

**Estudio nutricional comparativo de bokashis
inoculados con levaduras y con
Microorganismos Eficientes (EM) de primera
y segunda generación a dos diferentes
concentraciones en Zamorano**

Stalin Manuel Barre Saldarriaga

ZAMORANO

Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria

Abril, 2003

**Estudio nutricional comparativo de bokashis
inoculados con levaduras y con
Microorganismos Eficientes (EM) de primera
y segunda generación a dos diferentes
concentraciones en Zamorano**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura.

presentado por

Stalin Manuel Barre Saldarriaga

Zamorano, Honduras

Marzo del 2003

El autor concede a Zamorano permiso
para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para fines educativos. Para otras personas
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

Stalin Barre

Zamorano, Honduras
Abril, 2003

Estudio nutricional comparativo de bokashis inoculados con levaduras y con Microorganismos Eficientes (EM) de primera y segunda generación a dos diferentes concentraciones en Zamorano

presentado por:

Stalin Manuel Barre Saldarriaga, Agrónomo

Aprobado:

José María Miselem Laca, M. Sc.
Asesor Principal

Jorge Iván Restrepo, M. B. A.
Coordinador de Carrera de Ciencia
y Producción Agropecuaria

Carlos Gauggel, Ph.D.
Asesor

Antonio Flores, Ph.D.
Decano Académico

Rueda Alfredo, Ph.D.
Coordinador de Área Temática

Kenneth Hoadley, Ph.D.
Rector

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la oportunidad de completar mis estudios con ayuda de la Nippon Foundation y su programa de becas.

A mi querida novia la Lcda. Alexandra Pérez Amaya quien me apoyó con todo su amor, parte fundamental en mi desarrollo profesional.

A mis padres por el apoyo desinteresado desde lejos para completar mi carrera con éxitos.

A todos aquellas personas interesadas en desarrollar la potencial rama de la agricultura orgánica.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas las personas que hicieron posible la realización de este trabajo.

A mis asesores por su tiempo invertido en este importante tema para el desarrollo de la agricultura orgánica en Zamorano.

A los profesores Suichi Okumoto y Takatsuru Nishikawa por su dirección en la realización de este trabajo.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

Agradezco a la Nippon Foundation por el financiamiento brindado para continuar mis estudios en el Programa de Ingeniería Agronómica.

Agradezco a la Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria y a la Zamoempresa de Cultivos Intensivos por la colaboración dada en la realización de este tema, pionero para siguientes investigaciones entorno al mismo y que ayudará a desarrollar la agricultura orgánica en Zamorano.

RESUMEN

Barre Saldarriaga, Stalin Manuel. 2003. Estudio nutricional comparativo de bokashis inoculados con levaduras y con microorganismos eficientes (EM) de primera y segunda generación a dos concentraciones en El Zamorano. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, El Zamorano, Honduras. 34 p.

En el área de agricultura orgánica en El Zamorano, Honduras, se realizó el experimento para evaluar los niveles de fijación de minerales en fertilizantes orgánicos de tipo bokashi usando como inoculante microorganismos eficientes(EM), comparados con el testigo hecho con levaduras. En una primera etapa se compararon los pH de las soluciones de EM de la fórmula original con melaza hechas al 0.5, 1, 2, 5 y 10% para escoger la solución con pH más bajo. Esta solución resultante se volvió a auto reproducir hasta una segunda generación preparando soluciones al 0.5, 1, 5, 10 y 20% evaluando los niveles más bajos de pH. El análisis hecho fue con un diseño completo al azar con cinco repeticiones. Las soluciones activadas al 1% en la primera generación y 10% en la segunda generación, mostraron los niveles de pH más bajos y estadísticamente significativos ($P<0.01$), para ser usados como inoculantes. En la segunda etapa se produjeron bokashis con tres tipos de inoculaciones, con levadura (testigo) y solución activada de EM de la primera generación anterior diluida nuevamente al 5 y 10%. Se repitió el mismo ensayo, pero con la variante de usar solución activada de EM de la segunda generación anterior diluida nuevamente al 5 y 10%, comparadas con el testigo de levadura, en todos estos tratamientos se usaron tres repeticiones. Se usó un Sistema de Bloques Completos al Azar y una prueba Duncan con una $P=0.01$ en cada ciclo para evaluar porcentajes de N, P, K y CIC, se obtuvo diferencia significativa sólo en los tres primeros. Los promedios nutricionales del bokashi con EM superaron a los del testigo en $>25\%$ de nitrógeno, $>20\%$ de fósforo y $>14\%$ de potasio, los valores de CIC fueron similares en todos los tratamientos preparados con los mismos materiales orgánicos, cantidades y condiciones de manejo. El rendimiento promedio del bokashi con EM es $>7\%$ que el de levadura. La rentabilidad promedio del bokashi EM es mayor que el testigo en 9 y 12% en primer y segundo ciclo, respectivamente. No se encontraron diferencias significativas entre los dos porcentajes de inoculación con EM, por lo que se concluye que el bokashi inoculado al 5% es el más conveniente por razones de costo.

Palabras clave: Compost, fertilizantes, hongos, inoculante.

NOTA DE PRENSA

MICROORGANISMOS EFICIENTES PARA ELABORAR FERTILIZANTES ORGÁNICOS

En el mercado existen muchas opciones de maquinaria y tecnología que contribuyen a aumentar la producción y la productividad agrícola, sin embargo, para los miles de pequeños y medianos agricultores de países en desarrollo su costo es elevado por lo que no representan una alternativa viable. Hasta hace unos años los bosques y las tierras vírgenes cercanas eran una fuente importante de materia orgánica propicia para elevar el rendimiento de los cultivos o la producción animal, hoy en día, esas fuentes son escasas lo que obliga a los agricultores a buscar otras formas de producción de nutrientes.

En países como Japón, EEUU, Costa Rica, entre otros, se desarrollan estudios sobre la transformación de desechos agrícolas, urbanos, caseros e industriales en fertilizantes de buena calidad con la ayuda de microorganismos eficientes conocidos por sus siglas en inglés como EM. Los EM son un cultivo múltiple de microorganismos benéficos, principalmente bacterias fotosintéticas y ácido lácticas, hongos fermentadores y levaduras, capaces de coexistir entre sí para modificar ambientes degradados volviéndolos saludables y productivos, pueden ser usados en la agricultura y la ganadería.

La aplicación de los EM como inóculo en la preparación de fertilizantes ofrece una serie de ventajas en comparación con el fertilizante elaborado de manera convencional o inoculado con levaduras. Los microorganismos poseen numerosos beneficios entre ellos: la producción de mayores niveles nutricionales de elementos necesarios para las plantas, evitan la proliferación de malos olores, aceleran el proceso de descomposición de materiales y ayudan al control de enfermedades del suelo post-aplicación.

En Zamorano, Honduras se realizó un estudio nutricional y de rentabilidad de bokashis (fertilizantes orgánicos). Se inocularon dos muestras una con levaduras y otra con EM, el resultado mostró que los fertilizantes inoculados con EM son de superior calidad al obtenido con levaduras o al compost común y corriente. Los promedios de las variables nutricionales del bokashi con EM superaron al bokashi convencional en >25% de N, >20% de P y >14% de K, también el rendimiento en peso fue > 7% más que el testigo; un pequeño agricultor puede reproducir los microorganismos en su propia finca sin elevar sus costos, lo que representa una gran ventaja competitiva.

CONTENIDO

	Portadilla.....	i
	Autoría.....	ii
	Página de firmas.....	iii
	Dedicatoria.....	iv
	Agradecimientos.....	v
	Agradecimientos a patrocinadores.....	vi
	Resumen.....	vii
	Nota de prensa.....	viii
	Contenido.....	ix
	Índice de cuadros.....	xi
	Índice de anexos.....	xii
1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	OBJETIVOS.....	3
1.1.1	Objetivo general.....	3
1.1.2	Objetivos específicos.....	3
2.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1	GENERALIDADES DEL BOKASHI Y LOS EM.....	4
2.2	MICROORGANISMOS PRESENTES EN LA SOLUCIÓN DE EM.....	5
2.3	MATERIALES USADOS EN LA PRODUCCIÓN DE BOKASHI.....	6
2.4	CONSIDERACIONES EN LA PREPARACIÓN DE BOKASHI.....	7
2.5	CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES DE CONTENIDOS DE N, P, K Y CIC EN BOKASHIS.....	8
2.5.1	Nitrógeno.....	8
2.5.2	Fósforo.....	8
2.5.3	Potasio.....	8
2.5.4	Capacidad de Intercambio Catiónico.....	8
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
3.1	MATERIALES.....	9
3.1.1	Inoculantes.....	9
3.1.2	Materiales usados en fermentación.....	9
3.1.3	Equipos.....	10
3.2	MÉTODOS.....	10
3.2.1	Fase I. Activación del EM.....	10
3.2.1.1	Diseño estadístico	11

3.2.1.2	Unidades experimentales.....	11
3.2.1.3	Tratamientos.....	11
3.2.1.4	Consideraciones en la preparación de soluciones activadas de EM.....	11
3.2.2	Fase II. Producción de bokashi levadura y bokashi EM.....	12
3.2.2.1	Diseño estadístico.....	12
3.2.2.2	Unidades experimentales.....	13
3.2.2.3	Proporciones de los materiales usados en producción de bokashis.....	13
3.2.2.4	Tratamientos.....	13
3.2.2.5	Consideraciones en la preparación del bokashi.....	14
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
4.1	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	15
4.1.1	Separación de medias para el pH en soluciones activadas de EM en primera generación (EM-1).....	15
4.1.2	Separación de medias para el pH en soluciones activadas de EM en segunda generación (EM-2).....	16
4.1.3	Separación de medias para el contenido de N en bokashis del primer y segundo ciclo de producción.....	17
4.1.4	Separación de medias para el contenido de P en bokashis del primer y segundo ciclo de producción.....	17
4.1.5	Separación de medias para el contenido de K en bokashis del primer y segundo ciclo de producción.....	18
4.1.6	Separación de medias para el contenido de CIC en bokashis del primer y segundo ciclo de producción.....	19
4.2	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	20
5.	CONCLUSIONES	22
6.	RECOMENDACIONES	23
7.	BIBLIOGRAFÍA	24
8.	ANEXOS	25

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro.

1.	Materiales usados en la producción de bokashis.....	13
2.	Separación de medias para la variable pH en soluciones de primera generación (EM-1).....	16
3.	Separación de medias para la variable pH en soluciones de segunda generación (EM-2).....	16
4.	Separación de medias para el contenido de N en bokashis del primer y segundo ciclo de producción.....	17
5.	Separación de medias para el contenido de P en bokashis del primer y segundo ciclo de producción.....	18
6.	Separación de medias para el contenido de K en bokashis del primer y segundo ciclo de producción.....	19
7.	Separación de medias para el contenido de CIC en bokashis del primer y segundo ciclo de producción.....	20
8.	Análisis de costos que varían por tratamiento y por ciclo de producción	20
9.	Presupuesto parcial de los diferentes tratamientos para la producción de bokashi (US \$).....	21

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexos

1.	Lecturas de pH de soluciones activadas a diferente concentración y generación	26
2.	Resultado de análisis de %N en materiales usados en la producción de bokashis.....	27
3.	Cantidades de materiales usados por tipo de bokashi y por ciclo.....	28
4.	Registro de temperaturas promedios de los bokashis.....	29
5.	Rendimientos de bokashi por cada 200 Kg de materiales a descomponer	30
6.	Resultados de análisis de N, P, K, y CIC en bokashis.....	31
7.	Presupuesto de costos comunes por tonelada en la elaboración de bokashi levadura.....	32
8.	Presupuesto de costos comunes por tonelada en la elaboración de bokashi EM.....	33
9.	Comparación de costos comunes y totales por tratamientos para producción de una tonelada y por kilo de bokashi.....	34

1. INTRODUCCIÓN

La producción de alimentos en todo el mundo y en las últimas décadas se ha basado en el uso intensivo de los fertilizantes y plaguicidas sintéticos, debido a la necesidad de producir mayor cantidad de alimentos para una población cada vez más creciente. Sin embargo, el uso desmedido de los agroquímicos ha traído consecuencias negativas, por la contaminación que muchos de ellos producen al medio ambiente y al mismo agricultor que los utiliza. Asimismo y debido al exagerado aumento del costo de insumos ha hecho que la agricultura sea cada vez más difícil provocando con ello que muchos agricultores abandonen sus fincas con el consiguiente desempleo.

En la búsqueda de una solución al problema antes planteado, muchos científicos se han dedicado a investigar la forma de cómo reemplazar de una manera parcial o total, el uso de agroquímicos mediante la introducción de la agricultura orgánica, donde se utilizan los residuos de cosecha como fertilizantes (abonera), plantas medicinales o repelentes como insecticidas y muchas otras alternativas que la naturaleza nos brinda y que debemos conocer y aprovechar.

Uno de los costos más altos de nuestra agricultura está en los fertilizantes químicos (granulados y foliares), que encarecen significativamente los costos de producción.

Dentro de la agricultura de tipo orgánica se considera al suelo como un organismo vivo al que hay que mantenerlo así, con todas sus funciones vitales generadas por microorganismos de todo tipo y en perfecta armonía. La agricultura orgánica propone alimentar a los microorganismos del suelo, para que éstos de manera indirecta alimenten a las plantas, después de tornar disponibles a los nutrientes contenidos en la materia orgánica (Suquilanda, 1995).

Ante todo lo observado este proyecto especial de investigación desea mostrar una alternativa a nuestra agricultura que consiste en la utilización de un abono orgánico fermentado llamado “bokashi”, el cual ofrece buenos resultados nutricionales, pero con la variante de que es preparado con ayuda de microorganismos cuidadosamente seleccionados llamados microorganismos eficientes.

Los microorganismos eficientes, conocidos por sus siglas en inglés como EM, son una mezcla de varios microorganismos benéficos tanto aeróbicos como anaeróbicos, los cuales pueden ser usados en diversas actividades de la agricultura, la ganadería y saneamiento ambiental. Entre estos microorganismos se encuentran bacterias ácido lácticas y fotosintéticas, levaduras y hongos fermentadores, que existen en gran cantidad en la naturaleza pero que han sido seleccionados para poderlos usar en modificar la

diversidad microbiana de nuevos ambientes degradados por microorganismos indeseables, ejerciendo así efectos positivos en los sistemas de producción. Una característica notable de estos microorganismos es su capacidad de auto reproducirse en varias generaciones siempre y cuando se tengan los cuidados necesarios para no contaminar las reproducciones siguientes de EM (APNAN, 1995).

El principio fundamental de esta tecnología es la introducción de un grupo de microorganismos benéficos para mejorar las condiciones nutritivas del suelo, para suprimir microbios de la putrefacción (que inducen enfermedades) y para mejorar la eficacia de la utilización de la materia orgánica que se traduce en mejores cosechas (Higa, 1996).

Ante esto, la producción de fertilizantes orgánicos tiene una nueva tendencia con la utilización de bokashi que es un abono orgánico fermentado y es una tecnología adecuada incluso para pequeños agricultores; sin embargo, cuando se requiere producir gran cantidad de bokashi, es poco práctica porque el costo de sacar y transportar el suelo es generalmente muy alto. Por esta razón en Japón, el bokashi comercial utiliza preparados microbianos como inóculo en lugar del suelo de bosques sin residuos químicos (APNAN, 1995).

Algunos productores agregan levaduras comerciales que se encuentran en el supermercado. Otros agregan diferentes materiales como leche pasada, yogurt y otros fermentadores como los sedimentos de fermentación alcohólica (Shintani, et al, 2000).

En la Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda (EARTH) de Costa Rica se ha probado y aplicado el preparado microbiano EM para manejar los desechos orgánicos. EM es un producto certificado para agricultura orgánica (California Certified Organic Farmers (CCOF) y es seguro para seres humanos y animales según el Kilazato Environmental Scientific Center. La aplicación de EM ha sido estudiada y comprobada en el campo de la agricultura, ganadería y conservación del medio ambiente desde la década de los 80 en países asiáticos como Japón, Tailandia, Corea e Indonesia y países americanos como Brasil, Estados Unidos de América y Costa Rica (Shintani, et al, 2000).

La producción de bokashi promete ser una excelente alternativa para ser usada en la agricultura de tipo saludable al ambiente y que no sólo provee nutrientes necesarios para los cultivos, sino también una población microbiológica que se ve muchas veces disminuida por factores adversos como erosión, monocultivos, desgaste de materia orgánica, malos manejos de conservación de suelos entre otros factores, todo esto tomando en cuenta que puede ahorrar tiempo de trabajo en su fabricación y traer más beneficios que cuando se elabora un compost común y corriente.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

Determinar cuál de los dos tipos de inoculantes biológicos, levadura o EM, es el más eficiente para producir bokashi, de mejor calidad nutricional y con mayor rentabilidad.

1.1.2 Objetivos específicos

Determinar si se pueden auto reproducir los EM manteniendo sus características físicas y químicas para ser usado como inoculante de fertilizantes.

Determinar la eficacia de los EM de primera y segunda generación midiendo los niveles de N, P, K y Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) comparados con aquellos presentes en los bokashis inoculados con levadura.

Determinar la rentabilidad comparativa de cada tratamiento.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 GENERALIDADES DEL BOKASHI Y LOS EM

La tecnología de producción de bokashi, llamado así por los japoneses al abono orgánico fermentado, es una tecnología que ellos desarrollaron haciendo inoculaciones de los materiales a descomponer con microorganismos existentes en el suelo y cuidadosamente seleccionados por sus propiedades sinérgicas que ayudan a descomponer eficientemente los materiales y en un periodo de tiempo menor, presentando ventajas adicionales como eliminación de malos olores y disminución en la proliferación de insectos vectores de enfermedades como las moscas, menor producción de gases irritantes como el amoníaco que se desprende a altas temperaturas durante el proceso de fermentación (Higa, 1996).

El concepto de Microorganismos Efectivos (EM) fue desarrollado por el Dr. Teruo Higa de la Universidad de Ryukyu de Japón en los años 1980, después de realizar investigaciones sobre cómo superar los peligros del cultivo continuo y mantener la calidad de los productos hortícolas. Por esta razón desde los años 1970, basándose en el significado histórico de los microorganismos en la agricultura japonesa, experimentó con cultivos mixtos de microorganismos sin obtener resultados planeados por un periodo de 10 años. De cualquier manera, en 1982, la tecnología fue desarrollada y la solución original contuvo alrededor de 5 familias, 10 géneros y 80 especies de microorganismos como bacterias fotosintéticas, ácido lácticas, levaduras, actinomycetes y hongos fermentativos. Esta mezcla desarrollada por el Dr. Higa se basa en contener microorganismos a pH muy bajos en los cuales muchos microorganismos indeseables mueren. Estos tienen un rango diverso de usos en agricultura, manejo ambiental y en la industria (Higa, 1996).

Algunas de las sustancias secundarias que son producidas por los microorganismos del EM son inositol, ubiquinone, saponinas, polisacáridos de bajo peso molecular, polifenoles y quelatos. Estas sustancias pueden inhibir patógenos, pero permitir el crecimiento de las especies benéficas. Las sustancias antioxidantes son producidas al degradar materia orgánica. Estas sustancias desionizan sustancias peligrosas, detoxifican y quelatan minerales pesados, además inducen a los microorganismos a liberar enzimas descomponedoras, como lignina peroxidasa (Higa, 1996).

Los EM no deben considerarse como un fungicida, pues es una medida biológica para suprimir o controlar patógenos, a través del incremento de la competencia y antagonismo (APNAN 1995).

2.2 MICROORGANISMOS PRESENTES EN LA SOLUCIÓN DE EM

Dentro de los principales grupos de microorganismos del EM se hallan (APNAN 1995):

Bacterias fototrópicas o fotosintéticas: Son microorganismos que pueden fijar nitrógeno y el bióxido de carbono en moléculas orgánicas tales como aminoácidos y azúcares simples que constituyen los elementos básicos de las proteínas y los carbohidratos. También sintetizan sustancias bioactivas tales como vitaminas, hormonas y enzimas. Estas bacterias proporcionan substratos y factores de crecimiento para otros microorganismos y estos a su vez proporcionan ciertos factores para las otras bacterias. A su vez estos organismos reducen el mal olor y la producción de sustancias tóxicas durante la descomposición de la materia orgánica. Este tipo de bacterias se auto mantienen, a partir de secreciones de raíces, materia orgánica y gases sulfhídricos. Los aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, producidos por las bacterias fotosintéticas incrementan su desarrollo y a la vez el desarrollo de otros microorganismos, como las micorrizas, debido a que facilitan compuestos nitrogenados (Okumoto y Cascante, 1996).

Estas bacterias pueden fijar el N atmosférico y el CO₂ en moléculas orgánicas, tales como aminoácidos y carbohidratos. Llevan a cabo una fotosíntesis incompleta, lo cual hace que la planta genere nutrimentos, carbohidratos y aminoácidos, sin necesidad de la luz solar, eso permite que la planta potencialice sus procesos completos durante las 24 horas del día (Okumoto y Cascante, 1996).

Bacterias Ácido Lácticas: este es el grupo más grande en el cóctel del EM. Las bacterias ácido lácticas producen sustancias inhibitoras, tales como la rutenina, la cual es fungistática e inhibe el crecimiento de otras bacterias. Además el ácido láctico proviene de azúcares y otros carbohidratos secretados por las bacterias fotosintéticas y levaduras. El ácido láctico es una sustancia capaz de esterilizar y suprimir microorganismos dañinos. Estas bacterias aceleran la descomposición de la materia orgánica, ya que promueven el rompimiento y fermento de la lignina y celulosa. Las bacterias ácido lácticas con la producción de ácido láctico tienen la habilidad de suprimir la propagación de *Fusarium*, hongo que debilita plantas perennes, permitiendo el ataque de otros patógenos. (Okumoto y Cascante, 1996).

Levaduras: a partir de aminoácidos y azúcares secretados por las bacterias fotosintéticas, materia orgánica y raíces, sintetizan sustancias antimicrobianas, hormonas y enzimas, las cuales sirven de sustratos para bacterias ácido lácticas y actinomicetes (Higa, 1996).

Actinomycetes: estos producen sustancias supresoras de hongos y bacterias (como antibióticos), a partir de los aminoácidos secretados por bacterias fotosintéticas y materia orgánica (Higa, 1996).

Hongos fermentativos: estos descomponen la materia orgánica en alcohol y sustancias antimicrobianas, eliminando así el desarrollo de moscas y malos olores (Higa, 1996).

2.3 MATERIALES USADOS EN LA ELABORACIÓN DE BOKASHI.

- Casulla sin quemar.- Usada para proporcionar mejor estructura al bokashi, mayor porosidad y ayudar al proceso de fermentación aeróbica que éste debe tener.
- Casulla quemada.- Ayuda a eliminar malos olores producidos en la fermentación. Es muy poroso, esta característica sirve para conservar los elementos, el aire y agua. Generalmente la tierra no puede funcionar así, o sea, no tiene mucha capacidad de absorción de estos elementos. El carbón posee una buena condición para que vivan los microorganismos útiles, por lo tanto en la tierra donde exista el carbón, siempre los microorganismos útiles están en grado superior a los dañinos. Esto significa que las enfermedades no pueden atacar fácilmente a las plantas (Shogo, 1994).

Por la presencia de carbón, las raíces crecen bien y la cantidad de ellas aumenta sustancialmente. Las raíces llegan hasta el carbón y lo envuelven, posteriormente, absorben los componentes y los microorganismos útiles protegen las raíces contra múltiples enfermedades (Kyan et al, 1999).

- Compost.- Además de aportar nutrientes posee una diversidad de microorganismos necesarios para una rápida descomposición de los otros materiales usados. Debe ser usado el más fresco posible para aprovechar sus características nutritivas.
- Harina de soya.- Constituye una importante base nitrogenada necesaria para obtener el bokashi de superior calidad nutritiva.
- Bokashi maduro.- Se usa el bokashi de un anterior ciclo de producción como aporte de nutrientes y de diversidad microbiana deseable para acelerar procesos de fermentación.
- Carbonato de calcio.- Se añade cal para regular la acidez, en caso de necesitarla. Una vez se haya enfriado el abono, el pH de la mezcla se neutraliza (pH 7) lo que trae un efecto muy beneficioso, ya que el bokashi no acidifica el suelo como lo hace la gallinaza sola.
- Melaza.- Será el material alimenticio o energético necesario para que todos los microorganismos se alimenten, reproduzcan y establezcan en un menor tiempo listos para trabajar en el proceso de fermentación. Es la principal fuente energética para la fermentación de los abonos orgánicos. Es rica en potasio, calcio, magnesio y contiene micronutrientes, principalmente boro (García y Monje, 1995).
- Gallinaza.- Aporta una buena cantidad de nitrógeno. Hay que procurar usar una gallinaza libre de antibióticos usados en la producción avícola y que puedan afectar posteriormente la población microbiana.

2.4 CONSIDERACIONES EN LA PREPARACIÓN DE BOKASHI

El bokashi es un fertilizante de superior calidad nutritiva pero para esto debe reunir ciertas características básicas desde el momento de escoger los materiales a descomponer que deben ser por lo menos de tres tipos diferentes que garanticen una mayor diversidad microbiana (Kyan et al, 1999).

El bokashi EM mantiene un mayor contenido energético de la masa orgánica pues al no alcanzar temperaturas tan elevadas, como ocurre en el compost donde las temperaturas son relativamente altas (50° C - 70° C) para asegurar que mueran los microorganismos patogénicos, hay menos pérdidas por volatilización en el bokashi EM porque las temperaturas se mantienen entre 35° C - 55° C (Shintani et al, 2000).

Los ingredientes se agregan en finas capas alternas. A cada capa se le suministra la humedad adecuada, al final de la mezcla de todos los materiales la humedad debe estar alrededor del 30 al 40%, lo cual se consigue cuando no salen gotas de agua de un puñado de material. Se vuelve a extender la mezcla para que tenga una altura de 30 a 50 cm. dependiendo de la temperatura del ambiente y la que puede generar, cuidando de no pasarse del límite máximo. Si se amontona la mezcla en montículos más altos, la temperatura sube demasiado y el escape de amoníaco aumenta lo que significaría tener pérdidas del elemento nitrógeno. También se desarrollan ciertos hongos blancos en el abono, estos son benéficos y ayudan con la descomposición. El proceso de fermentación evita que los ingredientes quemem a las plantas a la hora de la aplicación (Shintani et al, 2000).

El abono se mezcla de acuerdo con las necesidades para regular la temperatura del montículo y mantener aireada la masa para asegurar una fermentación aeróbica. Lo ideal es hacer dos volteos diarios durante la primera semana, pero por razones de costos de mano de obra, se hace una vez al día pudiendo mantenerse así hasta el final del proceso o pasando un día de por medio hasta que luego de 15 días aproximadamente se tiene listo el fertilizante (Restrepo, 1994).

El bokashi, particularmente el inoculado con EM puede ser utilizado entre 5 a 21 días después del tratamiento (fermentación) en la producción de cultivos, aun cuando la materia orgánica no se haya descompuesto del todo. Cuando el bokashi EM es aplicado al suelo, además de proveer nutrientes y sustancias bioactivas a las plantas, la materia orgánica en el bokashi es utilizada como alimento por los microorganismos benéficos, los que continuarán descomponiéndola, mejorando la vida del suelo y compitiendo contra los microorganismos que causan enfermedades a los cultivos (Kyan et al, 1999).

2.5 CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES DE CONTENIDOS DE N, P, K Y CIC EN BOKASHIS

2.5.1 Nitrógeno

Es el elemento más difícil de mantener en los fertilizantes de tipo orgánico debido a que cuando se dan los proceso de fermentación de desechos orgánicos que contienen este elemento, junto con muy altas temperaturas, viento y sol, se va perdiendo en forma de gas amoníaco en su mayor parte o también por lixiviación (Higa, 1996).

2.5.2 Fósforo

Este elemento es un elemento bastante estable dentro de los materiales a descomponer. Lamentablemente no es un elemento abundante en el suelo por lo que en muchas formulaciones de bokashi se hace uso de roca fosfórica para enriquecerlo y elevar sus características nutritivas (Higa, 1996).

2.5.3 Potasio

Este elemento se encuentra disponible en desechos de plantas, desechos de maderas y cenizas, también en considerables cantidades en los estiércoles de animales herbívoros (Higa, 1996).

2.5.4 Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

Es la cantidad de carga eléctrica negativa que posee un suelo mineral u orgánico por medio de la cual retiene cationes (Ca, Mg, K, Na, Al, NH₄) en puntos de intercambio. Se usa como un indicador de la fertilidad del suelo y su capacidad para suplir o retener cationes, a una mayor CIC será mayor la disponibilidad de nutrientes para la planta¹.

Esta propiedad se encuentra relacionada con la producción de sustancias húmicas. El mayor incremento se presenta durante los primeros 8 días y después tiende a una estabilización (Bravo y Giraldo, 1996).

La Asociación Alemana para la Calidad del Compost BGK ha establecido rangos para los productores de bokashi y que deseen tener producciones bajo certificación internacionales, los rangos son para el caso de: nitrógeno (1-3%), fósforo (> 0.65%), potasio (1-3%) (Bravo y Giraldo, 1996). Los valores de CIC >40 cmol/kg indican muy buenos resultados de esta propiedad lo que es deseable en un material orgánico (Gauggel, 2003)¹.

¹ Gauggel, 2003. Comunicación personal.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES

Para la elaboración de cada uno de los bokashis se usaron los mismos materiales y en las mismas cantidades en cada ciclo de producción y se dejaron como únicas variantes los inoculantes a mencionar:

3.1.1 Inoculantes

- Levadura.- Es la levadura de uso común en panaderías.
- Solución de EM.- Esta solución contiene como mínimo los siguientes microorganismos en solución:
 - ✓ Bacterias Lácticas 10^4 unid/cc.
 - ✓ Bacterias Fototróficas 10^3 unid/cc.
 - ✓ Levaduras 10^3 unid/cc.
 - ✓ Hongos fermentadores 10^3 unid/cc.

3.1.2 Materiales usados en fermentación

- Casulla sin quemar
- Casulla quemada
- Compost
- Harina de soya
- Bokashi maduro
- Carbonato de calcio
- Melaza
- Gallinaza

3.1.3 Equipos

- Termómetros
- Peachímetros
- Balanzas
- Palas
- Probeta graduada
- Tanques plásticos de fermentación

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Fase I. Activación del EM

La activación de los EM se realizó con el propósito de sacarlos del estado de latencia en que se encuentran cuando se adquiere el producto comercial, además la activación permitió contar con una mayor población de microorganismos dentro de una solución nutritiva de agua y melaza minimizando así el costo del producto.

El pH deseado dentro de las soluciones activadas debe ser menor de 4.0, siendo sus niveles óptimos menores de 3.5. Valores superiores a 4.0 indican que la solución activada se dañó por presencia de otros microorganismos y que son indeseables.

Como una de las características de las soluciones de EM activado es el poder auto reproducirse, se prepararon tres generaciones de soluciones de EM a usarse en cada una de los ciclos de producción de bokashis. La concentración que resultó con los más bajos niveles de pH se escogió para garantizar que se cuenta con los microorganismos necesarios. Las tres generaciones de EM activado que se produjeron se llamaron así:

- EM activado de primera generación (EM-1).- Aquella solución preparada a partir de una cepa inoculante original importada más melaza en la misma proporción y agua.
- EM activado de segunda generación (EM-2).- Aquella solución auto-reproducida a partir de la primera generación anterior, más melaza en la misma proporción y agua.

El EM activado de primera generación (EM-1) se usó como inoculante en los bokashis de tipo EM del primer ciclo de producción de bokashis y el EM activado de segunda generación (EM-2) ese usó como inoculante en los bokashis de tipo EM del segundo ciclo. Para conocer si podemos contar con una solución activada de EM hasta una tercera generación con un pH por debajo de 4.0 se realizó una tercera reproducción llamada así:

3.2.1.1 Diseño estadístico

Para el análisis de los niveles de pH de soluciones activadas de todas las generaciones, se utilizó un diseño completo al azar (DCA).

El modelo lineal fue: $Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$

Y_{ij} = Valor de la variable dependiente (pH)

μ = Media del experimento

T_i = Efecto del tratamiento (concentración de las soluciones)

E_{ij} = Efecto del error experimental

Para analizar los datos de pH se usó el paquete estadístico SAS V 6.8 y para la separación de medias la prueba Duncan, con un alpha de 0.05.

3.2.1.2 Unidades experimentales

Cada unidad experimental estuvo compuesta por un litro y medio de soluciones de EM más melaza y agua, preparadas en envases plásticos preparadas en diferentes concentraciones.

3.2.1.3 Tratamientos para la activación del EM

Primera generación: Soluciones activadas de primera generación (EM-1): al 0.5 %, al 1%, al 2% y al 5% de EM y melaza en la misma concentración, con cinco repeticiones cada uno.

Segunda generación: Soluciones activadas de segunda generación (EM-2): al 0.5%, al 1%, al 5%, al 10% y al 20% de EM y melaza en la misma concentración a partir de la solución de EM activados de la primera generación anterior, con cinco repeticiones cada uno.

Una solución activada de cada generación será escogida para ser usada como inoculante en cada ciclo de producción de bokashi que comprende la segunda fase del ensayo.

3.2.1.4 Consideraciones en la preparación de soluciones activadas de EM

La preparación de las soluciones activadas de EM más melaza se hizo dentro de envases plásticos de litro y medio bien tapados y llenos al máximo de su capacidad para evitar que el oxígeno afecte negativamente la fermentación anaeróbica.

Cada día se dejó escapar el gas CO₂ que se formó en todas las unidades experimentales, solamente con destapar cuidadosamente los envases evitando que se derrame la solución y se notó un cambio en la coloración de las soluciones de café muy oscuro por razón de la melaza a un color más amarillo opaco a medida que transcurre el tiempo de fermentación.

Luego de 7 días las soluciones presentan un olor y sabor agridulce parecido a cualquier otro fermento alcohólico y se tomó la lectura de pH para escoger la solución que presente los valores más bajos y ser usada como inoculante.

3.2.2 Fase II. Producción de bokashi levadura y bokashi EM

Para la producción de los distintos tipos de bokashis se tomó en consideración usar los mismos materiales en todas las unidades experimentales en las mismas proporciones. Con ayuda de la fórmula de ajuste de N teórico se garantizó un similar porcentaje de este elemento en todas las repeticiones. Se tomó en cuenta este material por ser el más limitante dentro de los fertilizantes orgánicos .

La fórmula de ajuste de N teórico es:
$$N = \frac{[\sum \%N/100(A_n)] \times 100}{\text{Peso total del material}}$$

Donde A es la cantidad de cada material a procesar y n es el número de materiales diversos dentro de la formulación de bokashi.

3.2.2.1 Diseño estadístico

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar para cada ciclo de tres tratamientos y tres repeticiones, teniendo un total de seis tratamientos con tres repeticiones.

El modelo lineal fue:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

Y_{ij} = Valor de las variables dependientes (N, P, K y CIC)

μ = Media del experimento

T_i = Efecto del tratamiento (concentración de las soluciones).

B_j = Efecto de los bloques

E_{ij} = Efecto del error experimental

Para analizar los datos de N, P, K y Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) se usó el paquete estadístico SAS V 6.8 y para la separación de medias la prueba Duncan con un alpha de 0.01.

3.2.2.2 Unidades experimentales

Cada unidad experimental estuvo compuesta por un montículo de siete diversos materiales orgánicos listos para fermentarse. Todos los materiales completaron un peso total de 200 Kg. por montículo y con un porcentaje de N teórico de 2.81%.

3.2.2.3 Proporciones de los materiales usados en la producción de bokashis.

Cuadro 1. Materiales usados en la producción de bokashi.

Materia prima		% N	Kg
Gallinaza		2.69	129.34
Casulla quemada		0.54	11.46
Casulla sin quemar		0.26	4.85
Compost		1.17	16.17
Harina de soya		7.61	22.63
Bokashi maduro		1.11	14.55
Melaza		1.14	1.00
% de N Teórico Total		2.81	200.00
Levadura		1.24	0.20
Inoculantes	EM activado 5%	0.00	Lt. 2.00
	EM activado 10%	0.00	Lt. 4.00

3.2.2.4 Tratamientos para la inoculación de bokashi

Para cada ciclo de producción de bokashis se tuvieron tres tratamientos con tres repeticiones, en total fueron 6 tratamientos con tres repeticiones.

Los tratamientos se originan luego de obtener las soluciones activadas en la primera fase del ensayo que van a ser usados como inoculantes y así tenemos los siguientes:

Primer ciclo, consistió en producir:

1. Bokashi inoculado con Levadura (testigo).
2. Bokashi inoculado con EM-1 en una segunda solución con agua al 5%.
3. Bokashi inoculado con EM-1 en una segunda solución con agua al 10%.

Segundo ciclo, consistió en producir:

1. Bokashi inoculado con Levadura (testigo).
4. Bokashi inoculado con EM-2 en una segunda solución con agua al 5.
5. Bokashi inoculado con EM-2 en una segunda solución con agua al 10%.

3.2.2.5 Consideraciones en la preparación del bokashi.

Todos los materiales se colocaron en capas tratando de hacer el mayor número de capas de diferentes materiales para que el proceso de volteo y mezcla sea más eficaz y en menor tiempo.

A medida que se fueron formando las primeras capas de materiales se agregó agua por toda la pila tratando de tener una premezcla de materiales y una humedad lo más uniforme posible desde un comienzo de la preparación.

El volteo de todos los materiales se realizó con palas para preparar cada montículo de 200 Kg. de materiales diversos; se prepararon un total de nueve montículos en cada una de los dos ciclos.

La cantidad de agua que se usó para dejar cada una de las unidades de 200 Kg de materiales con un grado de humedad aproximada del 30 al 40% fue de 40 litros de agua que se verificó tomando un puñado de material a descomponer, comprimido y se verificó que se mantuvo como una unidad sin desmoronarse y sin escurrir agua.

La temperatura a partir del quinto día alcanzó su mayor nivel (50 °C) para asegurar eliminar organismos patógenos pero no excediéndonos para poder mantener las características nutricionales en los materiales y que se pueden perder por muy altas temperaturas y formación de amoníaco.

Para regular la temperatura y permitir una fermentación aeróbica, se realizó volteos diarios durante los siete primeros días y luego pasando solo un día de por medio. La lecturas de temperatura se tomaron dos veces diarias, a las 6:30 de la mañana y al medio día.

Al término de 14 días de fermentación de los materiales, la temperatura del material estuvo alrededor de los 30 °C, un poco por encima a la del ambiente y con un aspecto bastante seco del material, listo para ensacar o aplicar al campo directamente.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó primeramente el análisis estadístico de cada una de las tres generaciones de EM activados para saber si se pueden auto reproducir hasta una tercera generación. También se hizo similares análisis a cada uno de los valores de N, P, K y CIC de cada ciclo de producción para ver diferencias entre ellos y determinar qué inóculo resultó mejor. Por último se hizo un análisis conjunto de todos los rendimientos de bokashis en los dos ciclos para verificar si existe diferencias significativas entre tratamientos y entre ciclos logrando de esta manera saber si se puede repetir los resultados de una a otra generación.

Para los análisis de pH en las tres generaciones de soluciones activadas y de N, P, K y CIC en los bokashis de primer y segundo ciclo se usó un análisis de varianza para mostrar el grado de significancia obtenido en cada uno de ellos, la tendencia de los resultados obtenidos y el porcentaje de confiabilidad que se puede obtener en cada etapa. También se hizo una separación de medias para cada uno de los casos para saber si hubo alguna diferencia significativa entre tratamientos. En todos los casos se aplicó una prueba Duncan y un nivel de significancia del 5%.

4.1.1 Separación de medias para el pH en soluciones activadas de EM en primera generación (EM-1)

Como se puede ver en el cuadro 2, la separación de medias indica que la solución al 1% presentó las menores lecturas de pH, lo que es deseable a la hora de contar con la solución más ácida para ser usado como inoculante.

Como el rango de pH deseable de las soluciones activadas de EM debe estar por debajo de 4, siendo su valor óptimo por debajo de 3.5, podemos ver que los tratamientos al 2 y 5% mostraron valores de medias que los hacen ser también aceptables haciendo uso de mayor producto, cosa que no nos conviene por los costos.

Cuadro 2. Separación de medias para la variable pH en soluciones de primera generación (EM-1)

Tratamiento	Media (pH)	Agrupación Duncan $\alpha=0.05$
Sol. EM-1 al 0.5%	3.70	A*
Sol. EM-1 al 5%	3.48	B
Sol. EM-1 al 2%	3.44	C
Sol. EM-1 al 1%	3.38	D
Observaciones (n)	20	
Coefficiente de variación (C.V.)	0.38%	
Media del ensayo	3.50	
Desviación estándar	0.01	
Coefficiente de relación (R^2)	99%	

* Medias con letras diferentes muestran significancia.

4.1.2 Separación de medias para el pH en soluciones activadas de EM en segunda generación (EM-2)

Como se puede ver en el cuadro 3, la separación de medias indica que la solución al 10% presentó las menores lecturas de pH, lo que es deseable a la hora de contar con la solución más ácida para ser usado como inoculante. Las solución preparada al 20% también sirve como buen inoculante, su valor medio de pH se encuentra por debajo 3.5, pero no se toma en cuenta por los costos mayores.

Se nota que para hacer uso de una segunda generación de EM activado debemos elevar la concentración de la solución por lo menos 10 veces para asegurar una buena cantidad de microorganismos y con un buen pH.

Cuadro 3. Separación de medias para la variable pH en soluciones de segunda generación (EM-2)

Tratamiento	Media (pH)	Agrupación Duncan $\alpha=0.05$
Sol. EM-1 al 0.5%	3.97	A*
Sol. EM-1 al 1%	3.74	B
Sol. EM-1 al 5%	3.56	C
Sol. EM-1 al 20%	3.40	D
Sol. EM-1 al 10%	3.36	D
Observaciones (n)	25	
Coefficiente de variación (C.V.)	1.50%	
Media del ensayo	3.61	
Desviación estándar	0.05	
Coefficiente de relación (R^2)	96%	

* Medias con letras diferentes muestran significancia

4.1.3 Separación de medias para el contenido de N en bokashis del primer y segundo ciclo de producción.

Como se puede ver en el cuadro 4, la separación de medias indica que el porcentaje de nitrógeno en los bokashis inoculados al 5% son estadísticamente mayores a los obtenidos en los demás tratamientos y replicable en los dos ciclos, lo que comprueba claramente que se puede reproducir el inoculante obteniendo resultados similares en efectividad de fijar el elemento nitrógeno que es el mayor limitante dentro de fertilizantes orgánicos.

Los dos tratamientos con inoculantes de EM activado resultaron superiores al inoculante con levaduras.

Las medias en el contenido de nitrógeno indican que este elemento es mayor en un 40% en ambos ciclos de producción comparados con los resultados obtenidos en el de tipo levadura.

Cuadro 4. Separación de medias para el contenido de N en bokashis del primer y segundo ciclo de producción.

Tratamiento	Media (%N)	
	1º Ciclo	2º Ciclo
Bokashi EM 5%	2.69 A*	2.60 A*
Bokashi EM 10%	2.59 B	2.32 B
Bokashi levadura	1.92 C	1.86 C
Observaciones (n)	9	9
Coefficiente Variación (C.V.)	1.12%	5.74%
Media del ensayo	2.40	2.26
Desviación estándar	0.03	0.13
Coefficiente de relación (R^2)	99%	89%

* Medias con letras diferentes muestran significancia Prueba Duncan $\alpha=0.05$

4.1.4 Separación de medias para el contenido de P en bokashis del primer y segundo ciclo de producción.

Como se puede ver en el cuadro 5, la separación de medias indica que el porcentaje de fósforo en los bokashis inoculados al 5% y al 10% en el primer ciclo son estadísticamente similares pero ambos son mayores que el testigo inoculado con levaduras, ya en un segundo ciclo el mayor contenido de fósforo se dio sólo con inoculaciones al 5%. Esto demuestra que las inoculaciones al 5% son mejores que los demás tratamientos.

Las medias en el contenido de fósforo indican que este elemento es mayor en un 28 y 21% en el primer y segundo ciclo, respectivamente, que los resultados obtenidos en el de tipo levadura.

Cuadro 5. Separación de medias para el contenido de P en bokashis del primer ciclo de producción.

Tratamiento	Media (%P)	
	1º Ciclo	2º Ciclo
Bokashi EM 5%	1.15 A*	0.88 A*
Bokashi EM 10%	1.11 A	0.78 B
Bokashi levadura	0.90 B	0.73 B
Observaciones (n)	9	9
Coefficiente Variación (C.V.)	5.48%	3.20%
Media del ensayo	1.05	0.80
Desviación estándar	0.06	0.03
Coefficiente de relación (R^2)	85%	89%

* Medias con letras diferentes muestran significancia Prueba Duncan $\alpha=0.05$

4.1.5 Separación de medias para el contenido de K en bokashis del primer y segundo ciclo de producción.

Como se puede ver en el cuadro 6, la separación de medias indica que el porcentaje de potasio en los bokashis inoculados al 5% y al 10% en el primer ciclo son estadísticamente similares pero ambos son mayores que el testigo inoculado con levaduras, ya en un segundo ciclo el mayor contenido de potasio se dio sólo con inoculaciones al 5%. Esto demuestra que las inoculaciones al 5% son mejores que los demás tratamientos.

Las medias en el contenido de potasio indican que este elemento es mayor en un 40 y 14% en el primer y segundo ciclo, respectivamente, que los resultados obtenidos en el de tipo levadura.

Cuadro 6. Separación de medias para el contenido de K en bokashis del primer y segundo ciclo de producción.

Tratamiento	Media (%K)	
	1º Ciclo	2º Ciclo
Bokashi EM 5%	2.53 A*	1.73 A*
Bokashi EM 10%	2.63 A	1.62 B
Bokashi levadura	1.81 B	1.52 C
Observaciones (n)	9	9
Coefficiente Variación (C.V.)	4.69%	2.86%
Media del ensayo	2.33	1.63
Desviación estándar	0.11	0.05
Coefficiente de relación (R^2)	94%	83%

* Medias con letras diferentes muestran significancia Prueba Duncan $\alpha=0.05$

4.1.6 Separación de medias para el contenido de CIC en bokashis del primer y segundo ciclo de producción.

Como se puede ver en el cuadro 7, la separación de medias indica que el nivel de CIC en el bokashi inoculado al 10% es superior al testigo, pero estadísticamente similar al bokashi inoculado con EM al 5%, ya en un segundo ciclo se ven resultados estadísticamente similares entre los tres tratamientos.

Las medias en el contenido de CIC indican que es mayor en un 9 y 6% en el primer y segundo ciclo, respectivamente, que los resultados obtenidos en el de tipo levadura, esto indica que a pesar de que no se pueda obtener una diferencia significativa a nivel estadístico en la segunda generación, esto si es muy representativo a nivel de suelo para considerar que el tratamiento de inoculación con EM al 10% es superior al testigo. Los valores de CIC >40 cmol/kg indican muy altos niveles de esta propiedad, lo que es deseable en un material orgánico (Gauggel, 2003)¹.

Se encontraron diferencias significativas en los niveles de CIC sólo en el tratamiento de EM al 10% en una primera generación pero no se vio ninguna diferencia en ningún tratamiento en el segundo ciclo.

Los valores de R^2 , 57 y 24% en primer y segundo ciclo respectivamente, nos indican que sólo un poco más de la mitad de los datos se ajustan a un modelo lineal en primer ciclo, y en un segundo ciclo no se tiene ninguna tendencia lineal con los resultados que son muy variables.

¹ Gauggel, 2003. Comunicación personal.

Cuadro 7. Separación de medias para el contenido de CIC en bokashis del primer y segundo ciclo de producción.

Tratamiento	Media (cmol/Kg)	
	1º Ciclo	2º Ciclo
Bokashi EM 10%	55.97 A*	55.17 A*
Bokashi EM 5%	53.33 A B	51.97 A
Bokashi levadura	51.23 B	52.13 A
Observaciones (n)	9	9
Coeficiente Variación (C.V.)	3.88%	5.99%
Media del ensayo	53.51	53.09
Desviación estándar	2.08	3.18
Coeficiente de relación (R ²)	57%	24%

* Medias con letras diferentes muestran significancia Prueba Duncan $\alpha=0.05$

4.2 ANÁLISIS ECONÓMICO

Se analizó la rentabilidad de cada uno de los tratamientos. Para esto se usó el Sistema de Presupuestos Parciales del CIMMYT (1988), con el fin de organizar los datos experimentales y obtener los costos y beneficios de los costos y beneficios de los tratamientos alternativos (Cuadro 9).

Cuadro 8. Análisis de costos que varían por tratamiento y por ciclo de producción (US\$/t).

Tratamiento	Costos que varían		
	Mano de obra	Inoculante	TOTAL
Primer Ciclo	Bok. Lev.	0	0.96
	Bok.EM 5%	0.82	0.84
	Bok.EM 10%	0.82	0.84
Segundo Ciclo	Bok. Lev.	0	0.96
	Bok. EM 5%	0.82	0.84
	Bok. EM 10%	0.82	0.84

Tasa de cambio: Lp. 16.97 / US\$

Cuadro 9. Presupuesto parcial de los diferentes tratamientos para la producción de bokashi (US \$).

	Tratamiento	Rend. ajustado (kg)	* BENEFICIO BRUTO	Total Co. que varían	Beneficios netos marginales	Costos comunes	COSTOS TOTALES	BENEFICIOS NETOS TOTALES	Rent. (%)
Primer Ciclo	Bok. Lev.	757	391.74	0.96	390.78	98.56	99.51	292.22	294
	Bok.EM 5%	803	415.33	0.84	414.49	98.56	99.40	315.93	318
	Bok.EM 10%	809	418.77	0.84	417.93	98.56	99.40	319.37	321
Segundo Ciclo	Bok. Lev.	760	393.21	0.96	392.25	95.86	96.82	296.40	306
	Bok. EM 5%	812	420.24	0.84	419.40	93.54	94.38	325.86	345
	Bok. EM 10%	808	417.79	0.84	416.95	98.56	99.40	318.39	320

* Calculado con precio de bokashi = US \$ 0.52 / Kg
Tasa de cambio: Lp. 16.97 / US\$

El ajuste de los rendimientos medios fueron ajustados en un 5% para reducir la sobre estimación de los rendimientos al momento de cosechar los bokashis con un grado de humedad diferente o por pérdidas sufridas durante los procesos de volteos diarios.

Se muestra que las rentabilidades promedios de los bokashis de tipo EM son mayores que los obtenidos en bokashis inoculados con levadura, teniendo una rentabilidad que puede variar del 8 al 12% del primer al segundo ciclo, esto se debe a que de un ciclo a otro podemos aprovechar las ventajas de volver a usar un inoculante auto reproducible, usar un bokashi de superior calidad nutritiva y por tanto disminuir en cada ciclo siguiente los costos de harina de soya, que en este caso es el ingrediente más caro (US \$ 0.26/Kg), además que el rendimiento promedio del bokashi inoculado con EM activado mostró ser mayor al inoculado con levadura en 6.47 y 6.56% en el primer y segundo ciclo respectivamente.

Los costos de materias primas de un ciclo a otro disminuyen porque hacemos un reajuste de las cantidades de materiales que vamos a usar y contar con un mismo porcentaje de N (2.81%) pero disminuyendo la proporción de materiales caros como el caso de la harina de soya, esta disminución de costos de materia primas se da de un ciclo a otro, pudiendo ampliarse esta cantidad si tomamos en cuenta que cada vez obtenemos un bokashi de superior calidad que va a ser reutilizado dentro de la nueva formulación para un siguiente ciclo, disminuyendo la cantidades de otros ingredientes costosos.

5. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones de producción de Zamorano, el ensayo de estudio nutricional comparativo de bokashis inoculados con levaduras y con microorganismos eficientes (EM) de primera y segunda generación muestra lo siguiente:

- La concentración al 1% para la primera generación y al 10% para una segunda generación hecha a partir de la primera son las concentraciones que mostraron mejores niveles de pH, lo que asegura también contar con una buena población de microorganismos usados como inoculantes.
- La activación de microorganismos eficientes es confiable hasta una segunda generación como máximo para ser usado como inoculante en bokashi, una tercera generación representaría correr un alto riesgo de que no se tengan los resultados superiores a los que se han venido dando con inóculos de levaduras.
- Los niveles nutricionales de N, P y K resultaron superiores en los bokashis inoculados con EM activado, siendo la mejor opción entre ellos el bokashi inoculado al 5% por razones de más bajo costo. En cambio la CIC a pesar de que estadísticamente no se mostró diferencia significativa superior en los bokashis, a excepción del primer ciclo que sí fue superior el inoculado al 10%, eso no quiere decir que sean realmente iguales, en la práctica sí es muy notable y por lo tanto todos los bokashis con EM son superiores a los del testigo de levadura..
- La rentabilidad del tratamiento con EM para la producción de bokashi resultó mayor variando de un 8 a 12% por sobre el tratamiento con levaduras, esto debido a que los bokashis de tipo EM presentan mejores rendimientos en peso al final del proceso y se necesita cada vez menos harina de soya que es el material más caro entre los demás para compostar.
- El grado de humedad (30 - 40%) usado en el inicio de la elaboración de bokashi resultó muy favorable, siendo así mucho menor de lo que antes se venía haciendo en Zamorano y así garantizar un mejor proceso de volteos, control de malos olores, control de moscas y evitar pérdidas de nutrientes por lixiviación, problemas ahora quedan resueltos.
- La temperatura máxima alcanzada por los bokashis se redujo para garantizar buenos resultados nutricionales finales, lo que se ve reflejado en los superiores porcentajes de nitrógeno que se consiguen ahora comparados con los registros de anteriores análisis de ciclos anteriores.

6. RECOMENDACIONES

- Para la activación de los microorganismos se debe contar con un recipiente siempre de material plástico que no ofrezca mayores riesgos de contaminación y la fermentación debe ser anaeróbica sin alguna cámara de aire dentro del recipiente y al momento de usarse debe sacarse la solución de ser posible por medio de una llave de paso acoplada al recipiente disminuyendo el riesgo de contaminación.
- El área de producción de bokashi debería ser un lugar que además de contar con un techo para sombra debe contar con ventilación para facilitar el proceso de volteo, secado y aireación para el control de temperaturas.
- Se debe establecer un pequeño programa de programación lineal similar al usado en la planta de concentrados para poder hacer proyecciones de cuanto material se va a usar y de acuerdo a los niveles nutricionales que cada material aporta para tener una producción más estandarizada de bokashi .
- Establecer un calendario de aprovisionamiento de gallinaza, material fundamental en la producción de bokashi para coordinar con el área de aves y tener una producción continua de este fertilizante. Actualmente se hace uso de gallinaza que ha sido muy lixiviada de sus nutrientes y muy vieja.
- Realizar más ensayos en el uso de estos microorganismos como inoculante aplicado directamente al campo para disminuir los costos de acarreo de materiales y mano de obra.

7. BIBLIOGRAFÍA

Asia Pacific Natural Agriculture Network (APNAN). 1995. EM application manual for APNAN countries. Primera Edición. Consultado el 12 de Agosto del 2002. Disponible también en línea <http://www.agriton.nl/apnanman.html>

Bravo, I.; Giraldo, E. 1996. Efectos de las vinazas sobre el contenido de N.P.K en bioabonos. Unicauca Ciencia Vol. 1, 66-74 p.

CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Ed. Rev. CIMMYT. México. 79p.

García E.; Monge R. 1995. Agricultura orgánica. EUNED. Costa Rica. 457 p.

Higa, T.; 1996. An earth saving revolution. Trad. Anja Kanal. Edit. Sunmark Publishing Inc. Second Edition. Tokyo. Japan. 336 p.

Kyan, T.; Shintani, M.; Kanda, S.; Sakurai, M.; Ohashi, H.; Fujisawa, A.; Pongdit, S. 1999. Kusei nature farmin and the technology of effective microorganisms. Asia Pacific Natural Agriculture Network. Bangkok. 2-19p.

Okumoto, S.; Cascante, C. 1996. Manejo de microorganismos en la agricultura orgánica. Proyecto de Agricultura Orgánica UCR-JOCV-INA. Costa Rica. 228 p.

Restrepo, J. 1994. Abonos orgánicos fermentados. Editorial Cedeco. Costa Rica. 50 p.

SAS Institute. 1999. SAS a user guide: Statistical version 6.8 Edition. SAS Institute Inc., Carry, N.Y.

Shintani, M.; Leblanc, H.; Tabora P. 2000. Bokashi, abono orgánico fermentado. tecnología tradicional adaptada para una agricultura sostenible y un manejo de desechos modernos. Costa Rica. 24 p.

Shogo, S. 1994. La extensión del método orgánico para la agricultura. Alajuela, Costa Rica. 51 p.

Suquilanda, M. 1995. Agricultura orgánica. Alternativa tecnológica del futuro. Fundación para el Desarrollo Agropecuario. Ecuador. 654p.

8. ANEXOS

Anexo 1. Lecturas de pH de soluciones activadas a diferente concentración y generación.**PRIMERA GENERACION**

Solución	Rep.	pH
		(7 días)
Sol. 0.5%	1	3.71
Sol. 0.5%	2	3.69
Sol. 0.5%	3	3.70
Sol. 0.5%	4	3.70
Sol. 0.5%	5	3.71
Sol. 1%	1	3.38
Sol. 1%	2	3.38
Sol. 1%	3	3.37
Sol. 1%	4	3.37
Sol. 1%	5	3.39
Sol. 2%	1	3.42
Sol. 2%	2	3.44
Sol. 2%	3	3.45
Sol. 2%	4	3.43
Sol. 2%	5	3.44
Sol. 5%	1	3.48
Sol. 5%	2	3.51
Sol. 5%	3	3.47
Sol. 5%	4	3.46
Sol. 5%	5	3.50

SEGUNDA GENERACION

Solución	Rep.	pH
		(7 días)
Sol. 0.5%	1	4.03
Sol. 0.5%	2	3.88
Sol. 0.5%	3	3.98
Sol. 0.5%	4	3.91
Sol. 0.5%	5	4.07
Sol. 1%	1	3.84
Sol. 1%	2	3.79
Sol. 1%	3	3.68
Sol. 1%	4	3.72
Sol. 1%	5	3.65
Sol. 5%	1	3.60
Sol. 5%	2	3.52
Sol. 5%	3	3.55
Sol. 5%	4	3.59
Sol. 5%	5	3.55
Sol. 10%	1	3.39
Sol. 10%	2	3.31
Sol. 10%	3	3.37
Sol. 10%	4	3.36
Sol. 10%	5	3.38
Sol. 20%	1	3.41
Sol. 20%	2	3.39
Sol. 20%	3	3.41
Sol. 20%	4	3.39
Sol. 20%	5	3.40

Anexo 2. Resultado de análisis de %N en materiales usados en la producción de bokashis.

# Lab.	Material	%N
110-03	Bokashi EM	1.11
109-03	Bokashi levadura	0.98
107-03	Casulla quemada	0.54
313-02	Casulla sin quemar	0.26
108-03	Compost	1.17
133-03	EM activado al 1%	0.01
134-03	EM activado al 10%	0.01
069-03	Gallinaza	2.69
106-03	Harina de soya	7.61
316-02	Levadura	5.9
315-02	Melaza	1.14

Responsable: _____

Ing. Hilda Flores

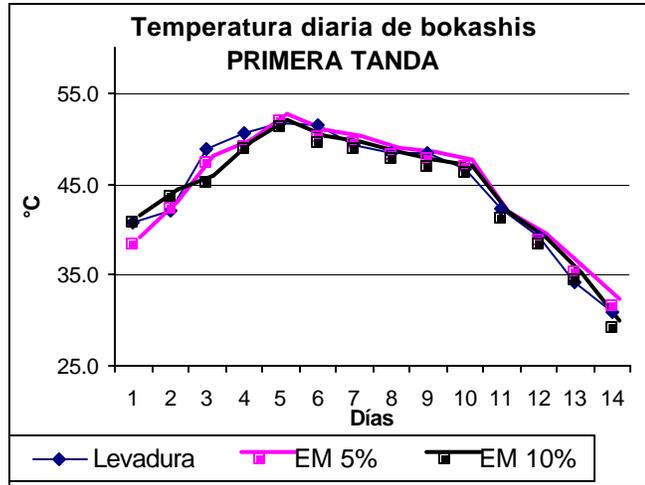
Anexo 3. Cantidades de materiales usados por tipo de bokashi y por ciclo.

Materia prima	% N	Bokashi Levadura				Bokashi EM			
		Primer ciclo		Segundo ciclo		Primer ciclo		Segundo ciclo	
		%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg
Gallinaza	2.69	64.71	129.43	65.62	131.24	64.82	129.64	66.49	132.98
Casulla quemada	0.54	5.66	11.33	5.74	11.48	5.67	11.34	5.82	11.64
Casulla sin quemar	0.26	2.43	4.85	2.46	4.92	2.43	4.86	2.49	4.98
Compost	1.17	8.09	16.18	8.2	16.40	8.10	16.20	8.31	16.62
Harina de soya	7.61	11.33	22.65	10.09	20.18	11.18	22.36	8.89	17.78
Bokashi maduro	1.11	7.28	14.56	7.38	14.76	7.29	14.58	7.48	14.96
Melaza (4.000 cc)	1.14	0.50	1.00	0.5	1.00	0.50	1.00	0.51	1.02
	TOTAL	100.00	200.00	100.00	200.00	100.00	200.00	100.00	200.00

Anexo 4. Registro de temperaturas promedios de los bokashis.

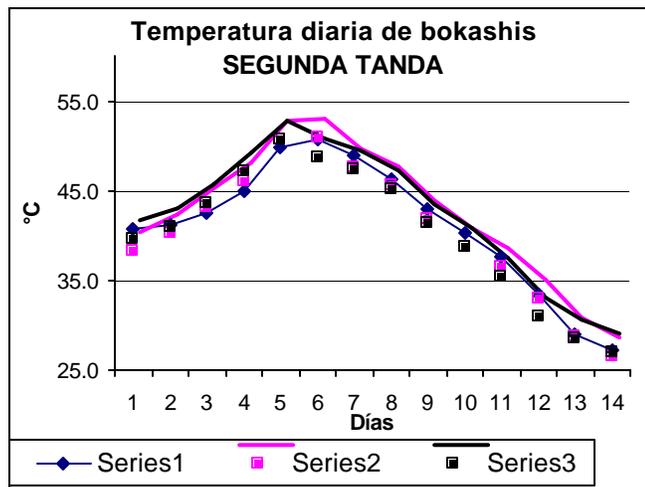
Primer Ciclo

Tipos de Bokashi	Temperaturas promedios diarias													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Levadura	40.8	42.1	48.8	50.7	51.7	51.5	49.3	48.4	48.4	46.6	42.2	39.2	34.1	31.0
EM 5%	38.4	42.2	47.4	49.1	52.0	50.1	49.4	48.1	47.8	46.8	41.1	38.8	35.2	31.5
EM 10%	40.7	43.7	45.1	48.9	51.3	49.4	48.8	47.7	46.8	46.2	41.1	38.3	34.3	29.2



Segundo Ciclo

Tipos de Bokashi	Temperaturas promedios diarias													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Levadura	40.7	41.1	42.6	45.0	49.7	50.7	48.9	46.2	43.0	40.2	37.7	33.4	29.0	27.3
EM 5%	38.4	40.3	43.1	46.0	50.8	51.0	47.6	45.5	41.8	38.8	36.6	32.9	28.8	26.5
EM 10%	39.6	41.0	43.7	47.1	50.8	48.8	47.3	45.1	41.5	38.7	35.5	31.0	28.5	26.9



Anexo 5. Rendimientos de bokashi por cada 200 Kg de materiales a descomponer.

Tipo de bokashi	Repetición	Peso total (Kg)			
		Primer ciclo		Segundo ciclo	
		Prod.	%	Prod.	%
Levadura	1	159	79.5	159	79.5
Levadura	2	160	80.0	163	81.5
Levadura	3	159	79.5	158	79.0
EM 5%	1	170	85.0	172	86.0
EM 5%	2	169	84.5	172	86.0
EM 5%	3	168	84.0	169	84.5
EM 10%	1	172	86.0	171	85.5
EM 10%	2	170	85.0	170	85.0
EM 10%	3	169	84.5	169	84.5

Anexo 6. Resultados de análisis de N, P, K, y CIC en bokashis.

	# Lab.	Muestra	Rep.	%			meq/100gr
				N	P	K	C.I.C.
PRIMER CICLO	163	Bokashi Levadura	1	1.88	0.97	1.83	50.50
	164	Bokashi Levadura	2	1.95	0.89	1.80	50.20
	165	Bokashi Levadura	3	1.94	0.83	1.81	53.00
	221	Bokashi EM1 5%	1	2.71	1.14	2.45	54.00
	222	Bokashi EM1 5%	2	2.70	1.14	2.58	53.50
	223	Bokashi EM1 5%	3	2.66	1.16	2.57	52.50
	224	Bokashi EM1 10%	1	2.58	1.03	2.50	52.50
	225	Bokashi EM1 10%	2	2.59	1.14	2.83	58.70
	226	Bokashi EM1 10%	3	2.59	1.16	2.57	56.70
SEGUNDO CICLO	383	Bokashi Levadura	1	1.85	0.72	1.50	48.50
	384	Bokashi Levadura	2	1.80	0.77	1.54	55.20
	385	Bokashi Levadura	3	1.92	0.71	1.53	52.70
	377	Bokashi EM1 5%	1	2.48	0.90	1.77	50.50
	378	Bokashi EM1 5%	2	2.78	0.89	1.75	51.70
	379	Bokashi EM1 5%	3	2.54	0.85	1.67	53.70
	380	Bokashi EM1 10%	1	2.49	0.78	1.67	57.50
	381	Bokashi EM1 10%	2	2.21	0.77	1.56	50.50
	382	Bokashi EM1 10%	3	2.27	0.80	1.64	57.50

Anexo 7. Presupuestos de costos comunes por tonelada en la elaboración de bokashi levadura.

Presupuesto de costos comunes de elaboración de bokashi **LEVADURA 1er Ciclo**

COSTOS VARIABLES	Unidad	Co. Unit.	Cantidad	Subtotal	%	Total (Lp.)	%	Total (US \$)
Mano de obra						478.86	28.63	28.22
Preparación de mezcla	horas	13.88	10.00	138.80	8.30			
Volteos	horas	13.88	17.50	242.90	14.52			
Recolección	horas	13.88	7.00	97.16	5.81			
Materia prima						1193.63	71.37	70.34
Gallinaza	Kg	0.42	647.14	271.80	16.25			
Casulla quemada	Kg	0.32	56.63	18.12	1.08			
Casulla sin quemar	Kg	0.32	24.27	7.77	0.46			
Compost	Kg	1.54	80.89	124.57	7.45			
Harina de soya	Kg	4.40	113.25	498.30	29.79			
Bokashi maduro	Kg	2.64	72.80	192.19	11.49			
Melaza	Lt.	1.47	5.02	7.38	0.44			
Bolsas plasticas	U	0.35	210.00	73.50	4.39			
COSTOS TOTALES					100.00	1672.49	100.00	98.56

Tasa de cambio: Lp. 16.97 / US\$

Presupuesto de costos comunes de elaboración de bokashi **LEVADURA 2do Ciclo**

COSTOS VARIABLES	Unidad	Co. Unit.	Cantidad	Subtotal	%	Total (Lp.)	%	Total (US \$)
Mano de obra						478.86	29.44	28.22
Preparación de mezcla	horas	13.88	10.00	138.80	8.53			
Volteos	horas	13.88	17.50	242.90	14.93			
Recolección	horas	13.88	7.00	97.16	5.97			
Materia prima						1147.84	70.56	67.64
Gallinaza	Kg	0.42	656.22	275.61	16.94			
Casulla quemada	Kg	0.32	57.42	18.37	1.13			
Casulla sin quemar	Kg	0.32	24.61	7.88	0.48			
Compost	Kg	1.54	82.03	126.33	7.77			
Harina de soya	Kg	4.40	100.89	443.92	27.29			
Bokashi maduro	Kg	2.64	73.82	194.88	11.98			
Melaza	Lt.	1.47	5.00	7.35	0.45			
Bolsas plasticas	U	0.35	210.00	73.50	4.52			
COSTOS TOTALES					100.00	1626.70	100.00	95.86

Tasa de cambio: Lp. 16.97 / US\$

Anexo 8. Presupuesto de costos comunes por tonelada en la elaboración de bokashi EM.Presupuesto de costos comunes de elaboración de bokashi **EM 1er Ciclo**

COSTOS VARIABLES	Unidad	Co. Unit.	Cantidad	Subtotal	%	Total (Lp.)	%	Total (US \$)
Mano de obra						478.86	28.64	28.22
Preparación de mezcla	horas	13.88	10.00	138.80	8.30			
Volteos	horas	13.88	17.50	242.90	14.53			
Recolección	horas	13.88	7.00	97.16	5.81			
Materia prima						1193.19	71.36	70.31
Gallinaza	Kg	0.42	648.19	272.24	16.28			
Casulla quemada	Kg	0.32	56.72	18.15	1.09			
Casulla sin quemar	Kg	0.32	24.31	7.78	0.47			
Compost	Kg	1.54	81.02	124.77	7.46			
Harina de soya	Kg	4.40	111.81	491.96	29.42			
Bokashi maduro	Kg	2.64	72.92	192.51	11.51			
Melaza	Lt.	1.47	5.02	7.38	0.44			
Bolsas plasticas	U	0.35	224.00	78.40	4.69			
COSTOS TOTALES					100.00	1672.05	100.00	98.53

Tasa de cambio: Lp. 16.97 / US\$

Presupuesto de costos comunes de elaboración de bokashi **EM 2do Ciclo**

COSTOS VARIABLES	Unidad	Co. Unit.	Cantidad	Subtotal	%	Total (Lp.)	%	Total (US \$)
Mano de obra						478.86	30.17	28.22
Preparación de mezcla	horas	13.88	10.00	138.80	8.74			
Volteos	horas	13.88	17.50	242.90	15.30			
Recolección	horas	13.88	7.00	97.16	6.12			
Materia prima						1108.57	69.83	65.33
Gallinaza	Kg	0.42	664.95	279.28	17.59			
Casulla quemada	Kg	0.32	58.18	18.62	1.17			
Casulla sin quemar	Kg	0.32	24.94	7.98	0.50			
Compost	Kg	1.54	83.12	128.00	8.06			
Harina de soya	Kg	4.40	88.94	391.34	24.65			
Bokashi maduro	Kg	2.64	74.81	197.50	12.44			
Melaza	Lt.	1.47	5.07	7.45	0.47			
Bolsas plasticas	U	0.35	224.00	78.40	4.94			
COSTOS TOTALES						1587.43	100.00	93.54

Tasa de cambio: Lp. 16.97 / US\$

Anexo 9. Comparación de costos comunes y totales por tratamientos para producción de una tonelada y por kilo de bokashi.

Tratamiento		Total Co. que varían US \$ / t	Costos comunes US \$ / t	COSTOS TOTALES US \$ / t	COSTOS US \$ / Kg
Primer Ciclo	Bok. Lev.	0.96	98.56	99.52	0.0995
	Bok.EM 5%	0.84	98.53	99.37	0.0994
	Bok.EM 10%	0.84	98.53	99.37	0.0994
Segundo Ciclo	Bok. Lev.	0.96	95.86	96.82	0.0968
	Bok. EM 5%	0.84	93.54	94.38	0.0944
	Bok.EM 10%	0.84	98.54	99.38	0.0994