

Universidad Rafael Landívar
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Licenciatura en Ciencias Agrícolas con énfasis en
Gerencia Agrícola

Efecto de activadores biológicos sobre la velocidad de
descomposición de desechos orgánicos y su influencia en la
calidad del abono obtenido

Tesis

Victor Hugo Pec Itzol
12872-06

Guatemala, Noviembre de 2012
Campus Central

Universidad Rafael Landívar
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Licenciatura en Ciencias Agrícolas con énfasis en
Gerencia Agrícola

Efecto de activadores biológicos sobre la velocidad de
descomposición de desechos orgánicos y su influencia en la
calidad del abono obtenido

Tesis

Presentada al Consejo de la Facultad de
Ciencias Ambientales y Agrícolas

Por

Victor Hugo Pec Itzol

Previo a conferírsele, en el Grado Académico de
Licenciado

El Título de
Ingeniero Agrónomo con énfasis en
Gerencia Agrícola

Guatemala, Noviembre de 2012
Campus Central

Autoridades de la Universidad Rafael Landívar

Rector:	P. Rolando Enrique Alvarado López, S.J.
Vicerrectora Académica:	Dra. Marta Lucrecia Méndez González de Penedo
Vicerrector de Investigación y Proyección:	P. Carlos Rafael Cabarrús Pellecer, S.J.
Vicerrector de Integración Universitaria:	P. Eduardo Valdés Barría, S.J.
Vicerrector Administrativo:	Lic. Ariel Rivera Irías
Secretaria General:	Licda. Fabiola Padilla Beltranena

Autoridades de la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas

Decano:	Dr. Marco Antonio Arévalo Guerra
Vicedecano:	Ing. Miguel Eduardo García Turnil, MSc
Secretaria:	Inga. Maria Regina Castañeda Fuentes
Director de Carrera:	Lcda. Anna Cristina Bailey Hernández, MA

Nombre del Asesor

Ing. Adán Obispo Rodas Cifuentes, MSc

Tribunal que practicó la Defensa Privada

Ing. Mayra Del Cid Mazariegos, MA
Ing. Luis Moisés Peñate Munguía, MA
Ing. Luis Felipe Calderón Bran

Guatemala 10 de Abril de 2012.

Honorable Consejo
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Universidad Rafael Landívar

Honorable Consejo:

Por este medio me permito hacer de su conocimiento que he finalizado la asesoría del trabajo de tesis de grado del estudiante Victor Hugo Pec Itzol, carné: 12872-06, titulado **"EFECTO DE TRES ACTIVADORES BIOLÓGICOS SOBRE EL TIEMPO DE DESCOMPOSICIÓN DE DESECHOS VEGETALES Y ANIMALES PARA LA FABRICACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD"**.

Considero que el mencionado trabajo llena los requisitos establecidos por la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, y constituye un importante aporte de información a la agricultura de Guatemala, por lo que sugiero continúe con los trámites para concluir con la publicación respectiva.

Agradeciendo su atención a la presente:

Atentamente:



Ing. Agr. Adán Rodas Cifuentes
Colegiado 1004. Asesor

ORDEN DE IMPRESIÓN

De acuerdo con la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante de Tesis de Grado del estudiante **Victor Hugo Pec Itzol** carné **12872-06** en la carrera Licenciatura en Ciencias Agrícolas con énfasis en Gerencia Agrícola de Campus Central, que consta en el Acta No.661-2012 de fecha veintidós de octubre de dos mil doce, se autoriza la impresión del trabajo titulado **Efecto de activadores biológicos sobre la velocidad de descomposición de desechos orgánicos y su influencia en la calidad del abono obtenido**, previo a conferirle el título de Ingeniero Agrónomo con énfasis en Gerencia Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, en fecha 02 de noviembre de 2,012.


Ing. Regina Castañeda Fuentes
SECRETARÍA DE FACULTAD



AGRADECIMIENTOS

A:

Dios por darme la sabiduría.

La Universidad Rafael Landívar.

La Facultad de Ciencias Ambientales y
Agrícolas.

Ing. Adán Rodas Cifuentes, por su asesoría,
revisión y corrección de la presente
investigación.

Mis padres por su apoyo incondicional,
económico, moral y espiritual.

DEDICATORIA

A:

Dios: Por darme la dicha de vivir y estar siempre a mi lado.

Mis padres: Fermin Pec Aspuac y Victoria Itzol Sépez por darme la vida porque los amo, mostrándome siempre su apoyo incondicional, formarme de la mejor manera posible y ejemplos a seguir.

Mis hermanos: Fredy, Rosario y Luis Pec Itzol por el apoyo que siempre han mostrado y los consejos que me han brindado.

Mis amigos: Por su apoyo, consejos y gratos recuerdos que compartí con todos.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
SUMMARY	ii
I INTRODUCCION	1
II. MARCO TEORICO	3
2.1 Microorganismos Efectivos (EM)	3
2.2 Importancia de los EM	3
2.3 Importancia de las enmiendas orgánicas	5
2.4 Importancia de los microorganismos en el proceso de compostaje	6
2.5 Factores que influyen en el proceso de compostaje	9
III PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
IV OBJETIVOS	16
4.1 Objetivo general	16
4.2 Objetivos específicos	16
V HIPÓTESIS	17
VI MATERIALES Y MÉTODOS	18
6.1 Localización del experimento	18
6.2 Material experimental	18
6.3 Factor estudiado	18
6.4 Descripción de los tratamientos	19
6.5 Diseño experimental	19
6.6 Modelo estadístico	19
6.7 Unidad experimental	20
6.8 Croquis	20
6.9 Manejo del experimento	20
6.9.1 Obtención de insumos para la investigación	20
6.9.2 Aboneras usadas	21
6.10 Variables de respuesta	21
6.11 Análisis de la información	22
6.11.1 Análisis estadístico	22
6.11.2 Análisis económico	23
VII RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
7.1 Período de descomposición	24

7.2	Características físicas y químicas de los abonos producidos	24
7.3	Temperatura	30
7.3.1	Temperatura promedio en las aboneras del tratamiento sin uso de activadores biológicos	30
7.3.2	Temperatura promedio en las aboneras con aplicación de Bactercompost	31
7.3.3	Temperatura promedio en las aboneras con aplicación de Bacto Agar	32
7.3.4	Temperatura promedio en las aboneras con aplicación de MicroSoil	33
7.4	Costos de producción	33
VIII	CONCLUSIONES	36
IX	RECOMENDACIÓN	37
X	BIBLIOGRAFIA	38
VIII	ANEXOS	40

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		Página
1.	Tratamientos evaluados para la fabricación de abonos orgánicos	19
2.	Tiempo de descomposición de la materia orgánica.	24
3.	Características físicas y químicas de cuatro tipos de abonos orgánicos producidos a partir de restos vegetales y animales.	25
4.	Resumen de los análisis de varianza (DBCA) ($Pr > F$) de parámetros físicos y químicos en muestras de abonos orgánicos producidos a partir de restos vegetales y animales.	26
5.	Prueba de medias de Duncan ($p.0.05$) para las variables: pH, Da, C.E., Mg, Fe, Zn, Mn y Cu, en abonos orgánicos producidos a partir de restos vegetales y animales.	28
6.	Resumen de los costos de producción de abonos orgánicos, con la incorporación de microorganismos efectivos.	34
7.	Análisis de varianza del contenido de zinc (Zn) en abonos orgánicos producidos a partir de restos vegetales y animales, con la incorporación de activadores biológicos.	47
8.	Análisis de varianza del pH en abonos orgánicos producidos a partir de restos vegetales y animales, con la incorporación de activadores biológicos.	47
9.	Análisis de varianza del contenido de fósforo (P) en abonos orgánicos producidos a partir de restos vegetales y animales, con la incorporación de activadores biológicos.	48
10.	Análisis de varianza de la materia orgánica (%) en abonos orgánicos producidos a partir de restos vegetales y animales, con la incorporación de activadores biológicos.	48
11.	Análisis de varianza del contenido de manganeso (Mn) en abonos orgánicos producidos a partir de restos vegetales y animales, con la incorporación de activadores biológicos.	48

	Página
12. Análisis de varianza del contenido de magnesio (Mg) en abonos orgánicos producidos a partir de restos vegetales y animales, con la incorporación de activadores biológicos.	49
13. Análisis de varianza del contenido de potasio (K) en abonos orgánicos producidos a partir de restos vegetales y animales con la incorporación de activadores biológicos.	49
14. Análisis de varianza del contenido de hierro (Fe) en abonos orgánicos producidos a partir de restos vegetales y animales, con la incorporación de activadores biológicos.	49
15. Análisis de varianza de la densidad aparente (Da) en abonos orgánicos producidos a partir de restos vegetales y animales, con la incorporación de activadores biológicos.	50
16. Análisis de varianza del contenido de cobre (Cu) en abonos orgánicos producidos a partir de restos vegetales y animales, con la incorporación de activadores biológicos.	50
17. Análisis de varianza de la conductividad eléctrica (C.E.) en abonos orgánicos producidos a partir de restos vegetales y animales, con la incorporación de activadores biológicos.	50
18. Análisis de varianza del contenido de calcio (Ca) en abonos orgánicos producidos a partir de restos vegetales y animales, con la incorporación de activadores biológicos.	51

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Tendencia de la temperatura y el pH durante el proceso de compostaje.....	11
2.	Distribución de los tratamientos durante la evaluación.....	20
3.	Comportamiento de la temperatura en las aboneras del tratamiento testigo.....	30
4.	Comportamiento de la temperatura en las aboneras del tratamiento Bactercompost.	31
5.	Comportamiento de la temperatura en las aboneras del tratamiento Bacto Agar.....	32
6.	Comportamiento de la temperatura en las aboneras del tratamiento MicroSoil.....	33
7.	Picado de las hortalizas.....	51
8.	Proceso de descomposición y volteo.....	52
9.	Temperatura generada por la descomposición de los activadores biológicos.....	53
10.	Forma del compostaje a los cincuenta días.....	54

Efecto de activadores biológicos sobre la velocidad de descomposición de desechos orgánicos y su influencia en la calidad del abono obtenido

RESUMEN

Se evaluaron tres activadores biológicos (*Bacto Agar*, *Bactercompost* y *Micro Soil*) y su efecto sobre la descomposición de restos vegetales y animales, en San Pedro Sacatepéquez, Guatemala. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables respuesta fueron: período de descomposición, características físicas y químicas del abono producido, costos de producción y temperaturas. Los activadores biológicos provocaron que el período de descomposición fuera de 50 días, mientras que en el tratamiento testigo el tiempo fue de 65 días. Con el uso de activadores biológicos se observaron variaciones en los parámetros de pH, Da, C.E., Mg, Fe, Zn, Mn y Cu; mientras que en los macronutrientes P, K y Ca no se observaron diferencias significativas, al igual que en el contenido de materia orgánica. Los costos de producción fueron menores, cuando se aplicaron activadores biológicos por la aceleración del proceso de descomposición y menor utilización de mano de obra para el volteo con respecto al testigo. La temperatura fue mayor en los tratamientos donde se aplicaron activadores biológicos. Considerando los puntos de vista técnico y económico, se recomienda la aplicación de cualquiera de los activadores biológicos evaluados, en el proceso de producción de abonos orgánicos.

Effect of biological activators on the decomposition rate of organic wastes and their influence on the quality of the fertilizer obtained

SUMMARY

Three biological activators (*Bacto Agar*, *Bactercompost* and *Micro Soil*) and their effect on the decomposition of vegetable and animal waste were evaluated in San Pedro Sacatepéquez, Guatemala. A complete randomized block design with four treatments and four replicates was used. The response variables were: decomposition period, physical and chemical characteristics of the compost produced, production costs, and temperature. The decomposition period was of 50 days, because of the biological activators, while in the check, it was 65 days. With the use of biological activators, variations in the following parameters were observed: pH, Da, C.E., Mg, Fe, Zn, Mn, and Cu, while in the P, K, Ca macronutrients, no significant differences were observed, as well as in the organic matter content. The production costs were lower when using biological activators because of the acceleration in the decomposition process and there was less use of labor for turnover, compared with the check. The temperature was higher in the treatments where biological activators were applied. Taking into account the technical and economic points of view, the application of any of the evaluated biological activators is recommended for the production process of organic compost.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad uno de los principales problemas que enfrentan los agricultores en Guatemala son los altos costos de los insumos como los fertilizantes sintéticos y agroquímicos en general, teniendo como efecto un incremento en los costos de producción. Por otra parte, el uso excesivo de fertilizantes sintéticos, provoca problemas al medio ambiente, causando entre otros efectos, el deterioro del suelo.

La constante explotación de los suelos y la falta de aportes de materia orgánica causan un descenso progresivo en la fertilidad natural de los campos. Esta situación altera el ciclo natural y disminuye las poblaciones o hace desaparecer a los organismos descomponedores, que son los encargados de elaborar a partir de la materia orgánica, el humus, además de participar algunos directamente en los ciclos biogeoquímicos.

La presencia de humus en los suelos garantiza la reserva de sustancias nutritivas para las plantas, favorece la absorción y retención del agua, facilita la circulación del aire, limita los cambios bruscos de temperatura y humedad, bloquea a muchos compuestos tóxicos y provee alimentos a la microflora y microfauna que son la base de la cadena alimenticia. La vida y el crecimiento de las plantas y animales es posible por el trabajo de los descomponedores, de forma que sin ellos no habría vida sobre la tierra.

Una práctica alternativa sostenible para los agricultores y empresas agrícolas, es la utilización y producción de compost a partir de los restos vegetales (hojas, tallos, frutos, raíces). Utilizando Microorganismos Efectivos (EM) o Activadores Biológicos el compostaje es un proceso relativamente rápido, controlado y dirigido. Sin embargo, es importante conocer y aplicar muy bien la técnica para elaborar EM-Compost a partir de residuos orgánicos, porque de ello depende la calidad del producto final y evita que durante el mismo procesamiento de los desperdicios ocurran problemas ambientales, tales como: malos olores y la proliferación de microorganismos no deseados como moscas (APROLAB, 2007).

Los abonos orgánicos son todos aquellos residuos de origen animal y vegetal de los que las plantas pueden obtener importantes cantidades de nutrimentos; el suelo, con la descomposición de estos abonos se ve enriquecido con carbono orgánico y mejora sus características físicas, químicas y biológicas.

En el presente estudio se evaluaron el efecto en el tiempo de descomposición, rentabilidad y características físicas y químicas de abonos orgánicos producidos a partir de residuos vegetales y la aplicación de tres activadores biológicos, cuya composición incluye enzimas y EM.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Microorganismos Efectivos (EM)

EM es una abreviación de Effective Microorganisms (Microorganismos Eficaces o Efectivos); es una combinación de varios microorganismos benéficos. La tecnología EM fue desarrollada por Teruo Higa, Ph. D., profesor de Horticultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón, a comienzos de los años 1960 el profesor Higa comenzó la búsqueda de una alternativa que reemplazara a los fertilizantes y pesticidas sintéticos, popularizados después de la segunda guerra mundial para la producción de alimentos en el mundo entero. Inicialmente los EM fueron utilizados como acondicionadores de suelos, hoy en día son usados no sólo para producir alimentos de calidad, libres de agroquímicos, sino también para el manejo de desechos sólidos y líquidos, generados por la producción agropecuaria, la industria de procesamiento de alimentos, fábricas de papel, mataderos y municipalidades entre otros. EM es usado en los cinco continentes, cubre más de 120 países (APROLAB, 2007).

2.2 Importancia de los EM

Existen microorganismos en el aire, en el suelo, en los alimentos que se consumen, en el agua que se bebe. Las condiciones actuales de contaminación y uso excesivo de sustancias químicas sintéticas han causado la proliferación de especies de microorganismos considerados degeneradores. Estos microorganismos son causantes de enfermedades en plantas y animales y generan malos olores y gases nocivos al descomponer los residuos orgánicos. Los activadores biológicos, como inoculante microbiano, restablecen el equilibrio microbiológico del suelo, mejoran sus condiciones físico-químicas, incrementan la producción de los cultivos y su protección; además, contribuyen a la conservación de los recursos naturales, generando una agricultura sostenible. Entre los efectos sobre el desarrollo de los cultivos se pueden encontrar (APROLAB, 2007):

En las plantas:

- Aumentan la velocidad y porcentaje de germinación de las semillas, por su efecto hormonal, similar al del ácido giberélico.
- Aumentan el vigor y crecimiento del tallo y raíces desde la germinación hasta la emergencia de las plántulas, por su efecto como rizo bacterias promotoras del crecimiento vegetal.
- Generan un mecanismo de supresión de insectos y enfermedades en las plantas, ya que pueden inducir la resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades.
- Consumen los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, evitando la propagación de organismos patógenos y desarrollo de enfermedades.

En los suelos:

Los efectos de los microorganismos en el suelo están enmarcados principalmente en el mejoramiento de las características físicas, biológicas y supresión de enfermedades. Así pues entre sus efectos se pueden mencionar:

- Efectos en las condiciones físicas del suelo: mejoran la estructura y agregación de las partículas del suelo, reducen su compactación, incrementan los espacios porosos y mejoran la infiltración del agua.
- Efectos en la microbiología del suelo: suprimen o controlan las poblaciones de microorganismos patógenos que se desarrollan en el suelo por competencia.
- Incrementan la biodiversidad microbiana, generando las condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos nativos prosperen.

El EM es un componente de la biodiversidad microbiana en los suelos, en las plantas y en el medio ambiente. Su uso se ha extendido especialmente hacia el manejo de desechos sólidos y líquidos, en la reducción de malos olores provenientes de lixiviados, lagunas de descontaminación, excremento de animales, así como en la aceleración del proceso de la descomposición de la materia orgánica (Carrera, 2005).

De acuerdo a Salgado (2010), los microorganismos representan cerca del 0.28% del volumen total del suelo y generan la mayor cantidad de interacciones entre él y la planta. La utilización de EM en la agricultura cumple con el objetivo de devolver el componente microbiológico al suelo, para activar y aprovechar las funciones que realizan los microorganismos que favorecen el desarrollo y establecimiento vigoroso de los cultivos. EM puede ser utilizado en la preparación del terreno, germinación y enraizamiento del material vegetal, la siembra y el manejo de cultivos. La utilización de EM en el mantenimiento de cultivos tienen como objetivo establecer los microorganismos en el área de la rizósfera favoreciendo:

- Solubilización de nutrientes.
- Producción de sustancias bioactivas.
- Competencia con patógenos del suelo.

Por otra parte, con su aplicación al follaje se logra (Salgado, 2010):

- Promover el desarrollo foliar de las plantas.
- Competir con patógenos de las hojas, generando un micro ambiente favorable para el desarrollo vigoroso de plantas.

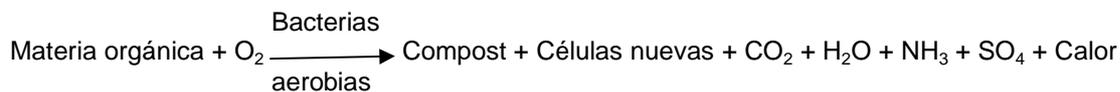
2.3 Importancia de las enmiendas orgánicas

Es de gran importancia la adición de enmiendas orgánicas al suelo (compost, residuos de cosechas), debido a que contribuye al crecimiento de las plantas a través de un efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Stevenson, 1994). La adición de materia orgánica a un suelo provoca un aumento en las poblaciones de microorganismos, los cuales llevan a cabo procesos bioquímicos importantes como la degradación de materia orgánica o la mineralización de nutrientes. Además, el aumento de las poblaciones de microorganismos causa una competencia natural con otros

microorganismos patógenos para los cultivos, impidiendo su desarrollo en el suelo (Marambe y Sangakkara, 1997). Las enmiendas orgánicas también mejoran las propiedades físicas de los suelos, ya que mejoran la aireación, la retención de humedad y promueven una mejor estructura del suelo (Carrera, 2005).

2.4. Importancia de los microorganismos en el proceso de compostaje

El proceso de compostaje consiste en la degradación de la materia orgánica mediante su oxidación y la acción de diversos microorganismos presentes en los propios residuos: (Amigos de la Tierra, 2010).



De la oxidación de esta materia orgánica mediante distintas bacterias se obtiene aparte de compost, células nuevas, CO₂, H₂O, NH₃, SO₄ y calor. Durante la degradación hay un consumo de materia orgánica, fundamentalmente glúcidos, desprendiéndose CO₂ y calor, por lo que la temperatura de la masa se eleva. Paralelamente los microorganismos sintetizan productos orgánicos más complejos, produciéndose al final, entre otros, materiales húmicos esencialmente estables y de difícil o muy lenta descomposición. El proceso de descomposición de la materia orgánica dura aproximadamente entre cinco y seis meses, y en dicho periodo se distinguen las siguientes fases (Amigos de la Tierra, 2010):

Fase de descomposición: Se divide en dos, fase de latencia y crecimiento y fase termófila.

- **Fase de latencia y crecimiento:** Es el tiempo que necesitan los microorganismos para aclimatarse a su nuevo medio y comenzar a multiplicarse. Esta fase suele durar de dos a cuatro días y al final de ella la temperatura alcanza más de 50 °C. El valor de pH se encuentra en torno a 6, debido a la reacción ácida de los jugos celulares y a la actividad bacteriana (incrementada

por el aumento de la temperatura) con formación de ácidos que provocan la disminución del pH hasta aproximadamente 5.5. En esta fase, bacterias y hongos mesófilos, disponen de todas las sustancias directamente asimilables contenidas en estado natural en el medio orgánico. Estos microorganismos liberan ácidos a partir de la materia orgánica. Las bacterias son las que predominan en esta etapa. Son las responsables de la mayoría de los procesos de descomposición, ya que poseen un amplio rango de enzimas que degradan una gran variedad de materiales orgánicos, así como de la producción de energía calorífica en el compost. La mayoría de las bacterias mesofílicas son las que normalmente se encuentran en el suelo vegetal (Amigos de la Tierra, 2010).

- **Fase termófila:** Dependiendo del producto de partida y de las condiciones ambientales, este proceso suele durar entre una semana, en los sistemas acelerados, y de uno a dos meses en los de fermentación lenta. El aumento de la temperatura, como consecuencia de la intensa actividad, provoca la proliferación de las primeras especies termófilas presentes en los residuos en estado latente. Especies de bacterias y de hongos termófilos entran en actividad hasta temperaturas de 65 °C, en ese momento aumenta la actividad enzimática, la hidrólisis, transformación de las grasas y el ataque superficial de la celulosa y lignina formando sustancias orgánicas simples. Durante esta fase de altas temperaturas se superan los 70 °C durante dos o tres semanas, lo cual elimina gérmenes patógenos, larvas y semillas. Sólo sobreviven las bacterias termófilas, se debilita la actividad biológica y se produce la pasteurización y estabilización del medio. Esta es la fase que más se debe vigilar para asegurar una buena pasteurización y evitar una excesiva mineralización si se prolonga demasiado (Amigos de la Tierra, 2010).

En cuanto a las bacterias responsables ahora de la degradación, tanto de proteínas como de lípidos y grasas, se han conseguido aislar miembros del género *Bacillus* (temperatura óptima 50-55 °C) y del género *Thermus* cuando se alcanzan las temperaturas más altas del compost. Los hongos, que incluyen mohos y levaduras, son

los responsables de la degradación de desechos resistentes, permitiendo a las bacterias continuar el proceso de descomposición una vez que la mayoría de la celulosa ha sido degradada. En lo referente a los actinomicetes hay que destacar su papel, ya que degradan compuestos orgánicos complejos (celulosa, lignina, quitina y proteínas). Sus enzimas les permiten descomponer químicamente desechos duros como cortezas, tallos, troncos, raíces, papeles, etc. (Amigos de la Tierra, 2010).

Por encima de los 70 °C cesa prácticamente la actividad microbiana. Cuando la temperatura vuelve a bajar reaparecen las formas activas (formas no esporuladas), y presentan entonces también mucha actividad los protozoos, que actúan como consumidores secundarios ingiriendo bacterias y hongos, los nematodos, los miriápodos, etc. El medio se alcaliniza como consecuencia de la formación de amonio. Los valores máximos que se alcanzan se encuentran en torno a 8.5 (Amigos de la Tierra, 2010).

Fase de maduración: Es un período de fermentación lenta. Puede llegar a durar tres meses. Los microorganismos termófilos disminuyen su actividad y aparecen otros, como hongos que continúan el proceso de descomposición: los basidiomicetes van degradando la lignina, los actinomicetes descomponen la celulosa, etc. En esta fase, a partir de componentes orgánicos, se sintetizan coloides húmicos, hormonas, vitaminas, antibióticos y otros compuestos que favorecerán el desarrollo vegetal. Se agota la materia orgánica susceptible de aportar carbono, disminuye la actividad biológica y presencia de bacterias termófilas, dando lugar a un descenso progresivo de las temperaturas. El pH disminuye tendiendo a la neutralidad en esta fase (Amigos de la Tierra, 2010).

2.5 Factores que influyen en el proceso del compostaje

Factores relativos al proceso de compostaje

Teniendo en cuenta que en el proceso de compostaje los responsables o agentes de la transformación son los seres vivos, todos aquellos factores que puedan limitar su vida y desarrollo limitarán también al propio proceso. Los factores que intervienen son complejos, pero se pueden señalar como más importantes la temperatura, el pH, la humedad, la aireación y la relación C/N o balance de nutrientes (Amigos de la Tierra, 2010).

Temperatura: Para todos los organismos vivientes existe un rango de temperatura dentro del cual pueden realizar sus procesos metabólicos de forma óptima. Los microorganismos que participan en el compostaje no son la excepción. Si la temperatura se eleva mucho por encima de este rango, se produce la destrucción de las proteínas celulares, lo cual resulta en la muerte de los microorganismos. Si la temperatura del medio se encuentra por debajo del rango óptimo para el funcionamiento de un determinado organismo, entonces su metabolismo no funciona de manera ideal. Al igual que cuando no se encuentra un tipo de alimento disponible, bajo estas circunstancias algunos tipos de microorganismos pueden dejar de reproducirse y, ya sea morir, o bien pasar a una forma de latencia. Una parte de la energía liberada durante la descomposición de los materiales orgánicos se convierte en calor, aumentando la temperatura de la pila. La temperatura de una pila de compostaje debe manejarse de tal forma que se vean favorecidos los organismos termófilos, con un rango de temperatura óptimo de entre 55 y 70 °C. Por un lado, el aumento de la temperatura conduce a un aumento en la velocidad de degradación; por otro, puede producir grandes pérdidas de agua por evaporación, así como pérdidas de nitrógeno. En algunos casos incluso puede inhibir el proceso de compostaje (Weil, 1996).

Al iniciar el calentamiento los microorganismos utilizan como sustrato los compuestos más fácilmente degradables (azúcares, almidones, grasas). Al alcanzar temperaturas

de alrededor de 55-60 °C, la degradación es realizada por actinomicetos y por bacterias. La pila alcanza estabilidad y debido a que los materiales más fácilmente degradables ya han sido degradados, no existe peligro de pudrición. Para garantizar la destrucción de agentes patógenos y de semillas de malezas, la pila deberá mantenerse a temperaturas de por lo menos 55 °C durante unos tres días. Si la temperatura alcanzada es mayor, el tiempo en que debe mantenerse puede reducirse. Después del período de calentamiento la pila se enfría. Durante este período la pila es colonizada por hongos que degradan hemicelulosas, celulosa y lignina. Los azúcares generados en esta etapa son utilizados por otros organismos. Esta etapa se caracteriza por una escasez de nutrientes, por lo que la competencia entre los organismos es feroz. En este momento la pila puede ser colonizada por animales más grandes, por ejemplo, gusanos (Weil, 1996).

pH: El pH afecta a todos los tipos y cantidades de microorganismos presentes en la masa sometida a compostaje. En general los hongos toleran un amplio rango de margen de pH (de 5 a 8) al contrario que las bacterias, que tienen un margen menor (de 6 a 7.5). Las limitaciones son debidas al hecho de que en determinado pH precipitan nutrientes esenciales para los microorganismos. Para regular el pH de los materiales de partida se pueden mezclar diferentes residuos. La variación de pH a lo largo del proceso de compostaje es importante. En la primera fase, la mesofílica, el pH puede disminuir por la formación de ácidos libres (la disminución sería mucho mayor en el caso de las fermentaciones anaeróbicas), pero después va aumentando. Subidas fuertes de pH pueden facilitar la pérdida de nitrógeno en forma amoniacal. El pH óptimo sería neutro, entre 7 y 8 (Amigos de la Tierra, 2010).

En la figura 1 se muestra la tendencia del pH y la temperatura durante el período de compostaje.

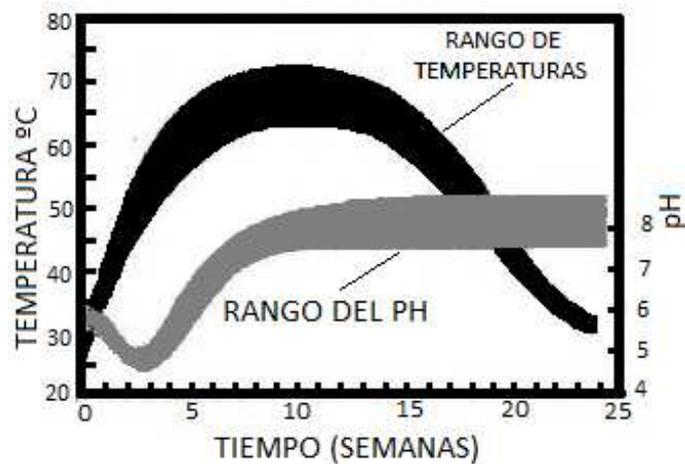


Figura 1. Tendencia de la temperatura y el pH durante el proceso de compostaje. (Tchobanoglous G. Theisen, H. Vigil, S., 1995)

Contenido de humedad: Para prácticamente todas las formas de vida que se conocen, el agua es esencial. Una pila de compostaje debe tener un contenido de humedad adecuado que permita el normal desarrollo de los microorganismos que la colonizan. Muchos de los materiales aptos para ser compostados no tienen niveles adecuados de humedad, por lo que en muchos casos debe adicionarse agua a la pila de compostaje. En una pila con niveles deficientes de humedad, el proceso de compostaje es demasiado lento. Un exceso de humedad, además de producir grandes cantidades de lixiviado (recordar que otro de los productos de la degradación del material orgánico es también agua) causando un problema ambiental, puede provocar condiciones anaeróbicas en la pila al desalojar el aire del espacio disponible entre las partículas y ocupar su lugar. Esto daría lugar a la fermentación (pudrición) de la pila con los consiguientes malos olores y la aparición de insectos y de otros animales no deseados (moscas, aves de carroña, etc.) (Weil, 1996).

El flujo de aire: El proceso de compostaje es un proceso aeróbico. Si bien es cierto, bajo condiciones anaeróbicas también se produce descomposición de los desechos orgánicos, por un lado ésta es mucho más lenta y por otro, se generan malos olores. Un tamaño de partícula y un porcentaje de humedad adecuados garantizan la existencia de suficientes espacios entre las partículas, de tal forma que pueda ingresar aire a la pila

cumpliendo dos funciones, proporcionar oxígeno fresco hacia el interior de la pila y transportar el dióxido de carbono producido por la descomposición hacia el exterior de la pila. Ocasionalmente es conveniente mezclar el material de la pila (volteo) para garantizar un flujo de aire adecuado hacia el interior. Debe tomarse en cuenta que el volteo muy frecuente de la pila puede resultar negativo debido a que se produce un enfriamiento. Independientemente de la forma en que se introduzca el aire a la pila (por corrientes naturales o utilizando ventiladores), debe tenerse el cuidado de no hacerlo excesivamente, ya que esto la enfriaría y además aumentaría la tasa de evaporación de agua, la consecuencia es un compostaje más lento (Weil, 1996).

Relación C/N: Los materiales introducidos en la compostera tienen que presentar nutrientes, pero más importante que las cantidades es la proporción existente entre los dos macronutrientes principales, carbono y nitrógeno, lo que se conoce como relación C/N. Este aspecto es muy importante para que funcione el compostaje y para que se aprovechen y se retengan al máximo los nutrientes. La cantidad de carbono necesaria es considerablemente superior a la de nitrógeno, ya que los microorganismos la utilizan como fuente de energía (se pierde en forma de CO_2) y porque está en el material celular en una cantidad muy superior a la del nitrógeno (necesario para la síntesis de proteínas). Las formas de carbono más fácilmente atacables por los microorganismos son los azúcares y las grasas. El nitrógeno utilizado se encuentra casi en su totalidad en forma orgánica (Amigos de la Tierra, 2010).

Conviene limitar las pérdidas de nitrógeno. Se pierde este elemento cuando las sustancias que contienen carbono son resistentes al ataque microbiano, o cuando las sustancias con nitrógeno se descomponen con demasiada rapidez. Si el proceso se realiza de forma adecuada el amoníaco desprendido es captado, transformado e incorporado a los microorganismos. Las pérdidas máximas se producen cuando la fermentación es más activa (30-35 °C). No debe perderse más del 20% del nitrógeno total. La humedad del medio ayuda a la conservación del nitrógeno, se diluye el amoníaco y se evita su pérdida en forma de gas. Se dice que una relación C/N entre 25/1 y 35/1 es la adecuada. Si la fermentación durante el compostaje es correcta, la

relación C/N disminuirá a lo largo del proceso. Si el exceso de carbono es muy grande, la actividad biológica disminuye y se alarga la fermentación. Hay que indicar que si la relación C/N es alta durante el compostaje se retrasa la descomposición, mientras que en el caso de la aplicación al suelo el problema sería más grave, ya que provocaría el “hambre de nitrógeno”. Si un residuo tiene una relación C/N adecuada, pero contiene muchas ligninas o celulosas, su velocidad de descomposición será también muy lenta (Amigos de la Tierra, 2010).

Si la relación C/N es muy baja se produce un fenómeno de autorregulación en el cual se pierde el exceso de nitrógeno como amoníaco. Es un fenómeno que no afecta negativamente al compostaje en sí mismo, pero como consecuencia se pierden nutrientes. La mezcla de distintos residuos con distinta relación C/N puede solucionar este problema. Si se consigue un producto final con bajo contenido en materia orgánica, una solución puede ser añadir material con ligninas. Valores altos pueden corregirse retirando celulosa o bien añadiendo materiales con alto contenido en nitrógeno (Amigos de la Tierra, 2010).

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Antes de la utilización de los fertilizantes químicos en sus diferentes formas de uso, la única manera de abastecer nutrimentos a las plantas y reponer aquellos extraídos del suelo por los cultivos, era mediante la utilización de abonos orgánicos. El uso de fertilizantes químicos, favoreció los incrementos en el rendimiento de las cosechas. Este cambio del uso de abonos orgánicos por abonos químicos en la fertilización de cultivos, actualmente está propiciando que el suelo sufra de un agotamiento acelerado de materia orgánica y de un desbalance nutrimental, y que al transcurrir el tiempo pierda su fertilidad y capacidad productiva. Además, el uso inadecuado de fertilizantes químicos o su uso excesivo, sin tomar en cuenta la falta de otros insumos que limitan la productividad de los cultivos, conduce al surgimiento de problemas del medio ecológico y al deterioro de otros recursos naturales (Trinidad, 2007).

La mayoría de los agricultores y empresas agropecuarias no obtienen el máximo provecho de los restos vegetales y animales que quedan como subproductos del proceso de producción. Al concluir las cosechas quedan hojas, tallos, raíces y frutos en el campo, los cuales generalmente se acumulan a la orilla de los terrenos hasta que se descomponen, provocando malos olores, focos de contaminación, fuente de alimentación de hongos, bacterias y otros patógenos. Además, prácticas como la quema de rastrojos producen impactos negativos duraderos y algunas veces irreversibles, como la destrucción de la materia orgánica y la microestructura del suelo, la erosión y la pérdida de fertilidad en la mayor parte de los suelos.

Los abonos orgánicos por las propias características en su composición son formadores de humus y enriquecen al suelo con este componente, modificando algunas de sus propiedades y características, como su reacción (pH), cargas variables, capacidad de intercambio iónico, quelatación de elementos, disponibilidad de fósforo, calcio, magnesio, potasio y desde luego la población microbiana, haciéndolo más propio para el buen desarrollo y rendimiento de los cultivos.

Esta investigación se hizo con el propósito de generar información que ayude a los agricultores y empresas agropecuarias en general a diseñar alternativas para el manejo y utilización de restos vegetales para la elaboración de abonos orgánicos, actividad que les permita posteriormente minimizar los costos por la compra de fertilizantes y además depender menos de ellos.

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de activadores biológicos sobre la descomposición de desechos orgánicos (vegetales y animales) y su influencia sobre la calidad del abono producido.

4.2 Objetivos específicos

- Determinar el tiempo de elaboración de abonos orgánicos a partir de desechos vegetales y animales, tratados con activadores biológicos.
- Determinar las características físicas y químicas de abonos orgánicos provenientes de la descomposición de desechos vegetales y animales, complementados con la utilización de activadores biológicos.
- Determinar el costo de producción de abonos orgánicos a partir de desechos vegetales y animales y el uso de activadores biológicos.

V. HIPÓTESIS

- Por lo menos en uno de los tratamientos se reduce el tiempo de elaboración de abono orgánico.
- Al menos uno de los abonos orgánicos presenta características físicas y químicas significativamente superiores.
- Por lo menos uno de los tratamientos constituye una opción económica atractiva.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Localización del experimento

El estudio se realizó en la localidad Los Planes, San Pedro Sacatepéquez, Guatemala. Las coordenadas geográficas son: Latitud: 14° 40' 0.61" N y Longitud de 90° 39' 51.36" Oeste y una altitud 2195 msnm, con una temperatura promedio de 20 °C. (Google Earth, 2010). Se encuentra a 38.8 km lote 200 de la ciudad capital, dirigiéndose por la ruta Interamericana entrando por San Lucas Sacatepéquez, con dirección hacia Santiago Sacatepéquez y de allí tomar la ruta hacia San Pedro Sacatepéquez.

6.2 Material Experimental

Restos vegetales: rábano, apio, zanahoria, cilantro, acelga, chile pimiento, espinaca, repollo, tomate. Se aprovecharon las hojas, tallos, raíces, frutos y estos restos picados en trozos de 3 a 6 cm.

Gallinaza: procedente de granjas de pollos de engorde ubicadas en San Pedro Sacatepéquez.

Estiércol de bovino: Se obtuvo de una explotación de ganado de doble propósito, establecida en San Pedro Sacatepéquez.

Activadores biológicos: Bacto Agar (Producto de AGROFIL S.A.), Bactercompost (Producto de AJAU ULEU) y Micro Soil (Producto de Agrícola Genética, S.A. de C.V.) ver fichas técnicas en Anexos 1, 2 y 3.

6.3 Factor estudiado:

Activadores Biológicos: Bacto Agar, Bactercompost y Micro Soil

6.4 Descripción de los tratamientos

Se evaluaron cuatro tratamientos, los cuales se describen en el Cuadro 1

Cuadro 1. Tratamientos evaluados para la fabricación de abonos orgánicos.

Tratamiento	Componentes	Dosis
1	Residuos vegetales (50%) + estiércoles (50%)	
2	Residuos vegetales (50%) + estiércoles (50%) + Bactercompost	80 cc / 16L
3	Residuos vegetales (50%) + estiércoles (50%) + Bacto Agar	500 cc / 16 L
4	Residuos vegetales (50%) + estiércoles (50%) + Micro Soil	80 cc / 16 L

6.5 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de Bloques completos al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones.

6.6 Modelo estadístico

El modelo estadístico utilizado en la investigación fue el siguiente:

$$Y_{ij} = u + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta en el i-ésimo tratamiento y la j-ésima repetición.

u = Media general de la variable en el experimento

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento (activador biológico)

B_j = Efecto de la j-ésima repetición ($B_j = 1, 2, 3$ y 4)

E_{ij} = Error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental

6.7 Unidad experimental

La unidad experimental estuvo constituida por una pila de compostaje con un volumen de 1.20 metros cúbicos (largo 1.0 m, ancho 1.0 m y altura de 1.20 m).

6.8 Croquis

La distribución de los tratamientos se muestra en la figura 2.

Rep I	T1	T2	T3	T4
Rep II	T2	T4	T1	T3
Rep III	T3	T1	T4	T2
Rep IV	T4	T3	T2	T1

Figura 2. Distribución de los tratamientos durante la evaluación.

6.9 Manejo del experimento

6.9.1 Obtención de insumos necesarios para la investigación

Recolección de restos vegetales: en los campos de producción agrícola que se encuentran cercanos al área donde se condujo la investigación, se recolectaron los residuos de los cultivos recién cosechados (rábano, apio, zanahoria, cilantro, acelga, chile pimiento, espinaca, repollo, tomate), los mismos se picaron y mezclaron para obtener un producto homogéneo.

Recolección de estiércoles: la gallinaza y estiércol bovino se adquirió en explotaciones pecuarias establecidas en el municipio de San Pedro Sacatepéquez.

6.9.2 Aboneras usadas

Las aboneras se construyeron de un volumen de 1.20 metros cúbicos. Para ello se fabricaron estructuras rústicas de madera de 1.0 m de largo, 1.0 m de ancho y 1.2 m de altura. En las mismas se dispusieron los materiales (insumos) de la manera siguiente: 0.20 m de residuos vegetales, 0.10 m de gallinaza y 0.10 m de estiércol de bovino; ésta secuencia de capas se repitió tres veces hasta alcanzar la altura de 1.20 m. Luego de la disposición de cada una de las capas mencionadas se procedió a aplicar un riego uniforme y a asperjar los activadores biológicos, para ello se utilizó una bomba de mochila.

Para el tratamiento testigo, lo único que no se aplicó fueron los activadores biológicos, sino solo la capa de restos vegetales, gallinaza y estiércol de bovino y el riego después de cada capa.

El manejo de cada compostera incluyó los riegos para mantener la humedad necesaria, y volteos periódicos con una frecuencia de cuatro días.

Las temperaturas de las pilas de compostaje se midieron diariamente a las 9:00 horas. A partir de los 45 días de iniciado el proceso de compostaje se hicieron muestreos diarios para observar el grado de descomposición de los residuos orgánicos.

6.10 Variables de respuesta

Período de descomposición: Como períodos de descomposición se consideraron los días transcurridos desde el inicio de la fabricación de la compostera, hasta que el

material presentó un aspecto parecido a tierra, además que la temperatura en el interior estuviera entre 24 a 20 °C, que no tuviera olor fuerte y que presentara un color oscuro.

Características físicas y químicas del abono producido: De cada uno de los tratamientos se tomó una muestra de aproximadamente 0.5 kilogramos de peso y se envió al laboratorio de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, para que se realizara el análisis de contenido mineral, pH, conductividad eléctrica, porcentaje de materia orgánica y densidad aparente.

Costo de producción de cada abono orgánico: se llevaron registros económicos sobre los costos en que se incurrió en cada uno de los tratamientos. Estos básicamente variaron de acuerdo al activador biológico que se utilizó.

Temperatura: Se tomaron las temperaturas diariamente para observar el comportamiento de la compostera, para ello se realizó la medición en tres partes diferentes de la compostera uno en la parte de abajo, en medio y la parte de arriba. Finalmente se realizaron curvas sobre el comportamiento de las mismas.

6.11 Análisis de la información

6.11.1 Análisis estadístico

Las distintas variables de respuesta fueron sometidas a un análisis de varianza. Cuando se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados se procedió a realizar una Prueba de Medias, utilizando Duncan (5%). También se realizaron análisis gráficos y descriptivos.

6.11.2 Análisis económico

Para cada tratamiento evaluado se procedió a determinar el costo de producción respectivo. Para contar con la información necesaria, durante el experimento se condujeron registros económicos.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Período de descomposición

Se midió el tiempo transcurrido desde el inicio del proceso hasta que se obtuvo un producto inodoro y con un aspecto parecido a tierra. En los tratamientos que incluyeron aplicación de activadores biológicos el tiempo fue similar, de cincuenta días; mientras que en el testigo fue de sesenta y cinco días (cuadro 2), por lo que se infiere que los microorganismos presentes en los productos aplicados, aceleraron el proceso de descomposición de los restos orgánicos.

Cuadro 2. Tiempo de descomposición de la materia orgánica.

Tratamiento	Días de descomposición
Residuos vegetales + estiércoles (Testigo)	65 días
Residuos vegetales + estiércoles + Bactercompost	50 días
Residuos vegetales + estiércoles + Bacto Agar	50 días
Residuos vegetales + estiércoles + Micro Soil	50 días

7.2 Características físicas y químicas de los abonos producidos

Luego de haber concluido el proceso de descomposición de los restos vegetales y animales, se procedió al análisis del suelo de cada una de las aboneras (unidades experimentales).

Los resultados del análisis se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Características físicas y químicas de cuatro tipos de abonos orgánicos
 Producidos a partir de restos vegetales y animales. San Pedro
 Sacatepéquez, Guatemala 2011.

Parámetro	Tratamientos			
	1	2	3	4
pH	8.38	8.75	8.38	8.18
Materia Orgánica (%)	23.67	19.46	22.50	19.16
Densidad Aparente (g/cm ³)	0.62	0.68	0.59	0.60
Conductividad Eléctrica (mS/cm)	19.55	14.42	18.91	16.76
Fósforo (ppm)	955	958	1082	982
Potasio (ppm)	2600	2250	2550	2450
Calcio (meq/100 g)	19.50	20.36	20.28	19.97
Magnesio (meq/100 g)	13.96	14.18	16.16	14.67
Hierro (ppm)	3.38	2.62	1.90	0.92
Zinc (ppm)	2.38	2.25	5.50	11.25
Manganeso (ppm)	15.38	16.25	39.50	70.12
Cobre (ppm)	0.75	0.50	1.50	1.38

Los resultados anteriores fueron evaluados por medio de análisis de varianza, un resumen de los mismos se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Resumen de los análisis de varianza (DBCA) ($Pr > F$) para parámetros físicos y químicos, en muestras de abonos orgánicos producidos a partir de restos vegetales y animales. San Pedro Sacatepéquez, Guatemala, 2011.

Parámetro	Fuente de variación		C.V. (%)
	Tratamientos		
pH	0.0024	**	1.7
Materia orgánica (M.O.)	0.0555	N.S.	11.0
Densidad aparente (Da)	0.0046	**	4.3
Conductividad Eléctrica (C.E.)	0.0006	**	6.6
Fósforo (P)	0.1123	N.S.	7.4
Potasio (K)	0.2590	N.S.	10.0
Calcio (Ca)	0.7587	N.S.	6.2
Magnesio (Mg)	0.0048	**	4.5
Hierro (Fe)	0.0247	*	42.0
Zinc (Zn)	0.0009	**	41.6
Manganeso (Mn)	0.0001	**	27.4
Cobre (Cu)	0.0012	**	25.8

** = Altamente Significativo

* = Significativo

N.S. = No Significativo

De acuerdo a los resultados anteriores, para la fuente de variación tratamientos se observó diferencia estadística significativa para Fe y diferencia estadística altamente significativa para los parámetros pH, Da, C.E., Mg, Zn, Mn y Cu. Para los macronutrientes P, K y Ca no se observaron diferencias estadísticas significativas, igual situación ocurrió con el contenido de M.O., esto se atribuye a la similitud de los sustratos utilizados para la fabricación de los abonos orgánicos. A excepción de los parámetros Fe, Zn, Mn y Cu los coeficientes de variación se consideran adecuados para esta evaluación. Es oportuno mencionar que los análisis de los abonos orgánicos no fueron realizados directamente por el autor de la presente investigación, sino que provienen del Laboratorio de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Para aquellos parámetros en que se determinaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados, se procedió a realizar pruebas de medias Duncan, con el objetivo de identificar el o los mejores tratamientos. Los resultados de las pruebas se muestran en el cuadro 5.

Cuadro 5. Prueba de medias Duncan ($p < 0.05$) para las variables: pH, Da, C.E., Mg, Fe, Zn, Mn y Cu, en abonos orgánicos producidos a partir de restos vegetales y animales.

Parámetro	Tratamiento	Medias	Grupo estadístico
pH	T2 (Bactercompost)	8.75	A
	T1 (Testigo)	8.38	B
	T3 (Bacto Agar)	8.38	B
	T4 (Micro Soil)	8.18	B
Densidad aparente	T2 (Bactercompost)	0.68	A
	T1 (Testigo)	0.62	B
	T4 (Micro Soil)	0.60	B
	T3 (Bacto Agar)	0.59	B
Conductividad Eléctrica	T1 (Testigo)	19.55	A
	T3 (Bacto Agar)	18.91	A
	T4 (Micro Soil)	16.76	B
	T2 (Bactercompost)	14.43	C
Magnesio (ppm)	T3 (Bacto Agar)	16.17	A
	T4 (Micro Soil)	14.67	B
	T2 (Bactercompost)	14.19	B
	T1 (Testigo)	13.96	B
Hierro (ppm)	T1 (Testigo)	3.38	A
	T2 (Bactercompost)	2.63	A
	T3 (Bacto Agar)	1.90	B
	T4 (Micro Soil)	0.93	C
Zinc (ppm)	T4 (Micro Soil)	11.25	A
	T3 (Bacto Agar)	5.50	B
	T1 (Testigo)	2.38	B
	T2 (Bactercompost)	2.25	B
Manganeso (ppm)	T4 (Micro Soil)	70.13	A
	T3 (Bacto Agar)	39.50	B
	T2 (Bactercompost)	16.25	C
	T1 (Testigo)	15.38	C
Cobre (ppm)	T3 (Bacto Agar)	1.50	A
	T4 (Micro Soil)	1.38	A
	T1 (Testigo)	0.75	B
	T2 (Bactercompost)	0.50	B

Con base en los resultados anteriores se tiene lo siguiente: Para pH se formaron dos grupos estadísticos, en el primero de ellos se ubicó el tratamiento que incluyó la aplicación de Bactercompost (tratamiento 2), probablemente esto se deba a que la gallinaza haya sido tratado con cal antes de adquirir el producto; además, desde el punto de vista práctico dichos valores se consideran altos para un abono orgánico, debido a que el rango normal se encuentra entre (6.5 – 7.5).

En el caso de la Densidad aparente se formaron dos grupos estadísticos, en el primero de ellos se ubico el tratamiento que incluyó Bactercompost (tratamiento 2). De manera general se considera que las densidades cuantificadas en los diferentes tratamientos se encuentran dentro de los valores normales (0.6 – 0.8) para un abono orgánico.

Con relación a la conductividad eléctrica, ésta fue menor en el tratamiento que incluyó la aplicación de Bactercompost, intermedia para el tratamiento que incluyó el tratamiento Micro Soil (tratamiento 4), y fue mayor en el tratamiento testigo (tratamiento 1) y en el que incluyó la aplicación de Bacto Agar (tratamiento 3). Sin embargo, los valores reportados se consideran que están dentro del rango aceptable (10-20) para los abonos orgánicos

El mayor contenido de magnesio lo tuvo el abono producto del tratamiento que incluyó la aplicación de Bacto Agar (tratamiento 3), esto se atribuye a la composición elemental del activador biológico, este valor se encuentra en un rango normal (15 – 25).

En el caso del Fe los valores mayores correspondieron a los abonos provenientes de los tratamientos testigo y el que incluyó la aplicación de Bactercompost (tratamiento 1 y 2). En términos generales, los cuatro tratamientos mostraron niveles de Fe normales (1-10) para un abono orgánico.

Con relación a Zn el valor mayor correspondió al abono orgánico proveniente del tratamiento Micro Soil (tratamiento 4). Este valor se considera alto para un abono orgánico porque el rango normal se encuentra (4-6). Una situación similar se explica para los resultados correspondientes al micronutriente manganeso donde los tratamientos Micro Soil (tratamiento 4) y Bacto Agar (tratamiento 3) mostraron niveles altos, debido a que el rango normal está (10-15) para un abono orgánico.

Para el caso de Cu los valores mayores correspondieron a los abonos orgánicos provenientes de los tratamientos testigo y el que incluyó la aplicación de Bacto Agar (tratamiento 1 y 3). En términos prácticos se considera que todos los tratamientos presentan contenidos dentro del rango normal (1 - 3) para abonos orgánicos.

7.3 Temperatura

Durante el periodo de compostaje se observó que la temperatura durante la mañana era mayor que al medio día, por lo que se infiere que la actividad de los microorganismos fue mayor al inicio del día y conforme este avanzaba este disminuía. Lo cual concuerda con la investigación realizada por Elena R. y Doris Z. (2008)., debido a que los microorganismos trabajan mejor a una temperatura de 27.5 °C y una humedad del 18%.

A continuación se presentan las gráficas de las temperaturas tomadas durante el proceso de descomposición en las composteras. Para cada tratamiento se anotó el promedio de sus cuatro repeticiones.

7.3.1 Temperatura promedio en las aboneras del tratamiento sin uso de activadores biológicos

Se determinaron las temperaturas a tres diferentes profundidades: a). 30 cm, b). 60 cm y c). 90 cm. El promedio de las mismas se muestra en la figura 3.

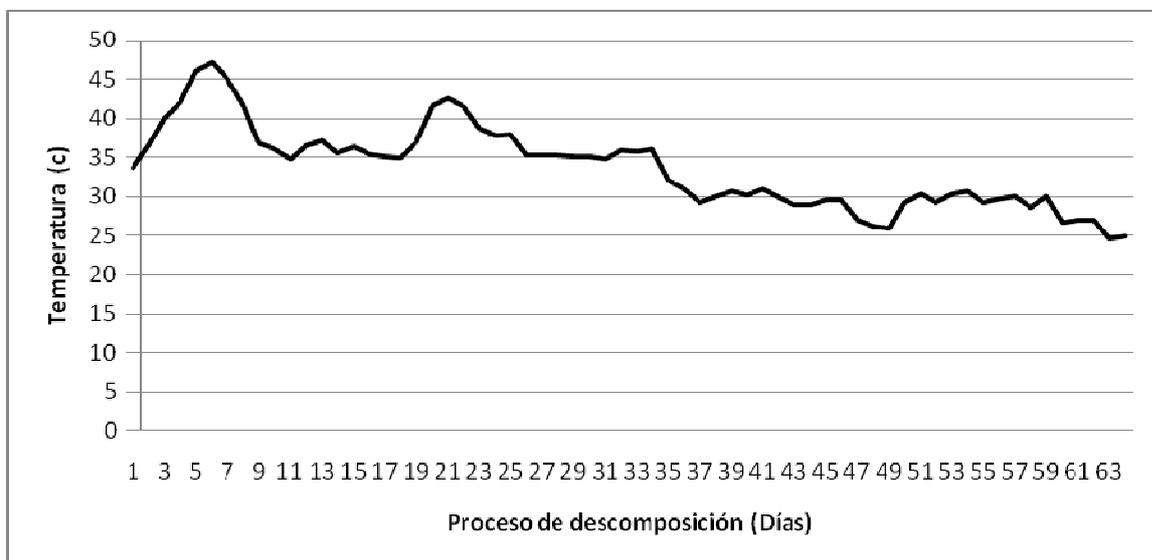


Figura 3. Comportamiento de la temperatura, en las aboneras del tratamiento testigo.

Los resultados indican que en el día siete de iniciado el proceso de descomposición se tuvo la temperatura máxima (48 °C), luego se inicia un proceso de descenso de la temperatura, en el día 22 se da otro ascenso, alcanzando valores de 43 °C. A partir de este momento se inicia un descenso progresivo de las temperaturas hasta alcanzar valores cercanos a los 25°C. Del comportamiento anterior se infiere que la mayor actividad de descomposición de los sustratos se dio durante los primeros 45 días.

7.3.2 Temperatura promedio en las aboneras con aplicación de Bactercompost

Se determinaron las temperaturas a tres diferentes profundidades: a). 30 cm, b). 60 cm y c). 90 cm. El promedio de las mismas se muestra en la figura 4.

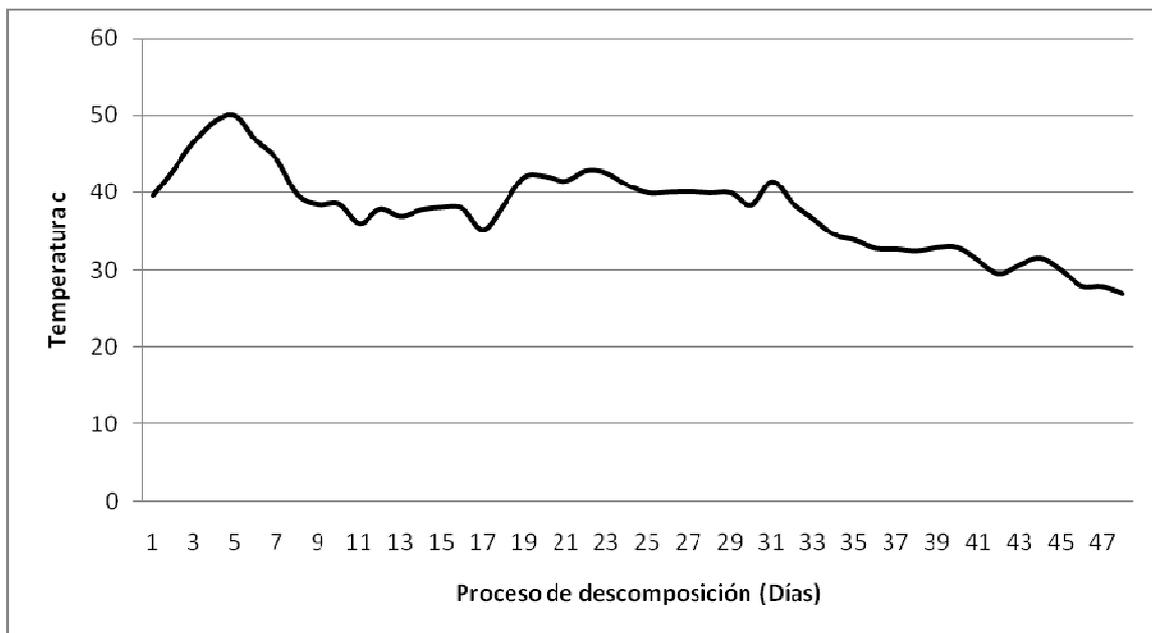


Figura 4. Comportamiento de la temperatura en las aboneras del tratamiento Bactercompost.

Durante los primeros siete días de iniciado el proceso de descomposición, el incremento de la temperatura fue evidente, luego mantuvo un rango entre los 35 °C y 39 °C, hasta que el día diecisiete nuevamente tuvo un leve incremento en la temperatura al cual cinco días después empezó un descenso gradual hasta llegar al día cuarenta y seis a una temperatura de 29 °C.

7.3.3 Temperatura promedio en las aboneras con aplicación de Bacto Agar

Se determinaron las temperaturas a tres diferentes profundidades: a). 30 cm, b). 60 cm y c). 90 cm. El promedio de las mismas se muestra en la figura 5.

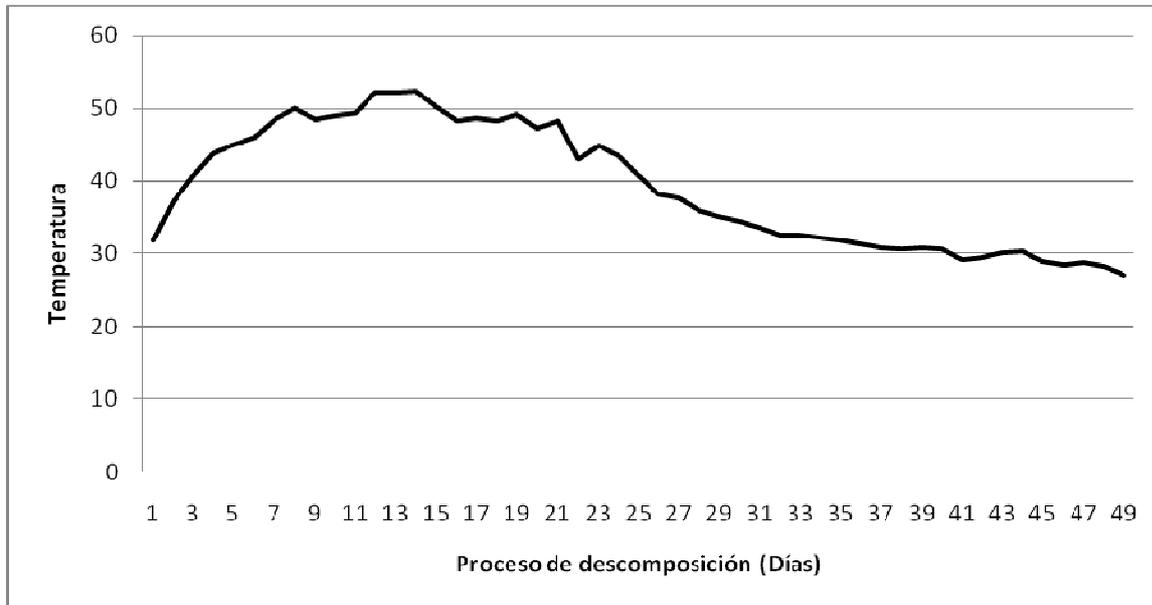


Figura 5. Comportamiento de la temperatura en las aboneras del tratamiento Bacto Agar.

El resultado obtenido indica que desde el primer día de descomposición la temperatura tuvo un incremento gradual hasta el día quince llegando a los 52 °C, después de ello comenzó con un descenso leve de la temperatura hasta los cuarenta y cinco días, donde la temperatura se mantuvo en un rango de 28 °C a 25 °C, el resto de los días.

7.3.4 Temperatura en el tratamiento con aplicación de Micro Soil

Se determinaron las temperaturas a tres diferentes profundidades: a). 30 cm, b). 60 cm y c). 90 cm. El promedio de las mismas se muestra en la figura 6.

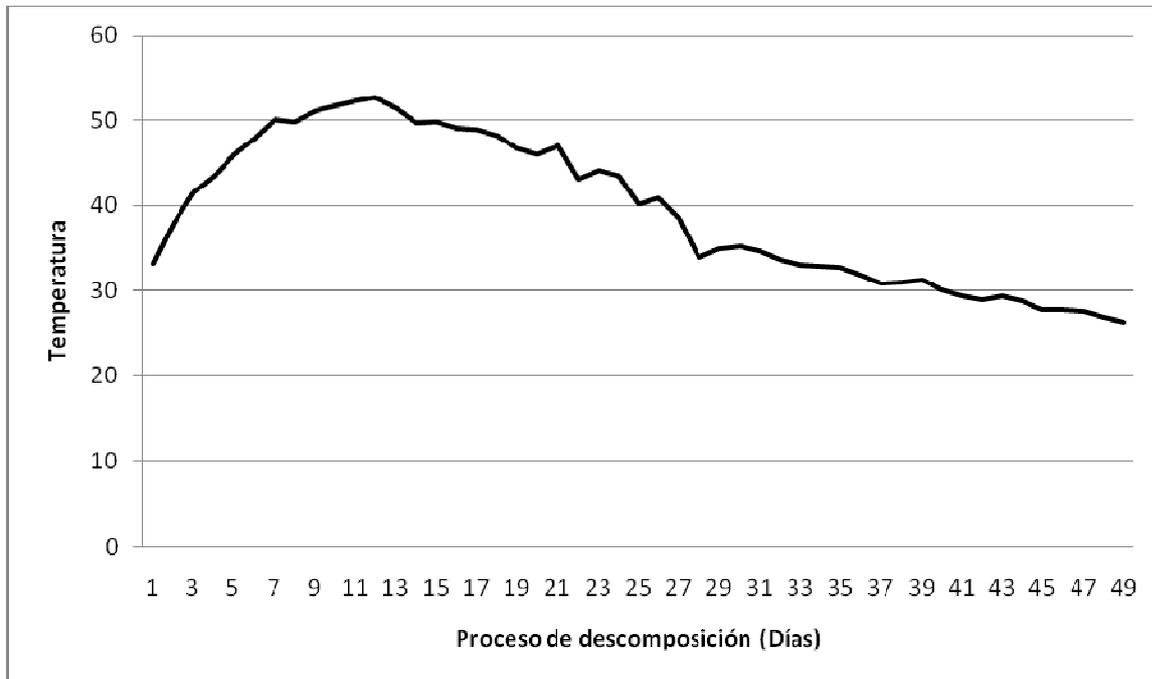


Figura 6. Comportamiento de la temperatura en las aboneras del tratamiento Micro Soil.

La figura 6 muestra que desde el primer día de descomposición la temperatura mostró un incremento constante hasta el día trece donde llegó a su punto máximo de 53°C, luego comenzó un descenso de la misma hasta el día cuarenta y cinco. Durante los primeros veintiséis días se observa que la actividad de los microorganismos mostró una tendencia mayor.

7.4 Costos de producción

Para llevar a cabo el proyecto se realizó la construcción de dieciséis pilas para depositar los restos vegetales y animales para su posterior descomposición, a continuación se presentan los detalles de los gastos en que se incurrió en cada tratamiento.

Cuadro 6. Resumen de los costos de producción por Kg de abonos orgánicos, con la incorporación de microorganismos efectivos. San Pedro Sacatepéquez, Guatemala 2011.

Gastos	Testigo	Bacto Agar	Micro Soil	Bacter Compost
Mano de obra	Q 272.00	Q 231.00	Q 231.00	Q 231.00
Tablas, clavos, reglas	Q 287.50	Q 287.50	Q 287.50	Q 287.50
Láminas usadas	Q 210.00	Q 210.00	Q 210.00	Q 210.00
Gallinaza	Q 200.00	Q 200.00	Q 200.00	Q 200.00
Estiércol de bovino	Q 80.00	Q 80.00	Q 80.00	Q 80.00
Microorganismos efectivos aplicados	Q 0.00	Q 8.63	Q 10.00	Q 13.87
Gasto total	Q1049.50	Q1017.13	Q1018.50	Q1022.37
Rendimiento				
*Abonera (6 qq por abonera o 276 kg)	1104 kg	1104 kg	1104 kg	1104 kg
Costo de producción por 1 Kg	Q 0.95	Q 0.92	Q 0.92	Q 0.92
Costo de producción final por quintal	Q 43.73	Q 42.38	Q 42.44	Q 42.60

*(1 qq = 46 kg)

Para la construcción de las composteras se contrató a dos personas, además se compraron las materias primas (clavos, tablas, etc.) para su construcción. Se utilizaron láminas usadas para tapar el abono y mantenerlo protegido. Se compraron mil cuatrocientos setenta y dos kilogramos (1472 kg), de gallinaza (32qq), a un precio de Q 25.00 por 46 kg (1 qq). Además se compraron mil cuatrocientos setenta y dos kilogramos (1472 kg) de estiércol de bovino (32 qq), a un precio de Q 10.00 por 46 kilogramos (1 qq).

Al final de la descomposición de los residuos vegetales y animales se determinó el rendimiento de cada abonera, teniendo como resultado lo siguiente:

1 abonera rindió 276 kg (6 qq).

276 kg por abonera * 4 repeticiones = 276*4 = 1104 kg x tratamiento (24 qq)

1104 kg por tratamiento * 4 tratamientos distintos = 4416 kg rendimiento total (96 qq)

Testigo

$Q\ 1049.50 / 24\ qq =$ Costo de producción por 46 kilogramos (1 qq) Q 43.73

$Q\ 1049.50 / 1104\ kg =$ Costo de producción por kilogramo Q 0.95

Bacto Agar

$Q\ 1017.13 / 24 =$ Costo de producción por 46 kilogramos (1 qq) Q 42.38

$Q\ 1017.13 / 1104\ kg =$ Costo de producción por kilogramo Q 0.92

Micro Soil

$Q\ 1018.50 / 24 =$ Costo de producción por 46 kilogramos (1 qq) Q 42.44

$Q\ 1018.50 / 1104\ kg =$ Costo de producción por kilogramo Q 0.92

Bactercompost

$Q\ 1022.37 / 24 =$ Costo de producción por 46 kilogramos (1 qq) Q 42.60

$Q\ 1022.37 / 1104\ kg =$ Costo de producción por kilogramo Q 0.92

De acuerdo a los resultados presentados, el costo de producción de abono orgánico es menor cuando a los restos vegetales y animales a descomponer se le agregan activadores biológicos. Contrario a que se requiere mayor cantidad de mano de obra adicional para realizar los volteos en el tratamiento testigo, ya que dura quince días más para su descomposición.

VIII. CONCLUSIONES

La utilización de activadores biológicos (cualquiera de los productos utilizados), acelera la descomposición de los restos orgánicos. Para las condiciones prevalecientes durante el experimento se tuvo un adelanto de quince días, con respecto al tratamiento testigo (sin aplicación de activadores biológicos).

La aplicación de activadores biológicos, a desechos vegetales y estiércoles en descomposición modifica algunas características físicas y químicas del producto final (abono orgánico). Sin embargo no hay una tendencia definida en cuanto a la mejora de dichas características

Para las condiciones en que se condujo la presente investigación, la aplicación de activadores biológicos no influyó significativamente en los contenidos de materia orgánica, fósforo, potasio y calcio de los abonos producidos.

De acuerdo a las características físicas y químicas en el abono producido, así como en el costo de producción, se manifiesta tendencia de Micro Soil a ser superior a los tratamientos Bactercompost y Bacto Agar.

La incorporación de activadores biológicos, disminuye los costos de producción (Q/Kg) (para Bactercompost Q 0.02, Bacto Agar Q 0.03, Micro Soil Q 0.03) de abonos orgánicos, lo que se explica por la aceleración del proceso de descomposición, lo que a su vez repercutió en un menor uso de mano de obra

IX. RECOMENDACIÓN

Con base en los resultados de la presente investigación, considerando los puntos de vista técnico y económico, se recomienda la aplicación de cualquiera de los activadores biológicos evaluados (Bacto Agar, Bactercompost o Micro Soil), en el proceso de producción de abonos orgánicos a partir de desechos vegetales y animales.

Debido a que el pH muestra una tendencia ligeramente alcalina sería recomendable realizar las aplicaciones del abono en cultivos ya establecidos, más no como sustrato en bandejas, bolsas para almácigo y macetas, porque podría afectar el desarrollo de plántulas o pilones.

X. BIBLIOGRAFÍA

Amigos de la tierra (2010) El Compostaje. España. Consultado 24 Sep. 2010. Disponible en: http://www.tierra.org/spip/IMG/pdf/AdT_Curso-compostaje2.pdf

APROLAB (2007). Programa de Apoyo a la Formación Profesional para la Inserción Laboral en el Perú Capacítate Perú Manual para la producción de compost con Microorganismos Eficaces. Perú Consultado diciembre 2007 Disponible en: http://www.emla.com/archivosdeusuario/base_datos/manual_para_elaboracion_de_compost.pdf

BACTO AGAR (2011) Medina Agriculture Products Box 309, Highway 90 West Hondo, Texas 78861, Phone 1-830-426-3011, Fax 1-830-426-2288, Email:sales@medinaag.com, <http://www.hastagro.com>

Carrera. Quezada A. (2005). Evaluación de la efectividad del uso de EM, ácidos húmicos, y N-P-K como abonos foliares. Proyecto de graduación Guácimo, Costa Rica, Universidad EARTH. 33 p.

Disponible en: <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/ColeccionVirtual/pdf/200506.pdf>

Elena R., Doris Z. (2008) Efecto de la humedad, temperatura y pH del suelo en la Actividad microbiana a nivel de laboratorio.

Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v7n1-2/a15v7n1-2.pdf>

Lisandro Nieves, L. (2005) Cuantificación de la composición microbiológica de cuatro abonos orgánicos usando EM (Microorganismos Eficaces) como Índice comparativo Costa Rica, Consultado diciembre 2005

Disponible en: <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/ColeccionVirtual/pdf/200514.pdf>

Marambe y Sangakkara, (1997). Influence of Method of Application of Effective Microorganisms on Growth and Yields of Selected Crops. Faculty of Agriculture, University of Peradeniya, Sri Lanka . Consultado marzo 1997.

Disponible en:

http://www.infric.or.jp/english/KNF_Data_Base_Web/PDF%20KNF%20Conf%20Data/C5-4-170.pdf

Salgado L. (2010) Tecnología EM®. Ecotecnologías S, A. 4 p. Disponible en <http://www.ecotecnologias.com.ve/ima/pdf/Agriculturall.pdf>

Stevenson, F. (1994). Humus Chemistry: genesis, composition, reactions. 2nd ed. New York: Wiley. 496 p.

Trinidad, A. (2007). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA)

fuelle:

<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Abono%20organicos.pdf>

Tchobanoglous, G. Theisen, H. Vigil, S (1998). Gestión Integral de Residuos Sólidos. Mc Graw-Hill. Volumen II. Pag 1106

Weil M. (1996). Manual de Teoría. Procesos Químicos Orgánicos y Bioquímicos, EARTH, Limón, C.R.

XI. ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica del producto comercial Bacto Agar:

BACTO AGAR es un activador biológico que transforma los rastrojos de cosechas y desperdicios orgánicos vegetales en humus logrando un abono orgánico muy rico en nutrientes y disponibles en poco tiempo para ser aplicado al suelo.

Composición Química

Ingredientes Activos

Activadores Biológicos 80 % p/v

Extractos Minerales 20% p/v

BACTO AGAR actúa como acelerador de la degradación de materia orgánica fresca o cruda. La degradación ocurre entre 70 a 90 días dependiendo de las condiciones climáticas de la zona. Por ser producto biológico incrementa la actividad microbiana del suelo. Estimula y vigoriza microbios y bacterias, los cuales ayudan a lo siguiente: Convierte los nutrientes en comida disponible para las plantas, descompone los residuos de cosecha, balancea la microflora del suelo, balancea el pH del suelo, balancea o mejora la estructura del suelo, reduce la acumulación de sales, reduce las acumulaciones de químicos, promueve el crecimiento de raíces.

DOSIS, PREPARACIÓN Y FORMA DE APLICACIÓN:

BACTO AGAR es producto no tóxico para la salud humana, de fácil manejo necesitando como único equipo de aplicación una bomba de mochila común. La dosis utilizada es 500cc por mochila de 16 a 20litros para volúmenes de 20 a 25qqs de rastrojos. Se aplica en capas de 15 a 20cms de espesor llevando el tablón a una altura máxima de 1 a 1½ metro.

FORMA DE APLICACIÓN

1. Con los rastrojos de las cosechas y desperdicios o remanentes de las planta de empaque ir formando tablonos o bancales con alturas o estratos de 15 a 20cms hasta llegar a una altura manejables por el aplicador. Las dimensiones (alturas y largos) de los tablonos serán de acuerdo a los volúmenes a manejar y espacio disponible para el efecto.
2. En una bomba de mochila de 16 a 20 litros de agua limpia y agregar 500cc de BACTO AGAR, agitar y después aplicar directamente a una capa de rastrojos de 15 a 20cms de espesor. Luego colocar otra capa y volver a hacer lo mismo. La altura del tablón deberá ser tal que sea fácilmente manejable por el aplicador de BACTO AGAR siendo la altura máxima recomendable 1½ metro.
3. Durante la aplicación es recomendable revolver los rastrojos para lograr buena penetración.

4. Debe lograrse que los rastrojos queden bien mojados (empapados o saturados) con la solución, incluida una última “pasada” sobre la última capa que corona la parte superior del tablón.

BENEFICIOS

- Rápida transformación de los rastrojos en humus en tan solo doce semanas. Otras metodologías se llevan más tiempo, mientras que la no aplicación de ningún acelerador tarda aproximadamente un año.
- Se puede ahorrar dinero en la reducción del volumen comprado de fertilizante granulado tradicional y al combinarlo con el humus resultante de la aplicación de BACTO AGAR, mejorando la condiciones del producto (mezcla) final aplicado en redundante beneficio al suelo en cuanto a sus condiciones físico químicas y por ende la planta y sus producción (rendimiento).
- Ahorro de tiempo y dinero en comparación con otras metodologías para tratamiento de rastrojos, no requiriendo instalaciones ni cuidados especiales.
- Su costo de producción (conversión) de rastrojos frescos a humus es bajo en comparación con otras metodologías y productos similares.
- Puede considerarse un tratamiento ecológico que no riñe con la naturaleza.
- Se eliminan o reducen los malos olores durante el proceso bacteriológico de descomposición.
- Puede buscarse la autorización de la entidad regidora para aplicarse en cultivos orgánicos.
- Facilidad en la dosificación.
- Facilidad en la aplicación.
- Facilidad de almacenamiento.
- No es tóxico y por consiguiente es de uso restringido para su manejo y aplicación.
- Dentro de su finalidad está la de reducir problemas de contaminación.

A partir de residuos de cosechas

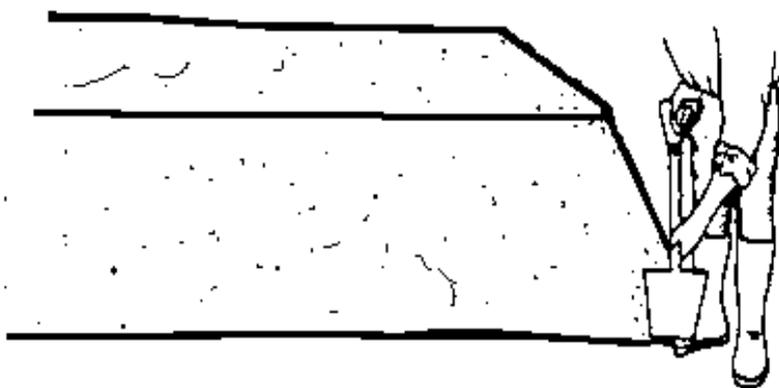
Preparación del material a tratar y tiempo total de producción:

Amontonar la materia orgánica que se va a tratar en forma de bancales o tablones con medidas de 4 metros de base x 1.50 metro de altura, 2 metros de corona x el largo que dependerá de la cantidad de materia orgánica que se vaya a humificar y la disponibilidad de espacio.

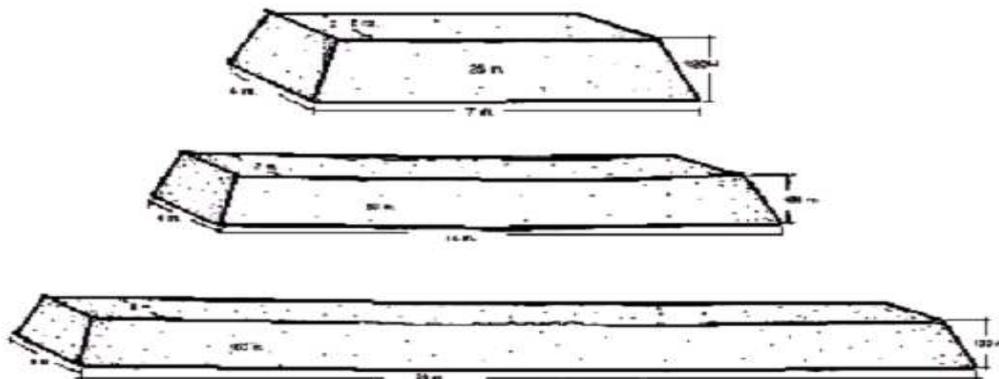
El lugar para el tratamiento deberá ser plano y contar con agua que será utilizada para conservar húmedos los bancales o tablones con una media de 50%.

Una hectárea alcanza para procesar 4,000 metros³ de materia orgánica formada en tablones.

1. Preparación del material a tratar



TIPO DE BANCALES

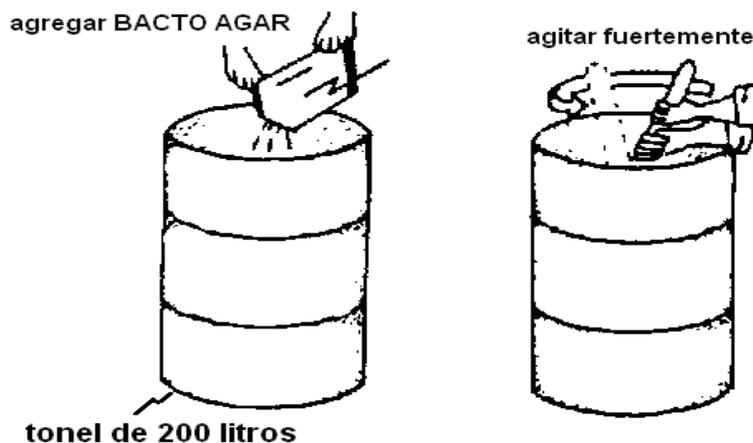


1 litro de BACTO AGAR alcanza aproximadamente para 25 metros² de superficie.

Dosificar utilizando 500cc de BACTO AGAR por mochila de 16 litros equivalente aproximado a 5 a 7 litros por tonel de 200 litros.

FORMA DE APLICACIÓN:

Mezclado el BACTO AGAR con suficiente agua se obtendrá una cobertura pareja.

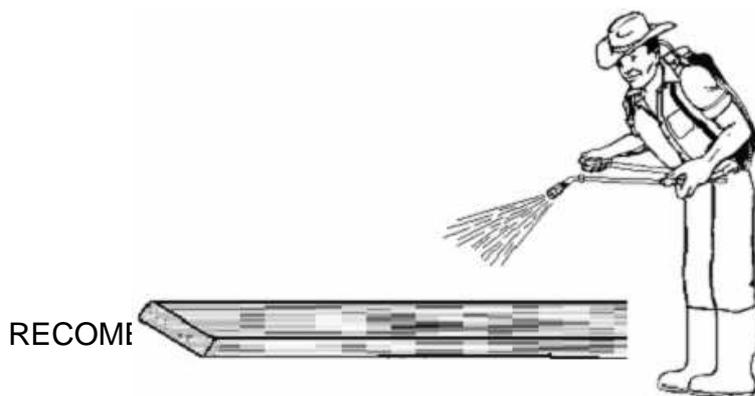


Una vez formados y perfectamente humedecidos los tablones, se procederá a aplicar la primera dosis para arrancar el proceso

PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DE LA DOSIS:

Para la primera aplicación usar la dosis adecuada según el volumen de material a humificar agregándolo al recipiente con la cantidad suficiente de agua limpia para cubrir el material. Se puede hacer esta operación en un tonel de 200 litros.

Después de la mezcla de BACTO AGAR con agua, se podrá emplear sobre los tablones procurando una buena penetración de agua con la mejor uniformidad posible.



- Usar agua limpia.
- Con una paleta o un palo sencillo agitar fuertemente.

BACTO AGAR es fabricado Medina Agriculture Products Box 309, Highway 90 West Hondo, Texas 78861, Phone 1-830-426-3011, Fax 1-830-426-2288, Email:sales@medinaag.com, <http://www.hastagro.com>

Anexo 2. Ficha técnica del producto comercial Bactercompost

El BACTERCOMPOST es un complejo microbiano/enzimático con tecnología de micro encapsulación (NANOBIOTECNOLOGIA) e inmovilización que se utiliza con inoculante y fertilizante, el cual contiene bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico de tipo no simbiótico y una gran variedad de otros microorganismos especialmente seleccionados.

El tratamiento biológico con BACTERCOMPOST® implica una compleja interacción de especies microbianas. La velocidad de crecimiento y la utilización de sustratos son generalmente superior en cultivos mixtos que en cultivos puros. En esta mezcla de poblaciones los consumidores primarios inician el proceso de degradación y los consumidores secundarios utilizan los productos metabólicos de los primeros para degradarlos. Además pueden facilitar el crecimiento de los primarios, suministrándoles productos metabólicos, (como factores de crecimiento), eliminando tóxicos mediante co-metabolismo y produciendo intercambio de material genético. Si bien la mayor parte de las sustancias orgánicas son degradables por vía biológica, existe una gran cantidad de compuestos que resisten la biodegradación (se los denomina recalcitrantes) o esta ocurre tan lentamente que hace ineficaz el tratamiento biológico en forma práctica. Sin embargo, se han logrado aislar microorganismos capaces de degradar compuestos considerados recalcitrantes, o de modificarlos químicamente de forma que permitan la acción degradadora de otros microorganismos.

Inoculación: Este proceso incorpora BACTERCOMPOST® a las aguas a ser tratadas para realizar una función específica, como es la degradación de contaminantes. La inoculación se usa cuando los microorganismos no pueden degradar el contaminante presente, o cuando se producen inhibición por presencia de sales o metales pesados o cuando no alcanzan la masa crítica necesaria (bio aumentación).

Bio aumentación: Este proceso implica incrementar drásticamente la masa microbiana. En laboratorio se definen los consorcios microbianos más adecuados en base a tolerancia a sales y sustancias inhibitoras y también a la capacidad de degradación de hidrocarburos. De esta forma se pueden tener consorcios que actúan en forma simbiótica y que resisten concentraciones altas de contaminantes. Una vez obtenido el consorcio más adecuado se produce una masa importante de microorganismos y se llevan a campo para reforzar la actividad de los que ya existen en el mismo. En algunos casos, dependiendo del tipo de contaminante presente, puede ser necesario inocular varias veces.

Co metabolismo. Se da en casos de sustratos complejos donde los microorganismos consumen un compuesto y producen enzimas para transformar otro compuesto, sobre el que no pueden crecer, en uno asimilable por su metabolismo.

Materia Orgánica y Nutrientes:

Los nutrientes son sustancias químicas necesarias para el desarrollo de los microorganismos y se pueden dividir en cuatro grupos: fuentes de Carbono, Fósforo, Nitrógeno y oligoelementos o elementos minoritarios (micronutriente). La fuente de carbono proporciona el carbono necesario para producir compuestos celulares, productos metabólicos (CO₂, agua, enzimas) y microorganismos (debido a la reproducción de los mismos). La fuente de Nitrógeno proporciona el elemento necesario para la producción de aminoácidos y enzimas. La fuente de fósforo interviene en la formación de compuestos energéticos dentro de la célula que se utilizan en los procesos de reproducción y degradación. La fuente de oligoelementos constituye un conjunto variado de elementos como hierro, cobre, zinc, azufre, cobalto, manganeso, magnesio, calcio y otros compuestos que dependen del tipo de microorganismo y del proceso que se realiza.

Bactercompost es ecológicamente seguro, aumenta la fertilidad del suelo mientras que provee nutrientes a todas las plantas y cultivos, y permite un mejor desarrollo de la misma.

Degrada materia orgánica de cualquier tipo muy seguro para manejar problemas orgánicos que de forma natural es un proceso más tardado.

Ventajas: Evita las acumulaciones de gran cantidad de grasas. Evita emisión de malos olores

Reduce las bacterias patógenas. Reduce la acumulación de lodos en un 95%.
Disminuye las poblaciones de vectores (moscas, cucarachas, larvas, zancudos).
Aumenta la actividad bacteriológica. Mantiene las fosas o sanitarios en condiciones de percibir periódicamente nuevos desechos.

Aplicaciones de uso

Tratamiento de materia orgánica vegetal: 1 litro de mezcla de BACTERCOMPOST por 1 tonelada de material vegetal.

Forma de aplicación: Aplicar con mochila de aspersión, preferiblemente con boquilla de abanico moje homogéneamente el material a tratar, 1 litro de mezcla de BACTERCOMPOST es suficiente para 1 tonelada métrica.

Anexo 3. Ficha técnica del producto comercial MicroSoil

MicroSoil® es un líquido orgánico que contiene ingredientes naturales, incluyendo bacterias esenciales para la acción de fijar el nitrógeno, para nitrificar el suelo, para solubilizar el fósforo y en general para mineralizar los macro y micronutrientes. Contiene también múltiples enzimas que catalizan y detonan la actividad de los microorganismos eficientando el proceso de fertilización. Además tiene más de 60 minerales complejos y elementos menores en forma coloidal que se obtienen de sustancias húmicas cuyo origen es la concentración de sedimentos orgánicos. Por tanto, MicroSoil® al ser aplicado funciona como un complejo efectivo para activar el sistema biológico del suelo y lograr en este un balance.

MicroSoil® actúa como un efectivo y económico acondicionador de suelos, cuyo origen está basado en principios y premisas científicas. Más adelante se encuentran listados los principios básicos y las relaciones que MicroSoil® tiene con el ecosistema del suelo y la producción agrícola.

El suelo natural está compuesto de cuatro partes: la orgánica, la inorgánica (elementos minerales), agua y aire. La porción orgánica puede, a su vez, ser dividida en dos categorías vivientes y no-vivientes. En el caso del agua, resulta más importante y realista pensar en términos de composición del suelo que únicamente en agua o humedad encontrada dentro del mismo.

MicroSoil® interactúa con todos los componentes del suelo de manera tal que al promover la optimización de las funciones naturales se permite acelerar y desarrollar los procesos normales del suelo, que influyen en los ciclos de nutrientes, en la productividad, en los flujos de energía y en las relaciones suelo-humedad.

Al añadir MicroSoil® al suelo, este inicia sus actividades naturales y biológicas en forma efectiva, con los siguientes resultados:

Acelera el desarrollo y la reproducción de microorganismos presentes en forma natural en el suelo, lo que aumenta la población de bacterias, tanto fijadoras de nitrógeno como nitrificantes, mejorando la "salud del suelo". Incrementa en el suelo la disponibilidad de minerales y nutrientes en forma aprovechable.

Incrementa la actividad química benéfica, promoviendo la capacidad de un intercambio creciente de nutrientes muy importantes para las plantas y que encontramos en los componentes del suelo. Mantiene y/o aumenta la materia orgánica y el humus en el suelo a través de la fijación de nitrógeno y la descomposición acelerada en los residuos de la cosecha y de los rastrojos.

Reajusta el pH del suelo. Incrementa la disponibilidad de nitrógeno para las plantas a través de los microorganismos que fijan aquel que se encuentra disponible en la atmósfera promoviendo otra fuente de producción de nitrógeno.

Aumenta la disponibilidad del Fósforo y el Potasio mediante los procesos de solubilización y mineralización en forma continua y natural.

Reduce la susceptibilidad de las cosechas a los insectos dañinos a través de plantas mas sanas y mas resistentes, colaborando en forma natural a disminuir los insectos no deseados. Reduce la pérdida de NPK (Nitrógeno, Fósforo y Potasio) y de micronutrientes mediante la reducción de la filtración y de la volatilización.

Mejora la estructura de la superficie del suelo permitiendo una mejor absorción de agua mediante la reducción del endurecimiento de la tierra. Reduce la contaminación de los mantos acuíferos y del agua disponible en la superficie.

Anexo 4. Análisis de varianza realizado a la variable de pH, M.O., Da, C.E., P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn y Cu

Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable contenido de zinc (Zn) en abonos orgánicos producidos a partir de restos vegetales y animales, con la incorporación de tres activadores biológicos. San Pedro Sacatepéquez, Guatemala, 2011.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	Probabilidad	Significancia
Repetición	3	15.17188	5.05729	1.02	0.4274	NS
Tratamiento	3	213.17188	71.05729	14.37	0.0009	**
Error	9	44.51562	4.94618			
Total	15	272.85937				
C.V. 41.6 %						

** = Altamente Significativo

N.S. = No Significativo

Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable pH en abonos orgánicos producidos a partir de restos vegetales y animales, con la incorporación de tres activadores biológicos. San Pedro Sacatepéquez, Guatemala, 2011.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	Probabilidad	Significancia
Repetición	3	0.24188	0.08062	3.81	0.0518	NS
Tratamiento	3	0.69188	0.23062	10.89	0.0024	**
Error	9	0.19063	0.02118			
Total	15	1.12437				
C.V. 1.7 %						

Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable contenido de fósforo (P) en abonos orgánicos producidos a partir de restos vegetales y animales, con la incorporación de tres activadores biológicos. San Pedro Sacatepéquez, Guatemala, 2011.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	Probabilidad	Significancia
Repetición	3	42968.75	14322.91667	2.63	0.1138	NS
Tratamiento	3	43268.75	14422.91667	2.65	0.1123	NS
Error	9	48956.250	5439.58333			
Total	15	135193.750				
C.V. 7.4 %						

Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable materia orgánica (%) en abonos orgánicos producidos a partir de restos vegetales y animales, con la incorporación de tres activadores biológicos. San Pedro Sacatepéquez, Guatemala, 2011.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	Probabilidad	Significancia
Repetición	3	6.33355	2.11118	0.39	0.7636	
Tratamiento	3	60.07140	20.02380	3.69	0.0555	
Error	9	48.79435	5.42159			
Total	15	115.19930				
C.V. %						

Cuadro 11. Análisis de varianza para la variable contenido de manganeso (Mn) en abonos orgánicos producidos a partir de restos vegetales y animales, con la incorporación de tres activadores biológicos. San Pedro Sacatepéquez, Guatemala, 2011.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	Probabilidad	Significancia
Repetición	3	116.68750	38.89583	0.42	0.7454	NS
Tratamiento	3	7961.31250	2653.77083	28.42	0.0001	**
Error	9	840.43750	93.38194			
Total	15	8918.43750				
C.V. 27.4 %						

Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable contenido de magnesio (Mg) en abonos orgánicos producidos a partir de restos vegetales y animales, con la incorporación de tres activadores biológicos. San Pedro Sacatepéquez, Guatemala, 2011.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	Probabilidad	Significancia
Repetición	3	6.37752	2.12584	4.75	0.0299	*
Tratamiento	3	11.83888	3.94629	8.81	0.0048	**
Error	9	4.03097	0.44789			
Total	15	22.24737				
C.V. 4.5 %						

Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable contenido de potasio (K) en abonos orgánicos producidos a partir de restos vegetales y animales con la incorporación de tres activadores biológicos. San Pedro Sacatepéquez, Guatemala, 2011.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	Probabilidad	Significancia
Repetición	3	287500	95833.3333	1.59	0.2590	NS
Tratamiento	3	287500	95833.3333	1.59	0.2590	NS
Error	9	542500	60277.7778			
Total	15	111500				
C.V. 10 %						

Cuadro 14. Análisis de varianza para la variable contenido de hierro (Fe) en abonos orgánicos producidos a partir de restos vegetales y animales, con la incorporación de tres activadores biológicos. San Pedro Sacatepéquez Guatemala, 2011.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	Probabilidad	Significancia
Repetición	3	10.33188	3.44396	4.02	0.0454	*
Tratamiento	3	13.10688	4.36896	5.10	0.0247	*
Error	9	7.71062	0.85674			
Total	15	31.14937				
C.V. 42 %						

Cuadro 15. Análisis de varianza para la variable densidad aparente en abonos orgánicos producidos a partir de restos vegetales y animales, con la incorporación de tres activadores biológicos. San Pedro Sacatepéquez, Guatemala, 2011.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	Probabilidad	Significancia
Repetición	3	0.00168	0.00056	0.76	0.5428	NS
Tratamiento	3	0.01961	0.00654	8.92	0.0046	**
Error	9	0.00659	0.00073			
Total	15	0.02788				
C.V. 4.3 %						

Cuadro 16. Análisis de varianza para la variable contenido de cobre (Cu) en abonos orgánicos producidos a partir de restos vegetales y animales, con la incorporación de tres activadores biológicos. San Pedro Sacatepéquez, Guatemala, 2011.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	Probabilidad	Significancia
Repetición	3	0.29688	0.09896	1.39	0.3076	NS
Tratamiento	3	2.79688	0.93229	13.10	0.0012	**
Error	9	0.64063	0.07118			
Total	15	3.73437				
C.V. 25.8 %						

Cuadro 17. Análisis de varianza para la variable conductividad eléctrica (C.E.) en abonos orgánicos producidos a partir de restos vegetales y animales, con la incorporación de tres activadores biológicos. San Pedro Sacatepéquez, Guatemala, 2011.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	Probabilidad	Significancia
Repetición	3	14.11875	4.70625	3.56	0.0604	NS
Tratamiento	3	64.66625	21.55541	16.31	0.0006	**
Error	9	11.89250	1.32138			
Total	15	90.67750				
C.V. 6.6 %						

Cuadro 18. Análisis de varianza para la variable contenido de calcio (Ca) en abonos orgánicos producidos a partir de restos vegetales y animales, con la incorporación de tres activadores biológicos. San Pedro Sacatepéquez, Guatemala, 2011.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	Probabilidad	Significancia
Repetición	3	12.28912	4.09638	2.67	0.1110	NS
Tratamiento	3	1.82742	0.60914	0.40	0.7587	NS
Error	9	13.82442	1.53604			
Total	15	27.94097				
C.V. 6.2 %						

Anexo 5: Fotografías de los trabajos realizados en la compostera.



Figura. 7 Picado de las hortalizas



Figura 8. Proceso de descomposición y volteo



Figura 9. Temperatura generada por la descomposición de los activadores biológicos



Figura 10. Forma del compostaje a los cincuenta días

Anexo 6. Resultado del análisis de laboratorio realizado a los tratamientos de testigo, Bactercompost, Bacto Agar y MicroSoil