del resto de tratamientos y el coeficiente de variación fue de 5,66%, que confiere alta confiabilidad en las respuestas obtenidas.

CUADRO 29. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA pH

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	2	0,149	0,074	0,40 ns
Tratamientos	6	0,511	0,085	0,46 ns
Productos (P)	1	0,101	0,101	0,54 ns
Dosis (D)	2	0,297	0,149	0,80 ns
P x D	2	0,019	0,009	0,05 ns
Testigo versus resto	1	0,093	0,093	0,50 ns
Error experimental	12	2,242	0,187	
Total	20	2,902		

Coefficiente de variación: 5,66%

ns = no significativo

Evaluando los resultados del pH, se puede deducir que, al no reportar significación estadística el *adeva*, indica que el pH de todos los tratamientos fue estadísticamente similar, sin encontrar valores de pH significativamente más altos o valores más bajos. Estas respuestas indican que la aplicación de microorganismos a pesar que aceleran el proceso de descomposición y dotan de mejor valor nutricional al compost, no influyen relevantemente en el comportamiento del pH de producto final obtenido.

4.2. RESULTADOS, ANÁLISIS ECONÓMICO Y DISCUSIÓN

Para evaluar la rentabilidad de la aplicación de dos productos (microorganismos) en tres dosis, para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost, se determinaron los costos de producción del ensayo en 174 m² que constituyó el área de la investigación (cuadro 30), considerando entre otros los siguientes valores: \$ 183,0 para mano de obra, \$ 90,05 para costos de materiales, dando el total de \$ 273,05.

El cuadro 31, indica los costos de inversión del ensayo desglosados por tratamiento. La variación de los costos esta dada básicamente por el diferente precio de cada producto de acuerdo a las dosis de aplicación. Los costos de producción se detallan en tres rubros que son: costos de mano de obra, costos de materiales y costos de la aplicación de los microorganismos en cada pila.

CUADRO 30. COSTOS DE INVERSIÓN DEL ENSAYO

Labores	Mano de obra			Materiales				Costo total	
	No.	Costo unit.	Sub total	Nombre	Unid.	Cant.	Costo unit.		Sub total
Arriendo del lote				Lote	unidad	1,00	30,00	10,00	10,00
Preparación del sitio	0,50	7,00	3,50	Azadón	día	1,00	0,50	0,25	3,75
				Rastrillo	día	1,00	0,50	0,25	0,25
Material vegetativo	0,25	7,00	1,75	Estiércol	kg	2100,00	0,10	210,00	211,75
				Paja	kg	10500,00	0,001	10,50	10,50
				Alfalfa	kg	10500,00	0,002	21,00	21,00
Construcc. de la pila	1,50	7,00	10,50	Palos	día	2,00	0,50	1,00	11,50
				Estacas	unid.	84,00	0,05	4,20	4,20
				Combo	día	1,00	0,25	0,25	0,25
				Flexómetro	día	1,00	0,25	0,25	0,25
				Piola	unid	2,00	0,50	1,00	1,00
				Machete	día	2,00	0,25	0,50	0,50
				Carretilla	día	0,50	0,50	0,25	0,25
				Pala	día	2,00	0,25	0,50	0,50
				Azadón	día	2,00	0,25	0,50	0,50
Elaborac. de EMAs	0,50	7,00	3,50	Varios	unid.	1,00	4,00	4,00	7,50
Aplicac. microor.	0,50	7,00	3,50	EMAs	g	300,00	0,01	3,00	6,50
				Compost Treet	g	300,00	0,02	6,00	6,00
Riegos	1,00	7,00	7,00	Regadera	día	1,00	0,25	0,25	7,25
Volteos	1,00	7,00	7,00	Bieldo	día	1,00	0,25	0,25	7,25
Tapado	0,50	7,00	3,50	Mantas	unid.	2,00	6,00	12,00	15,50
Total			183,00					90,05	273,05

CUADRO 31. COSTOS DE INVERSIÓN DEL ENSAYO POR TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	Mano de obra (\$)	Materiales (\$)	Aplicación de Microorganismos (\$)	Costo total (\$)
P1D1	6,50	38,99	2,33	47,83
P1D2	6,50	38,99	2,33	47,83
P1D3	6,50	38,99	2,33	47,83
P2D1	5,33	38,99	2,00	46,33
P2D2	5,33	38,99	2,00	46,33
P2D3	5,33	38,99	2,00	46,33
T	4,75	38,99		43,74

El cuadro 32, presenta los ingresos totales del ensayo por tratamiento. El cálculo del rendimiento se efectuó de acuerdo al peso del total de compost por tratamiento en las tres repeticiones, considerando el precio de un kilogramo de producto en \$ 0,27 para los tratamientos con aplicación de microorganismos y \$ 0,23

para el testigo, por ser compost de menor calidad, para la época que se sacó a la venta.

CUADRO 32. INGRESOS TOTALES DEL ENSAYO POR TRATAMIENTO

Tratamiento	Rendimiento (kg/tratamiento)	Precio de 1 kilogramo	Ingreso total
P1D1	193,00	0,27	52,11
P1D2	208,00	0,27	56,16
P1D3	205,00	0,27	55,35
P2D1	208,00	0,27	56,16
P2D2	204,00	0,27	55,08
P2D3	213,00	0,27	57,51
T	205,00	0,23	47,15

Los beneficios netos actualizados, presentan valores positivos en donde los ingresos superaron a los costos en todos los tratamientos. La actualización de los costos se hizo con la tasa de interés bancaria del 11% anual y considerando los cuatro meses que duró el ensayo. La relación beneficio costo, presenta valores positivos, encontrando que el tratamiento P2D3 (Compost Treet, 30 cc/10 l de agua), alcanzó la mayor relación beneficio costo de 0,19 en donde los beneficios netos obtenidos fueron 0,17 veces lo invertido, siendo desde el punto de vista económico el tratamiento de mayor rentabilidad (cuadro 33).

CUADRO 33. CÁLCULO DE LA RELACIÓN BENEFICIO COSTO DE LOS TRATAMIENTOS CON TASA DE INTERÉS AL 11%

Tratamiento	Ingreso total	Costo total	Factor de actual.	Costo total actual.	Beneficio neto actual.	RBC
P1D1	52,11	47,83	0,96	49,97	2,14	0,04
P1D2	56,16	47,83	0,96	49,97	6,19	0,12
P1D3	55,35	47,83	0,96	49,97	5,38	0,11
P2D1	56,16	46,33	0,96	48,40	7,76	0,16
P2D2	55,08	46,33	0,96	48,40	6,68	0,14
P2D3	57,51	46,33	0,96	48,40	9,11	0,19
T	47,15	43,74	0,96	45,70	1,45	0,03

$$\text{Factor de actualización } Fa = \frac{1}{(1 + i)^n}$$

Tasa de interés anual $i = 11\%$ a septiembre del 2012

Período $n = 4$ meses de duración del ensayo

$$RBC = \frac{\text{Beneficio neto actualizado}}{\text{Costo total actualizado}}$$

4.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Los resultados obtenidos de la aplicación de dos fuentes de microorganismos en tres dosis, para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost, permiten aceptar la hipótesis, por, cuanto con la aplicación de los productos, en general se aceleró el tiempo de descomposición, reduciéndose consecuentemente los días a la obtención del compost, especialmente al utilizar Compost Treet en dosis de 30 cc/10 l de agua, que fue el mejor tratamiento, obteniéndose a los 83,10 días.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Al concluir la investigación “Aplicación de microorganismos (bacterias fototróficas, bacterias ácido lácticas, actinomicetos, hongos, levaduras, algas) para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost”, se da lectura a las siguientes conclusiones:

Con la utilización de Compost Treet (P2) como aporte de microorganismos benéficos, para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost, se alcanzaron los mejores resultados, al reducirse el tiempo a la cosecha y obtener compost de mejor calidad, obteniéndose en los tratamientos de éste producto: menor tiempo a la obtención del compost (90,67 días), mayor número de colonias (espirilos, cocos, bacilos). (8,44/g de compost), con mejor contenido nutricional, al reportar mayor contenido de fósforo (339,66 ppm) y buen contenido de nitrógeno, potasio y materia orgánica, por lo que es el producto apropiado para acelerar la descomposición de los materiales orgánicos, obteniéndose el compost en menor tiempo, con mejor contenido nutricional.

La aplicación de los microorganismos en la dosis de 30 cc/10 l de agua (D3), causó el mejor efecto en el proceso de descomposición, acelerando el tiempo a la cosecha del compost y obteniéndose mejor calidad en su contenido nutricional, por cuanto los tratamientos que recibieron aplicación de esta dosis reportaron: menor tiempo a la obtención del compost (86,50 días), mayor número de colonias (espirilos, cocos, bacilos). (8,33/g de compost), con mejor contenido de nitrógeno (1,13%), como también de fósforo (219,99 ppm) y potasio (0,72%), reportando el mayor porcentaje de materia orgánica (24,63%); por lo que es la dosis de aplicación adecuada de los microorganismos, para mejorar su calidad final y acortar el tiempo a la obtención del abono. La dosis de 20 cc/10 l de agua (D2), reportó buenos resultados especialmente con el segundo mejor contenido de fósforo (186,54 ppm) y de potasio (0,69%) y el mejor contenido de materia orgánica (24,66%).

La acción interaccionada de la aplicación de Compost Treet en la dosis de 30 cc/10 l de agua (P2D3), produjo los mejores resultados, en cuyos tratamiento se obtuvo el menor tiempo a la obtención del compost (83,00 días), con el mayor número de colonias (espirilos, cocos, bacilos). (10,33/g de compost) y el mejor

contenido de fósforo (432,67 ppm). La interacción P1D3 (microorganismos locales en dosis de 30 cc/10 l de agua) reportó el mayor contenido de nitrógeno (1,21%) y la interacción Compost Treet en la dosis de 20 cc/10 l de agua (P2D2) el mayor contenido de fósforo (365,25 ppm).

En relación al testigo, que no recibió aporte de microorganismos, experimentó el mayor tiempo a la cosecha del compost y el contenido nutricional fue menor, al observarse en éste tratamiento: mayor tiempo a la obtención del compost (120,00 días), menor número de colonias (espirilos, cocos, bacilos). (2,67/g de compost) y menor contenido de fósforo (4,00 ppm) y materia orgánica (20,40%), lo que justifica la aplicación de los microorganismos en el proceso de compostaje, siendo evidente la reducción del tiempo que ocasionan hasta la obtención del compost.

Con respecto a microorganismos locales (P1), las respuestas fueron menores a lo obtenido con Compost Treet (P2), al observarse mayor tiempo a la obtención del compost (100 días), menor número de colonias (espirilos, cocos, bacilos). (5,44/g de compost), con menor contenido de fósforo (7,05 ppm).

Del análisis económico se deduce que, el tratamiento P2D3 (Compost Treet, 30 cc/10 l de agua), alcanzó la mayor relación beneficio costo de 0,19 en donde los beneficios netos obtenidos fueron 0,17 veces lo invertido, siendo desde el punto de vista económico el tratamiento de mayor rentabilidad.

5.2. RECOMENDACIONES

Para acelerar el tiempo de transformación de desechos orgánicos en compost, así como para obtener mayor contenido nutricional, se recomienda utilizar el producto Compost Treet como aporte de microorganismos benéficos, en dosis de 30 cc/10 l de agua, por cuanto fue el tratamiento que mejores resultados reportó, en la mayoría de variables analizadas, al reducir el tiempo a la obtención del compost y reportar mayores contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio y mejor contenido de materia orgánica, en las condiciones de manejo que se efectuó el ensayo.

CAPÍTULO 6 PROPUESTA

6.1. TÍTULO

Aplicación de Compost Treet como aporte de microorganismos benéficos para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost.

6.2. FUNDAMENTACIÓN

Los microorganismos son microbios benéficos de origen natural que al ponerse en contacto con la materia orgánica secreta sustancias útiles, existen tipos de microorganismos presentes en el compostaje como los hongos, bacterias foto tróficas, levaduras, bacterias productoras de ácido láctico y hongos de fermentación (Suquilanda, 1996).

Los microorganismos como hongos, bacterias y ascomicetos que bajo condiciones controladas pueden abastecer importantes cantidades de materia orgánica a bajos costos para mejorar la productividad del suelo, la descomposición de estos residuos ocurre bajo condiciones de humedad y temperatura. Los residuos animales y vegetales en cambio, son fertilizantes potenciales que aumentan el contenido orgánico de los suelos; estos materiales pueden ser mejorados por compostación, el producto de la descomposición biológica de desperdicios o residuos orgánicos en condiciones controladas podrían abastecer importantes cantidades de materia orgánica a bajo costo para mejorar los suelos (Núñez, 1992).

La mayor parte de los microorganismos (bacteria, actinomicetos hongos) son seres unicelulares muy simples en su estructura y composición. La base y la forma de alimentación son peculiares de cada colonia específica pero sus necesidades energéticas, de nutrientes orgánicos o minerales, agua, temperatura y ausencia de elementos o condiciones nocivas, son similares las plantas con las que comparten el hábitat. En ecosistema con buen nivel de biodiversidad se establecen relaciones simbióticas entre las diferentes poblaciones microbianas, en un equilibrio dinámico en el que cada cual encuentra su espacio propio y suele convivir en estrecha relación con el resto. Eventuales desequilibrios del ecosistema pueden estimular mayores proliferaciones de unas determinadas colonias en detrimento de otras. Aunque en condiciones normales, el predominio de una colonia específica sobre todas las demás desencadena mecanismos de compensación que tienden a neutralizarlos a corto, mediano, largo plazo (Bueno, 2003).

6.3. OBJETIVOS

Aplicar Compost Treet en dosis de 30 cc/l de agua, en 200 kg de materia orgánica, como aporte de microorganismos para acelerar la descomposición en la elaboración de compost.

6.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El Compost Treet es un producto de origen microbiano rico en vitaminas, enzimas y bacterias ácido-lácticas que producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias fototrópicas; también aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica, como la lignina y la celulosa que aceleran la descomposición de la materia orgánica (Vademécum, 2008).

Al incorporar abono orgánico, mejora la cantidad de la materia orgánica del suelo, mejora las propiedades químicas, aumenta el contenido en macro nutrientes N, P, K y micro nutrientes, mejora la actividad biológica del suelo. Actúa como soporte y alimento de los microorganismos, la población microbiana es un indicador de la fertilidad del suelo, se prevé la utilización del compost como abono orgánico para mejorar las características del suelo y proveer de nutrientes suficientes a los cultivos, en relación con su empleo en la agricultura tiene gran importancia como mejorador del medio ambiente y del suelo (Suquilanda, 1996).

La agricultura orgánica no es algo nuevo, siempre ha existido y es la única manera de conservar el ciclo natural que existe en el mundo. Este tipo de agricultura no represente mayores gastos o menos ingresos a los agricultores, es más bien una alternativa para que cada agricultor en su propio campo vaya descubriendo y entendiendo con el pasar de los días nuevas formas de alimentar y proteger a sus cultivos. Es por eso que, este documento intenta aportar información que pueda aplicarse en cada una de las unidades de producción, tratando de que cada agricultor mediante la aplicación de algunas prácticas agrícolas sin contaminantes produzca alimentos sin alterar a su salud, a su familia, a la de sus consumidores y sobre todo a la salud de su madre tierra.

El suelo es un recurso natural renovable, es decir que tiene la capacidad de regenerarse si se usa bien, gracias a la materia orgánica con la participación de los microorganismos aeróbicos ayudan la descomposición de los residuos orgánicos como los microorganismos, que son utilizados en agricultura porque mejoran las propiedades físico-químicas de los suelos, aumentan la micro flora bacteriana del mismo. El descubrimiento de los microorganismos como acelerante del proceso de desintegración que ayuda al incremento de los minerales contenidos en los desechos orgánicos, estos no afectan al medio ambiente, consumen las sustancias que causan la putrefacción, malos olores y enfermedades. En el Ecuador se está incrementando el uso de los microorganismos para la elaboración de bocashi, en la fertilización orgánica de brócoli, en maíz y maní, en cacao, banano y otros cultivos tropicales. Los abonos orgánicos son muy importantes en los suelos, ya que suministra nitrógeno en forma asimilable para las plantas (Suquilanda, 1996).

6.5. IMPLEMENTACIÓN Y PLAN DE ACCIÓN

6.5.1. Preparación del sitio para la compostera

Seleccionar un sitio seco y firme, retirar las piedras y troncos presentes. Clavar dos palos de 2 m de largo en distintos lugares dentro del sitio marcado, nivelar con azadones y rastrillo, para finalmente se colocar un palo por cada metro cuadrado de compost.

6.5.2. Selección de material para el compost

El material vegetal y orgánico para cada pila estará conformada por estiércol de vacuno (100 kg) y desechos vegetales (paja y alfalfa) 50 kg de cada vegetal.

6.5.3. Construcción de la pila

Se triturarán los materiales orgánicos y depositarán en las camas formando una pila por cada tratamiento. Cada pila será de 2 m² de capacidad con una altura de 1m, separadas por caminos de 0,50 m. Todo el conjunto proteger con mantas de tela de lana para el proceso de compostaje.

6.5.4. Aplicación de Compost Treet

La aplicación de Compost Treet en las dosis de 30 cc/10 l de agua, se efectúa al inicio del compostaje con la ayuda de una bomba manual, cubriendo de solución el total de la pila de compost.

6.5.5. Riego

Los riegos se realizan con la ayuda de un balde cada día, manteniendo la capacidad de campo.

6.5.6. Volteo

El volteo se realiza con la ayuda de un biello a los tres días de la aplicación de los productos, para facilitar la aireación y oxigenación de la materia orgánica y los microorganismos actúen en la descomposición.

6.5.7. Tapado

Esta labor se efectúa después del volteo, para la regulación de temperatura óptima para los microorganismos. Para tal efecto se utilizarán mantas de tela de lana.

6.5.8. Cosecha

La cosecha del compost se efectúa cuando el material vegetal presenta una coloración oscura.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, G. 1992. Estudios de hongos patógenos. Manejo de plaga y enfermedades. V. Salguero, R. Fisher y D. Dardón Eitores. 321 p.
- Bourguignon, C. 1986. El compostaje de materias orgánicas. In Congreso de Agricultura Biológica. Ponencias y Comunicaciones. Madrid. Centro de Naturaleza. Pag. 63-69.
- Bueno, M. 2003. Manual para horticultores ecológicos. Barcelona, España. P. 41.
- Caae (Centro de Alumnos de Administración y Economía, Es). 2001. La vida en el suelo. Plan de formación. Comité andaluz de Agricultura Ecológica Sevilla, España. 203 p.
- Cooke, G.M. 1983. Fertilización para rendimientos máximos. Trad. Del inglés por Antonio Marino Ambrosio. México, Cecs. p. 49.
- Cruz, M. 2000. Elaboración de EM Bocashi y su evaluación en el cultivo de maíz. Tesis Ing. Agr. Loja, Universidad Nacional, Facultad de Ciencias Agrícolas. 80 p.
- Biblioteca Ilustrada de Campo. 2004. Abonos orgánicos biodigestores-biopreparados-Humus-suelo. Bogotá, Colombia. pág. 23.
- Fiad, J. 2002. Residuos orgánicos. Fundases. Disponible en <http://www.eco2site.com/trash/ro.asp>.
- Fundación Piedrabuena. 2007. EM Research Organization. EM (Effective Microorganisms) an Earth Saving Revolution. Dispible en <http://em.iespana.es/>.
- Higa, T. 2002. Una revolución para salvar la tierra. Emro Europe Branco. Tarragona. Disponible en www.tierra.org/articulos/art00906.html.
- Holdridge, L. 1982. Ecología basada en zonas de vida. Trad. por Humberto Jiménez. San José, Costa Rica, IICA. 216 p.
- IGM (Instituto Geográfico Militar, Ec). 1986. Mapa general de los suelos del Ecuador. Quito. Esc. 1:1.000.000. Color.
- Manual Agropecuario. 2002. Tecnologías orgánicas de la granja experimental autosuficiente. Quito, Ecuador. pág. 523.
- Núñez, A. 1992. Fertilización química y orgánica en dos especies en condiciones de invernadero. Tesis Ing. Agr. Ambato, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Agronómica. P. 31-32.

Pérez, N. 1997. Compostaje vs residuos orgánicos. Monografías S.A. En línea. Consultado 12 de enero del 2011. Disponible en <http://www.monografías.com/trabajos46.com>.

Proexant (Promoción de exportaciones no tradicionales, Ec). 2002. Elaboración, uso y manejo de los abonos orgánicos. En línea. Consultado 23 de febrero del 2011. Disponible en <http://www.proexant.org.cc/abonos.org>. C3alnicos.

Ramírez, R.; Restrepo, T. 2007. Evaluación de la aplicación de abono tipo bocashi en las propiedades físicas de un suelo negro – lado del municipio de Marinilla, Antioquia. Proexant.

Rueda, P. 2006. Efectos de microorganismos efectivos en el proceso de compostaje. Fundances, Boletín Técnico N/3 plantilla EM (microorganismos efectivos). Bogotá. 345 p.

Smith, D. 1968. Estudio de la microbiología. 4 ed. 103 p.

Suquilanda, B.V. 1996. Agricultura orgánica alternativa tecnológica. Cayambe-Ecuador. pág. 172.

Sztern, D.; Pravia, M. 2004). Manual para la elaboración de. Compost, bases conceptuales y procedimientos. En línea. Consultado 18 de enero del 2011. Disponible en <http://www.ops.org.uy/pdf/compost/pdf>.

Vademecum Agrícola. Edifarm. 2008. Pag. 29-30.

Valarezo, J. 2001. Manual de fertilidad del suelo. Universidad Nacional de Loja, Área agropecuaria y de recursos naturales renovables. P. 84.

Yasukawa, K. 1997. El sistema de agricultura de desarrollo agropecuario de Panamá y JICA (Japanesse internacional Cooperation Agency). 206 p.

APÉNDICE

ANEXO 1. DÍAS A LA OBTENCIÓN DEL COMPOST

Tratamientos		Repeticiones			Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III		
1	P1D1	120,00	120,00	120,00	360,00	120,00
2	P1D2	90,00	90,00	90,00	270,00	90,00
3	P1D3	84,00	90,00	96,00	270,00	90,00
4	P2D1	90,00	87,00	105,00	282,00	94,00
5	P2D2	105,00	90,00	90,00	285,00	95,00
6	P2D3	75,00	84,00	90,00	249,00	83,00
7	T	120,00	120,00	120,00	360,00	120,00

ANEXO 2. PESO DEL COMPOST (kg)

Tratamientos		Repeticiones			Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III		
1	P1D1	65,00	65,00	63,00	193,00	64,33
2	P1D2	68,00	70,00	70,00	208,00	69,33
3	P1D3	67,00	66,00	72,00	205,00	68,33
4	P2D1	68,00	69,00	71,00	208,00	69,33
5	P2D2	63,00	71,00	70,00	204,00	68,00
6	P2D3	69,00	73,00	71,00	213,00	71,00
7	T	68,00	70,00	67,00	205,00	68,33

ANEXO 3. NÚMERO DE COLONIAS (espirilos, cocos, bacilos) (colonias/g de compost)

Tratamientos		Repeticiones			Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III		
1	P1D1	6,00	6,00	5,00	17,00	5,67
2	P1D2	4,00	5,00	4,00	13,00	4,33
3	P1D3	9,00	5,00	5,00	19,00	6,33
4	P2D1	7,00	5,00	7,00	19,00	6,33
5	P2D2	9,00	8,00	9,00	26,00	8,67
6	P2D3	11,00	10,00	10,00	31,00	10,33
7	T					

ANEXO 4. CONTENIDO DE NITRÓGENO (%)

Tratamientos		Repeticiones			Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III		
1	P1D1	0,86	0,94	0,86	2,66	0,89
2	P1D2	0,89	0,89	0,87	2,65	0,88
3	P1D3	1,20	1,22	1,20	3,62	1,21
4	P2D1	0,94	0,89	0,86	2,69	0,90
5	P2D2	1,04	1,10	1,15	3,29	1,10
6	P2D3	1,06	1,06	1,02	3,14	1,05
7	T	1,05	0,80	1,04	2,89	0,96

ANEXO 5. CONTENIDO DE FÓSFORO (ppm)

Tratamientos		Repeticiones			Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III		
1	P1D1	5,56	5,46	7,01	18,03	6,01
2	P1D2	6,23	8,54	8,74	23,51	7,84
3	P1D3	7,24	7,28	7,40	21,92	7,31
4	P2D1	224,62	224,32	214,26	663,20	221,07
5	P2D2	315,20	314,32	466,22	1095,74	365,25
6	P2D3	415,88	425,80	456,32	1298,00	432,67
7	T	4,45	3,22	4,33	12,00	4,00

ANEXO 6. CONTENIDO DE POTASIO (%)

Tratamientos		Repeticiones			Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III		
1	P1D1	0,54	0,44	0,40	1,38	0,46
2	P1D2	0,60	0,80	0,88	2,28	0,76
3	P1D3	0,80	0,80	0,42	2,02	0,67
4	P2D1	0,40	0,42	0,44	1,26	0,42
5	P2D2	0,58	0,57	0,72	1,87	0,62
6	P2D3	0,74	0,75	0,80	2,29	0,76
7	T	0,82	0,50	0,75	2,07	0,69

ANEXO 7. CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA (%)

Tratamientos		Repeticiones			Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III		
1	P1D1	21,07	22,32	22,44	65,83	21,94
2	P1D2	23,54	24,82	21,42	69,78	23,26
3	P1D3	24,09	21,06	24,09	69,24	23,08
4	P2D1	20,42	21,07	20,46	61,95	20,65
5	P2D2	25,07	24,03	29,09	78,19	26,06
6	P2D3	26,57	26,46	25,50	78,53	26,18
7	T	21,08	20,07	20,05	61,20	20,40

ANEXO 8. pH

Tratamientos		Repeticiones			Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III		
1	P1D1	8,09	7,57	7,27	22,93	7,64
2	P1D2	8,01	7,80	7,54	23,35	7,78
3	P1D3	8,10	7,44	8,13	23,67	7,89
4	P2D1	7,01	8,00	7,20	22,21	7,40
5	P2D2	7,05	8,03	8,00	23,08	7,69
6	P2D3	7,99	7,81	7,51	23,31	7,77
7	T	7,98	7,32	7,22	22,52	7,51