



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS

CARRERA DE INGENIERÍA BIOQUÍMICA

“Evaluación del comportamiento de microorganismos eficientes autóctonos (EMA) y levaduras fermentadoras (*Saccharomyces cerevisiae*) en la fabricación del biofertilizante Bokashi”

Trabajo de Investigación (Graduación). Modalidad: Trabajo Estructurado de Manera Independiente (TEMI). Presentado como requisito previo a la obtención del Título de Ingeniero Bioquímico otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

AUTOR: Lidia Silvana Córdova Vinueza

TUTOR: Ing. César German

Ambato – Ecuador

2015

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación (Graduación) sobre el tema: **“EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE MICROORGANISMOS EFICIENTES AUTÓCTONOS (EMA) Y LEVADURAS FERMENTADORAS (*Saccharomyces cerevisiae*) EN LA FABRICACIÓN DEL BIOFERTILIZANTE BOKASHI”**, elaborado por Lidia Silvana Córdova Vinueza, egresada de la Carrera de Ingeniería Bioquímica, de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato, certifico que el trabajo fue realizado por la persona indicada.

Considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Grado, que el Honorable Consejo Directivo designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Ambato, Marzo de 2015

.....
Ing. César German

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Los criterios emitidos en el Trabajo de Investigación “**Evaluación del comportamiento de microorganismos eficientes autóctonos (EMA) y levaduras fermentadoras (*Saccharomyces cerevisiae*) en la fabricación del biofertilizante Bokashi**”, corresponden exclusivamente a mi persona como ejecutor de este trabajo de investigación.

Ambato, Marzo 2015

EL AUTOR

.....
Lidia Silvana Córdova Vinueza

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Informe de Investigación, sobre el tema: **“Evaluación del comportamiento de microorganismos eficientes autóctonos (EMA) y levaduras fermentadoras (*Saccharomyces cerevisiae*) en la fabricación del biofertilizante Bokashi”**, del estudiante: Lidia Silvana Córdova Vinueza.

Ambato, Marzo 2015

Para constancia firman:

.....

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado primeramente a Dios quien me llena de bendiciones y es el ente que guía mi camino.

A mis padres Lidia y Alberto por ser los que siempre me han brindado su apoyo incondicional en todo el trayecto de mi vida estudiantil, me llenan de amor, me han inculcado buenos principios y con sus consejos logran que sea cada vez una mejor persona.

A mis abuelitos Zoila y Víctor por haberme apoyado y compartido muchos momentos importantes de mi vida, sé que donde se encuentren abuelitos juntos me están bendiciendo.

A mi hermana y sobrinos que con su amor y cariño ha hecho con nunca me rinda y salga siempre adelante para cumplir con mis metas propuestas.

AGRADECIMIENTO

A los docentes de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos que aportaron sus conocimientos durante mi vida estudiantil.

Al Dr. Ramiro Velasteguí, PhD que con su paciencia y sabiduría ha hecho posible la culminación del presente proyecto de investigación y al Ing. César German por colaborarme y avalar dicho trabajo.

A mis amigos con quien he compartido toda mi vida estudiantil y hemos compartido buenos y malos momentos, especialmente a Cris R y CH, Marín, Santy y Silvita.

ÍNDICE

PÁGINAS PRELIMINARES

Tema	i
Aprobación del tutor	ii
Autoría	iii
Aprobación del tribunal de grado	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice	vii
Resumen	x viii

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1	Tema de Investigación	1
1.2	Planteamiento del Problema	1
1.2.1	Contextualización	1
1.2.2	Análisis Crítico	3
1.2.3	Prognosis	4
1.2.4	Formulación del Problema	4
1.2.5	Preguntas Directrices	4
1.2.6	Delimitación	5
1.3	Justificación	5
1.4	Objetivos	6
1.4.1	Objetivo General	6
1.4.2	Objetivos Específicos	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes Investigativos	7
2.2	Fundamentación Filosófica	9

2.3	Fundamentación Legal	10
2.4	Categorías Fundamentales	12
2.4.1	Marco Teórico de la Variable Independiente	13
2.4.1.1	Microorganismos	13
2.4.1.1.1	Metabolismo primario y secundario de los microorganismos	13
2.4.1.2	Importancia de los microorganismos benéficos	14
2.4.1.3	Microorganismos degradadores	15
2.4.1.4	Microorganismos eficientes (EM)	16
2.4.1.4.1	Microorganismos eficientes autóctonos (EMA)	17
2.4.1.4.2	Microorganismos eficientes para la fabricación de Bokashi	17
2.4.1.5	Levaduras	18
2.4.1.6	Mineralización de la materia orgánica	19
2.4.2	Marco Teórico de la Variable Dependiente	20
2.4.2.1	Agroecología y biofertilizantes	20
2.4.2.2	Abono orgánico	22
2.4.2.3	Bokashi	22
2.4.2.3.1	Fabricación de Bokashi	22
2.4.2.3.2	Bokashi preparado con EM	25
2.5	Hipótesis	26
2.5.1	Hipótesis Alternativa	26
2.5.2	Hipótesis Nula	26
2.6	Señalamiento de Variables	26
2.6.1	Variable Independiente	26
2.6.2	Variable Dependiente	26

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1	Enfoque	27
3.2	Modalidad Básica de la Investigación	27
3.3	Nivel o Tipo de Investigación	28
3.4	Población y Muestra	28
3.4.1	Población	28
3.4.2	Muestra	28

3.5	Operacionalización de Variables	29
3.6	Recolección de Información	32
3.6.1	Materiales y Métodos	32
3.6.1.1	Ubicación	32
3.6.1.2	Materiales	32
3.6.1.3	Métodos	34
3.6.1.3.1	Ejecución del aislamiento de microorganismos eficientes autóctonos (EMA) y la adquisición de una cepa pura comercial de levaduras fermentadoras (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>).	34
3.6.1.3.2	Evaluación del comportamiento de los dos tipos de microorganismos por separado y de manera combinada en la fabricación de Bokashi.	35
3.6.1.3.3	Determinación de las más recomendables modalidades investigadas en cuanto a tiempo y calidad del bioproducto final.	35
3.6.1.3.4	Factor en estudio	40
3.6.1.3.5	Tratamientos	40
3.6.1.3.6	Diseño experimental	41
3.7	Procesamiento y Análisis	43

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1	Elaboración de Bokashi y parámetros de evaluación	44
4.2	Verificación de Hipótesis	54

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	56
5.2	Recomendaciones	57

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1	Datos Informativos	58
-----	--------------------	----

6.2	Antecedentes de la Propuesta	59
6.3	Justificación	59
6.4	Objetivos	60
6.4.1	Objetivo General	60
6.4.2	Objetivos Específicos	60
6.5	Análisis de Factibilidad	60
6.6	Fundamentación	62
6.6.1	Biofertilizante Bokashi	62
6.6.2	Suelos degradados	63
6.6.3	Ventajas para Bokashi bajos suelos degradados	63
6.7	Metodología	65
6.8	Administración	66
6.9	Previsión de la Evaluación	67

MATERIALES DE REFERENCIA

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fabricación de Bokashi con diferentes concentraciones de microorganismos eficientes autóctonos (EMA)	40
Tabla 2. Fabricación de Bokashi con diferentes concentraciones de levaduras fermentadoras	40
Tabla 3. Lista de los tratamientos obtenidos de la combinación de cada uno de los niveles de los factores en estudio.	40
Tabla 4. Cuadro de análisis de varianza	42
Tabla 5. Norma técnica colombiana para productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes	50
Tabla 6. Recursos para la producción de Bokashi	62
Tabla 7. Modelo Operativo (Plan de acción)	65
Tabla 8. Administración de la Propuesta	66
Tabla 9. Previsión de la Evaluación	67

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Flujograma del proceso	39
Gráfico 2. Factores condicionantes del proceso de compostaje	46
Gráfico 3. Fases del proceso de Compostaje días vs temperatura	47
Gráfico 4. Gráfico estadístico de la relación C/N	54

ANEXOS

DATOS OBTENIDOS

- Tabla A-1.** Cantidad empleada de residuos para la elaboración de Bokashi.
- Tabla A-2.** Temperaturas obtenidas durante la fabricación del Bokashi antes del volteo
- Tabla A-3.** Temperaturas obtenidas durante la fabricación del Bokashi después del volteo
- Tabla A-4.** Colores obtenidos durante la fabricación de Bokashi antes del volteo
- Tabla A-5.** Colores obtenidos durante la fabricación de Bokashi después del volteo
- Tabla A-6.** Resultados de la Integridad de materia durante la fabricación de Bokashi
- Tabla A-7.** Resultados del Contenido de nutrientes N, P, K, Ca, S, Mg al inicio del proceso de fabricación de Bokashi
- Tabla A-8.** Resultados Contenido de nutrientes N, P, K, Ca, S, Mg al final del proceso de fabricación de Bokashi
- Tabla A-9.** Porcentaje de humedad obtenido durante la fabricación de Bokashi
- Tabla A-10.** Resultados de la Conductividad eléctrica durante la fabricación de Bokashi
- Tabla A-11.** Resultados del pH durante la fabricación de Bokashi
- Tabla A-12.** Resultados del análisis de materia orgánica al inicio y final de la fabricación de Bokashi
- Tabla A-13.** Resultados del análisis Relación C/N al inicio de la fabricación de Bokashi
- Tabla A-14.** Resultados del análisis Relación C/N al final de la fabricación de Bokashi

GRÁFICOS

- Gráfico A-1.** Temperaturas obtenidas durante la fabricación del Bokashi antes y después del volteo del tratamiento a1b1 (0 ml de EMA y 0 gr de levaduras)
- Gráfico A-2.** Temperaturas obtenidas durante la fabricación del Bokashi antes y después del volteo tratamiento a1b2 (0 ml de EMA y 1 gr/l de levadura)
- Gráfico A-3.** Temperaturas obtenidas durante la fabricación del Bokashi antes y después del volteo tratamiento a2b1 (200 ml/ 20l de EMA y 0 gr de levadura)
- Gráfico A-4.** Temperaturas obtenidas durante la fabricación del Bokashi antes y después del volteo tratamiento a2b2 (200 ml/ 20l de EMA y 1 gr/l de levadura)
- Gráfico A-5.** Temperaturas obtenidas durante la fabricación del Bokashi antes y después del volteo tratamiento a3b1 (400 ml/ 20l de EMA y 0 gr de levadura)
- Gráfico A-6.** Temperaturas obtenidas durante la fabricación del Bokashi antes y después del volteo tratamiento a3b2 (400 ml/ 20l de EMA y 1 gr/l de levadura)
- Gráfico A-7.** Temperaturas obtenidas durante la fabricación del Bokashi antes y después del volteo tratamiento a4b1 (600 ml/ 20l de EMA y 0 gr de levadura)
- Gráfico A-8.** Temperaturas obtenidas durante la fabricación del Bokashi antes y después del volteo tratamiento a4b2 (600 ml/ 20l de EMA y 1 gr/l de levadura)
- Gráfico A-9.** Humedad obtenidas durante la fabricación del Bokashi tratamiento a1b1 (0 ml de EMA y 0 gr de levaduras)
- Gráfico A-10.** Humedad obtenidas durante la fabricación del Bokashi tratamiento a1b2 (0 ml de EMA y 1 gr/l de levadura)
- Gráfico A-11.** Humedad obtenidas durante la fabricación del Bokashi tratamiento a2b1 (200 ml/ 20l de EMA y 0 gr de levadura)

- Gráfico A-12.** Humedad obtenidas durante la fabricación del Bokashi tratamiento a2b2 (200 ml/ 20l de EMA y 1 gr/l de levadura)
- Gráfico A-13.** Humedad obtenidas durante la fabricación del Bokashi tratamiento a3b1 (400 ml/ 20l de EMA y 0 gr de levadura)
- Gráfico A-14.** Humedad obtenidas durante la fabricación del Bokashi tratamiento a3b2 (400 ml/ 20l de EMA y 1 gr/l de levadura)
- Gráfico A-15.** Humedad obtenidas durante la fabricación del Bokashi tratamiento a4b1 (600 ml/ 20l de EMA y 0 gr de levadura)
- Gráfico A-16.** Humedad obtenidas durante la fabricación del Bokashi tratamiento a4b2 (600 ml/ 20l de EMA y 1 gr/l de levadura)
- Gráfico A-17.** Conductividad eléctrica obtenida durante la fabricación del Bokashi tratamiento a1b1 (0 ml de EMA y 0 gr de levaduras)
- Gráfico A-18.** Conductividad eléctrica obtenida durante la fabricación del Bokashi tratamiento a1b2 (0 ml de EMA y 1 gr/l de levadura)
- Gráfico A-19.** Conductividad eléctrica obtenida durante la fabricación del Bokashi tratamiento a2b1 (200 ml/ 20l de EMA y 0 gr de levadura)
- Gráfico A-20.** Conductividad eléctrica obtenida durante la fabricación del Bokashi tratamiento a2b2 (200 ml/ 20l de EMA y 1 gr/l de levadura)
- Gráfico A-21.** Conductividad eléctrica obtenida durante la fabricación del Bokashi tratamiento a3b1 (400 ml/ 20l de EMA y 0 gr de levadura)
- Gráfico A-22.** Conductividad eléctrica obtenida durante la fabricación del Bokashi tratamiento a3b2 (400 ml/ 20l de EMA y 1 gr/l de levadura)

- Gráfico A-23.** Conductividad eléctrica obtenida durante la fabricación del Bokashi tratamiento a4b1 (600 ml/ 20l de EMA y 0 gr de levadura)
- Gráfico A-24.** Conductividad eléctrica obtenida durante la fabricación del Bokashi tratamiento a4b2 (600 ml/ 20l de EMA y 1 gr/l de levadura)
- Gráfico A-25.** pH obtenida durante la fabricación del Bokashi tratamiento a1b1 (0 ml de EMA y 0 gr de levaduras)
- Gráfico A-26.** pH obtenida durante la fabricación del Bokashi tratamiento a1b2 (0 ml de EMA y 1 gr/l de levadura)
- Gráfico A-27.** pH obtenida durante la fabricación del Bokashi tratamiento a2b1 (200 ml/ 20l de EMA y 0 gr de levadura)
- Gráfico A-28.** pH obtenida durante la fabricación del Bokashi tratamiento a2b2 (200 ml/ 20l de EMA y 1 gr/l de levadura)
- Gráfico A-29.** pH obtenida durante la fabricación del Bokashi tratamiento a3b1 (400 ml/ 20l de EMA y 0 gr de levadura)
- Gráfico A-30.** pH obtenida durante la fabricación del Bokashi tratamiento a3b2 (400 ml/ 20l de EMA y 1 gr/l de levadura)
- Gráfico A-31.** pH obtenida durante la fabricación del Bokashi tratamiento a4b1 (600 ml/ 20l de EMA y 0 gr de levadura)
- Gráfico A-32.** pH obtenida durante la fabricación del Bokashi tratamiento a4b2 (600 ml/ 20l de EMA y 1 gr/l de levadura)
- Gráfico A-33.** Temperatura obtenida durante la fabricación del Bokashi con los tratamientos utilizados
- Gráfico A-34.** Humedad obtenida durante la fabricación del Bokashi con los tratamientos utilizados

Gráfico A-35. Conductividad obtenida durante la fabricación del Bokashi con los tratamientos utilizados

Gráfico A-36. pH obtenida durante la fabricación del Bokashi con los tratamientos utilizados

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Tabla B-1. Análisis de varianza del peso.

Tabla B-2. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) del peso.

Tabla B-3. Prueba de Tukey para el peso.

Tabla B-4. Análisis de varianza de la conductividad eléctrica.

Tabla B-5. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) de la conductividad eléctrica.

Tabla B-6. Prueba de Tukey para la conductividad eléctrica.

Tabla B-7. Análisis de varianza del pH.

Tabla B-8. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) del pH.

Tabla B-9. Prueba de Tukey para el pH.

Tabla B-10. Análisis de varianza de la relación carbono/nitrógeno.

Tabla B-11. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) de la relación carbono/nitrógeno.

Tabla B-12. Prueba de Tukey para la relación carbono/nitrógeno.

Gráfico B-1. Gráfico estadístico del peso

Gráfico B-2. Gráfico estadístico de la conductividad eléctrica

Gráfico B-3. Gráfico estadístico del pH

Gráfico B-4. Gráfico estadístico de la relación C/N

FOTOGRAFÍAS

Figura C-1. Tarrinas de captura de EMA

Figura C-2. Tarrina enterrada

Figura C-3. Invernadero

Figura C-4. Picada de residuos vegetales.

Figura C-5. Montón de residuos vegetales.

- Figura C-6.** Levaduras.
- Figura C-7.** Activación de EMA
- Figura C-8.** Mezcla de los residuo vegetales
- Figura C-9.** Toma de temperatura
- Figura C-10.** Después de transcurrir el tiempo, color.
- Figura C-11.** Tabla internacional de colores
- Figura C-12.** Conductivimetro
- Figura C-13.** Estufa
- Figura C-14.** Desecador
- Figura C-15.** Peso para la obtención de la humedad
- Figura C-16.** Bokashi 0 ml de EM y 0 gr de levaduras
- Figura C-17.** Bokashi preparado con EMA y levadura

RESUMEN

El Bokashi es un biofertilizante, cuyo objetivo es activar y aumentar la cantidad de microorganismos benéficos en el suelo y ayudar a nutrir los suelos agrícolas. El suministro de microorganismos benéficos asegura una descomposición adecuada de la materia orgánica y coadyuva a la eliminación de organismos patógenos. El Bokashi se prepara en corto tiempo y no produce olores desagradables ni atrae plagas. El Bokashi es una mezcla biológica de microorganismos, para que se produzca una proliferación es necesario que exista una aireación constante, considerándose por ello un proceso completamente aeróbico donde se origina fermentación de una manera rápida.

La agricultura es uno de las actividades más importantes de la economía dentro del país y el incremento registrado de contaminación ambiental influyen para la búsqueda de soluciones inmediatas con la finalidad de aumentar suelos productivos, por ello es necesaria la implementación de abonos orgánicos para que de esta manera se pueda eliminar o disminuir el uso de agroquímicos. El uso de abono orgánico tipo Bokashi es una nueva alternativa fiable y sostenible para la mejora de cultivos optimizando de esta manera su producción. Al utilizar el biofertilizante Bokashi se puede llegar a obtener no solo una mejora en la estructura del suelo si no un incremento de los parámetros productivos del cultivo.

Los objetivos específicos planteados en el presente trabajo de investigación fueron: Obtener microorganismos eficientes autóctonos (EMA) y levaduras fermentadoras (*Saccharomyces cerevisiae*), a partir de una cepa pura comercial. Evaluar, el comportamiento de los dos tipos de microorganismos por separado y de manera combinada en la fabricación de Bokashi. Determinar, mediante tres réplicas completas, las más recomendables modalidades investigadas en cuanto a tiempo y calidad del bioproducto final.

Para la fabricación del biofertilizante Bokashi se utilizaron varios tratamientos como son a1b1 (0 ml EMA y 0 gr de levadura), a1b2 (0 ml EMA y 1 gr/l de levadura), a2b1 (200 ml/ 20l EMA y 0 gr de levadura), a2b2 (200 ml/ 20l EMA y 1 gr/l de levadura), a3b1 (400 ml/ 20l EMA y 0 gr de levadura), a3b2 (400 ml/ 20l EMA y 1 gr/l de levadura), a4b1 (600 ml/ 20l EMA y 0 gr de levadura) y a4b2 (600 ml/ 20l EMA y 1 gr/l de levadura), cada uno con tres replicas completas en un diseño experimental completamente al azar (DCA) en un arreglo factorial (a*b). Las concentraciones fueron seleccionadas considerando que no existe una investigación como que tal que establezca la cantidad a utilizar para la fabricación de Bokashi.

Se realizaron análisis físicos y químicos de: temperatura, color, pH, humedad, integridad de la materia, conductividad eléctrica, contenido de nutrientes (N, P, K, Ca, S, Mg) y de materia orgánica. Además se estableció la relación C/N, para determinar cual tratamiento es el más recomendable.

El mejor tratamiento fue el a2b2, es decir, 200 ml/ 20 l de microorganismos autóctonos eficientes (EMA) y 1 g/l de levaduras fermentadoras *Saccharomyces cerevisiae*, pues fue donde se obtuvo buenos resultados en los parámetros de temperatura, humedad, integridad de la materia, contenido de nutrientes (N, P, K, Ca, S, Mg), materia orgánica y la relación C/N.

SUMMARY

The Bokashi is a biofertilizer, which aims to enable and increase the amount of beneficial microorganisms in the soil and helps nourish agricultural soils. The provision of beneficial microorganisms ensures adequate decomposition of the organic material and contributes to the elimination of pathogens. The Bokashi is prepared in a short time and produces no unpleasant odors or attract pests. Bokashi is a biological mixture of microorganisms to produce a proliferation is necessary to have a constant aeration, considering therefore a completely aerobic fermentation which causes a rapid manner.

Agriculture is one of the most important in the country's economy and the increasing influence of environmental contamination recorded for immediate solutions in order to increase productive soils, therefore it is necessary to implement organic fertilizers so that this so you can eliminate or reduce the use of agrochemicals. Using Bokashi composting type is a new reliable and sustainable alternative crop improvement thereby optimizing production. By using the Bokashi biofertilizer can earn not only an improvement in soil structure if not in increased crop production parameters. The specific objectives of this research were: Get efficient indigenous microorganisms (EMA) and fermenting yeasts (*Saccharomyces cerevisiae*), from a commercial pure strain. Assessing the behavior of the two organisms separately and in combination in the manufacture of Bokashi. Determine, through three complete replicas, the most suitable modalities investigated in terms of time and quality of the final byproduct. Perform an economic analysis of research and cost projection Bokashi making a commercial scale. For the manufacture of biofertilizer Bokashi used several treatments such as a1b1 (0 ml EMA and 0 g yeast), a1b2 (0 ml EMA and 1 g/l yeast), a2b1 (200 ml/ 20l EMA and 0 g yeast), a2b2 (200 ml/ 20l EMA and 1 g/l yeast), a3b1 (400 ml/ 20l EMA and 0 g yeast), a3b2 (400 ml/ 20l EMA and 1 g/l yeast), a4b1 (600 ml/ 20l EMA and 0 g yeast) and a4b2 (600 ml/ 20l EMA and 1 g/l yeast), each with three replicates complete a completely randomized design (dca) in a factorial arrangement (a * b). Concentrations were selected considering that there is no research as such to set the amount to be used for making Bokashi .

The physical and chemical analyzes of temperature, color, pH, moisture, matter integrity, electrical conductivity, nutrient content (N, P, K, Ca, S, Mg) and organic matter. It also established the relation c / n, to determine which treatment is most recommended.

The best treatment was a2b2, ie efficient 200 ml/ 20l of efficient indigenous microorganisms (EMA) and 1 g / l of fermenting yeast *Saccharomyces cerevisiae* as the parameters obtained were satisfactory temperature, humidity, integrity matter content of nutrients (N, P, K, Ca, S, Mg), organic matter and the relation C/N.

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Tema de Investigación

“Evaluación del comportamiento de microorganismos eficientes autóctonos (EMA) y levaduras fermentadoras (*Saccharomyces cerevisiae*) en la fabricación del biofertilizante Bokashi”

1.2 Planteamiento del Problema

El presente proyecto estuvo orientado hacia la evaluación del comportamiento de microorganismos eficientes autóctonos (EMA) y levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) en la fabricación del biofertilizante Bokashi, siendo este uno de los abonos orgánicos más útiles puesto que los mecanismos acelerantes en la degradación de materias orgánicas dan como resultado mayor velocidad en la obtención del abono así como una mejor disponibilidad de nutrientes para las plantas (Picado *et al.*, 2005)

Sin embargo, en la sierra ecuatoriana no existen investigaciones al respecto razón por la cual fue importante su realización ya que puede ser una nueva alternativa para la mejora de los suelos y contribuir de alguna manera a la disminución del impacto ambiental.

1.2.1 Contextualización

A nivel mundial el interés que se está dando por el uso de abonos orgánicos, como una forma alternativa de fertilización, en los sistemas agrícolas, ha aumentado debido a varios factores. Uno de ellos es el incremento en los precios de los agroquímicos derivados del petróleo, además algunos productores y consumidores han tomado conciencia sobre la necesidad de proteger el ambiente y la salud humana. Los abonos orgánicos poseen una

serie de cualidades, entre ellas su capacidad para mejorar las condiciones físicas y químicas del suelo, sustituir las pérdidas de materia orgánica y estimular la actividad biológica (Orozco & Muñoz, 2011). El uso de abonos orgánicos mejora las condiciones de suelo que han sido deterioradas por el uso excesivo de agroquímicos y su sobre-explotación, logrando de esta manera la pérdida de la materia orgánica, pérdida de la fertilidad y contaminación de los suelos, además existe una afectación de la flora y fauna del ambiente (Nieto *et al.*,2002).

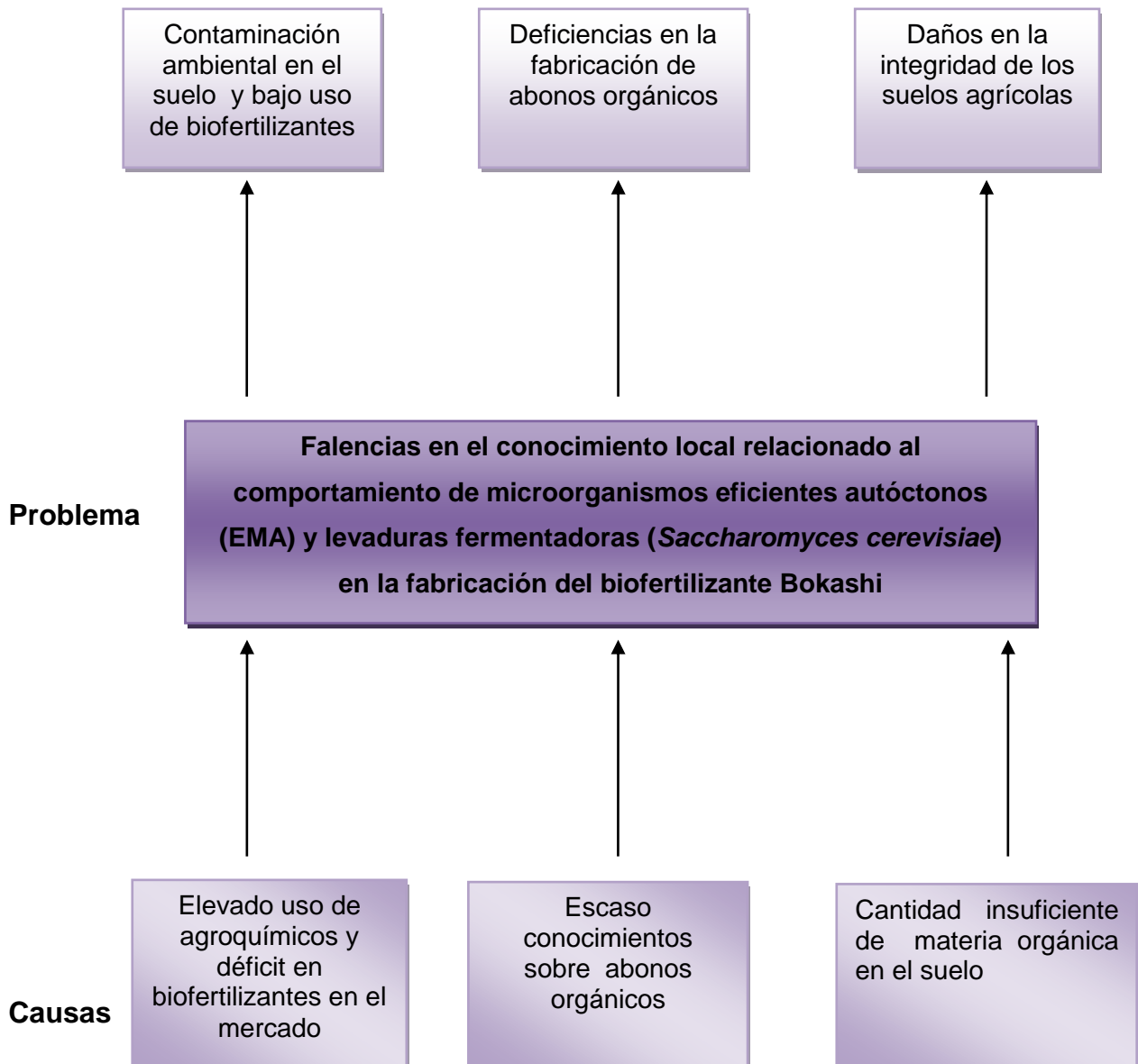
La agricultura es uno de los sectores más importantes de la economía ecuatoriana por la variedad de recursos naturales, que son aprovechados para generar fuentes de trabajo ocupando el 38% de la población activa (Barredo & Reyes, 2001). Actualmente existe una gran contaminación del medio ambiente debido al uso desmedido de agroquímicos que son utilizados para prevenir y controlar la propagación de enfermedades y plagas, que amenazan en la productividad y la calidad de los cultivos, es por esto que es necesario incentivar a la utilización de productos orgánicos en el país. El uso de abonos orgánicos puede ser una solución a los problemas de la agricultura, ya que estos brindan una adecuada fertilización dando los nutrientes necesarios para el desarrollo de cualquier planta y reduciría el impacto ambiental producido por los productos químicos agropecuarios. La humanidad debe tomar conciencia sobre el daño que causa la utilización de productos químicos en la agricultura, sus efectos y daños colaterales, por ello es la necesidad de consumir productos naturales y saludables que podemos obtener de la agricultura orgánica (Heredia, 2011).

La Provincia de Tungurahua se ha distinguido por presentar evidencia de un crecimiento económico con reducción de la pobreza y de la desigualdad social debido a la integración del comercio con la agricultura, siendo Ambato una de las ciudades con mayor comercialización agropecuaria (Larrea *et al.*, 2009). Tungurahua es una provincia que sostiene su economía en base a la producción agropecuaria, actividades de las que dependen un 44% de la población, aproximadamente. La mayoría de alimentos viene de esta fuente, pero lamentablemente, un elevado porcentaje de la producción campesina usa agroquímicos, por esto es necesaria la implementación de nuevas

formas de producción agrícola respetuosa del ambiente, favorable al ser humano y que cumplan con una garantía de calidad y limpieza en los alimentos que consumen las personas (Socasi, 2010).

1.2.2 Análisis Crítico

Efectos



Elaborado por: Silvana Córdova

1.2.3 Prognosis

Si no se ejecutará la presente investigación el problema relacionado a la falta de conocimiento sobre el manejo adecuado de los abonos orgánicos y la degradación de los suelos agrícolas continuaría. El impacto ambiental seguirá en aumento, los suelos ya no serían productivos, por esto es que la implementación de abonos orgánicos se convertirá en una herramienta de gran utilidad. Uno de estos es el Bokashi, el mismo que tiene la capacidad de brindar los nutrientes necesarios al suelo debido a la utilización de microorganismos que descomponen la materia orgánica produciendo una gran cantidad de nutrientes beneficiosos para las plantas, de esta manera se contribuye a la reducción de la contaminación ambiental, la mejora de la producción agrícola, suelos más productivos y disminución de enfermedades en la humanidad.

1.2.4 Formulación del Problema

¿Cómo se evaluó el comportamiento de los microorganismos eficientes autóctonos (EMA) y levaduras fermentadoras (*Saccharomyces cerevisiae*) en la fabricación del biofertilizantes Bokashi?

1.2.5 Preguntas Directrices

1.2.5.1 ¿Cómo se obtuvo microorganismos eficientes autóctonos (EMA) y levaduras fermentadoras (*Saccharomyces cerevisiae*) de una cepa pura comercial?

1.2.5.2 ¿Cómo se evaluó el comportamiento de los dos tipos de microorganismos por separado y de manera combinada en la fabricación de Bokashi?

1.2.5.3 ¿Cuál de las modalidades investigadas en cuanto a tiempo y calidad del bioproducto final fue la más recomendable?

1.2.6 Delimitación

Área: Biotecnología

Sub-área: Agroecología

Sector: Abonos orgánicos

Sub-sector: Biofertilizante Bokashi

Temporal: Agosto 2012 a Abril 2013

Espacial: El trabajo de investigación fue realizado en el sector del parque la cantera, Ambato, provincia de Tungurahua; en los laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato campus Huachi y laboratorios del INIAP en Sta. Catalina, Quito, en el departamento de manejo de suelos y aguas.

1.3 Justificación

La necesidad de obtener alimentos sanos de alta calidad utilizando los recursos locales y con el fin de restaurar la fertilidad del suelo, el desarrollo de diversidad biológica, evitar el deterioro del ambiente agroecológico y la reducción de los costos de producción, son algunos de los factores que influyen para implementar la utilización de abonos orgánicos en especial de tipo Bokashi. Estos al emplear microorganismos eficientes como fuente de inoculación microbiológica, facilitan que los desechos utilizados para su producción se transformen en nutrientes de excelente calidad, disponibles para la tierra y las plantas. La fabricación del biofertilizante Bokashi es sencilla y es una de las mejores maneras de aprovechar los desechos orgánicos.

Actualmente la agricultura es uno de las actividades más importantes de la economía dentro del país y el incremento registrado de contaminación ambiental influye para la búsqueda de soluciones inmediatas con la finalidad de aumentar suelos productivos. Es por ello que es necesaria la implementación de abonos orgánicos para que de esta manera se pueda eliminar o disminuir el uso de agroquímicos. La utilización de abono orgánico tipo Bokashi es una nueva alternativa fiable y sostenible para la mejora de cultivos optimizando de esta manera su producción y disminuyendo la

presencia de insectos en los distintos cultivos, permitiéndoles a los agricultores contar con una solución a los diferentes problemas que afrontar en sus siembras, fertilizando sus suelos y dando la existencia de una mayor biodiversidad. Al utilizar este tipo de abono orgánico se puede llegar a obtener no solo una mejora en la estructura del suelo si no un incremento de los parámetros productivos del cultivo.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

1.4.1.1 Evaluar el comportamiento de los microorganismos eficientes autóctonos (EMA) y levaduras fermentadoras (*Saccharomyces cerevisiae*) en la fabricación del biofertilizante Bokashi

1.4.2 Objetivos Específicos

1.4.2.1 Obtener microorganismos eficientes autóctonos (EMA) y levaduras fermentadoras (*Saccharomyces cerevisiae*), a partir de una cepa pura comercial.

1.4.2.2 Evaluar, el comportamiento de los dos tipos de microorganismos por separado y de manera combinada en la fabricación de Bokashi.

1.4.2.3 Determinar, mediante tres réplicas completas, las más recomendables modalidades investigadas en cuanto a tiempo y calidad del bioproducto final.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Investigativos

En las últimas décadas se ha retomado el interés en el uso de las fuentes orgánicas debido al incremento de los costos de los fertilizantes químicos, al desequilibrio ambiental que éstos ocasionan en los suelos y a la necesidad de preservar la materia orgánica en los sistemas agrícolas que es un aspecto fundamental relacionado a la sostenibilidad y productividad de dichos sistemas. Debido a la creciente demanda en el uso de estos abonos es importante estudiar, analizar, y evaluar el efecto de diferentes tipos y dosis usados en los principales cultivos. Existen una gran cantidad de ventajas del uso de materiales orgánicos debido a su capacidad para mantener el humus, sin embargo, muchos aspectos del uso de estos productos no han sido evaluados adecuadamente debido a la falta de indicadores y metodologías apropiadas para cuantificar la materia orgánica y la calidad de los abonos orgánicos, principalmente de aquellos que pueden aportar los nutrimentos útiles a las plantas (Matheus *et al.*, 2007).

La importancia del uso de los abonos orgánicos radica sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, sin embargo la utilización de estos es limitada en la nutrición de las plantas, principalmente en aquellos cultivos que requieren mayor cantidad de nitrógeno y fósforo. Otro problema es la baja disponibilidad del abono orgánico para satisfacer la demanda a nivel nacional. El abono fermentado Bokashi se puede usar tanto en cultivos de ciclo corto (hortalizas, granos) como en cultivos bianuales y perennes (banano, café, cacao, frutales). Las cantidades a aplicarse están en función de los análisis que tendrán que practicarse al suelo y a los requerimientos nutricionales de los cultivos (Sánchez, 2009).

La materia orgánica es indispensable para mantener la fertilidad del suelo por esto es que su incorporación en forma de abono es indispensable en sistemas de producción ecológica. Son varios los tipos de abonos orgánicos que podemos utilizar por ejemplo el compost, los biofermentos, Bokashi y los abonos verdes, la acción de los microorganismos es indispensable para su preparación y funcionamiento. El uso de los abonos orgánicos no es una práctica tecnológica nueva ya que éstos tienen su origen desde que nació la agricultura, nuestros abuelos y las generaciones anteriores, los usaban pues era lo único que existía (Picado & Añasco, 2005). El Bokashi es un abono orgánico fermentado, tradicionalmente los agricultores japoneses usan materia orgánica como afrecho de arroz, torta de soya, harina de pescado y suelo de los bosques como inoculante de microorganismos. Estos suelos contienen varios microorganismos benéficos que aceleran la preparación del abono. El Bokashi ha sido utilizado por los agricultores japoneses como un mejorador del suelo que aumenta la diversidad microbiana, mejora las condiciones físicas y químicas, previene enfermedades del suelo y lo suple de nutrientes para el desarrollo de los cultivos (Shintani *et al.*, 2000). Actualmente por su excesiva promoción los productos agroquímicos han tomado mucha fuerza y su consumo se ha elevado, al transcurrir el tiempo nuevamente la necesidad de producir de una forma más sana los productos de consumo humano la agricultura orgánica o ecológica es una alternativa de la que se benefician tanto productores como consumidores. Los primeros se ven beneficiados al eliminarse todo tipo de sustancias y agentes tóxicos. Los consumidores se favorecen al consumir productos totalmente saludables y gozar de los beneficios de un ambiente más sano (Picado & Añasco, 2005).

A nivel mundial existe una gran necesidad de utilizar métodos ambientalmente sanos de reciclar desechos orgánicos. Millones de toneladas de desechos orgánicos son producidos diariamente en diferentes formas tales como, desechos de restaurante, plantas procesadoras de alimento, parques y jardines, desechos de granja, etc. (Salazar *et al.*, 2003). Actualmente se han implementado leyes a favor del reciclaje el cual es simplemente convertir los desechos y regresarlos en suplementos de alta

calidad al suelo. La naturaleza es un enorme sistema que hace composta, convierte los desechos orgánicos como hojas, flores, frutos, etc. en nutrientes o alimentos que se reintegran a la tierra, para después ser aprovechados por los demás seres vivos, incluyendo al hombre. Durante años los agricultores han reunido los desperdicios orgánicos para transfórmalos en abono para sus tierras, es decir, realizan un proceso de compostaje, donde la actividad biológica del suelo se ve favorecida por el aporte de un número significativo de bacterias que se encuentran en la composta, pero es sobre todo su riqueza en materia orgánica lo que favorece el desarrollo de los microorganismos del mismo suelo, que con su actividad estimulan el crecimiento vegetal, especialmente para las raíces. Esta acción biológica favorece la descomposición de los componentes minerales insolubles, como los fosfatos, que son necesarios para el desarrollo de las plantas (Salazar *et al.*, 2003).

2.2 Fundamentación Filosófica

A esta investigación se le designó un paradigma positivista ya que sostiene y confía solamente en técnicas cuantitativas, trata de desarrollar teorías sobre los fenómenos sociales, este paradigma explica, controla y predice fenómenos (Monge, 2004). Se caracteriza por el interés de verificar conocimientos a través de predicciones, para esto se debe plantear una serie de hipótesis como predecir que algo va a suceder y luego verificarlo o comprobarlo. El positivismo acepta como único conocimiento válido al que sea verificable y visible, lo que importa es la cuantificación y medir una serie de repeticiones, para plantear nuevas hipótesis y construir teorías, todo fundamentado en el conocimiento cuantitativo. La metodología más idónea y coherente para este paradigma es la estadística ya que esta es una manera de cuantificar todo a través de muestras para poder explicar, controlar y predecir (Ballina, 1997).

2.3 Fundamentación Legal

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

Título II. Derechos.

Capítulo segundo - Derechos del buen vivir. Sección segunda - Ambiente sano.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional.

TÍTULO VI. RÉGIMEN DE DESARROLLO

Capítulo primero - Principios generales

Art. 278.- Para la consecución del buen vivir, a las personas y a las colectividades, y sus diversas formas organizativas, les corresponde:

- Producir, intercambiar y consumir bienes y servicios con responsabilidad social y ambiental.

Capítulo tercero - Soberanía alimentaria

Art. 281.- La soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiado de forma permanente.

Para ello, será responsabilidad del Estado:

1. Fortalecer la diversificación y la introducción de tecnologías ecológicas y orgánicas en la producción agropecuaria.
2. Prevenir y proteger a la población del consumo de alimentos contaminados o que pongan en riesgo su salud o que la ciencia tenga incertidumbre sobre sus efectos.

Título VII. RÉGIMEN DEL BUEN VIVIR

Capítulo primero - Inclusión y Equidad. Sección octava - Ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales.

Art. 396.- El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas.

La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas.

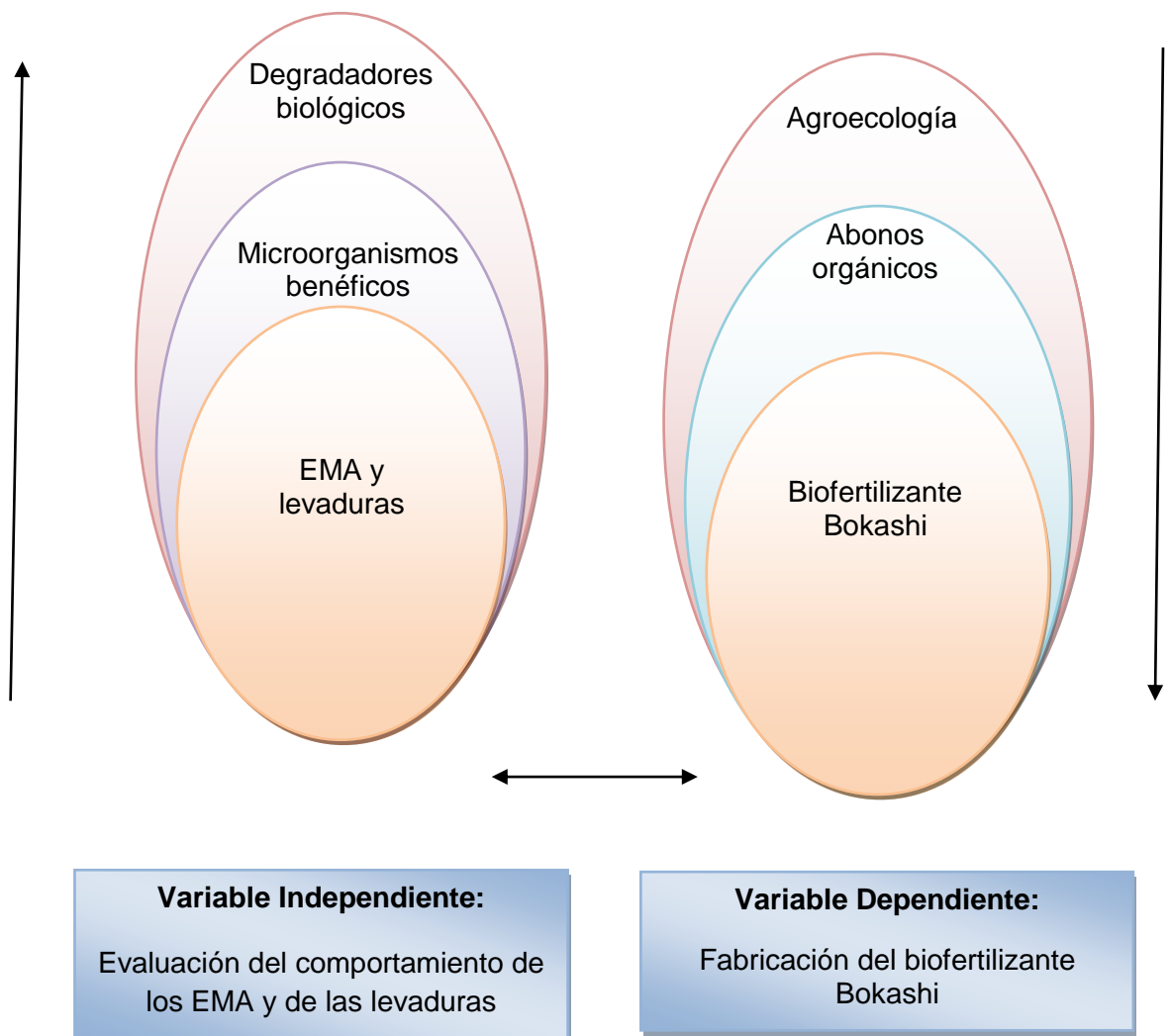
Cada uno de los actores de los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios asumirá la responsabilidad directa de prevenir cualquier impacto ambiental, de mitigar y reparar los daños que ha causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente.

Las acciones legales para perseguir y sancionar por daños ambientales serán imprescriptibles.

Capítulo segundo - Biodiversidad y recursos naturales. Sección séptima - Biosfera, ecología urbana y energías alternativas

Art. 413.- El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.

2.4 Categorías Fundamentales



Elaborado por: Silvana Córdova Vinuesa

MARCO TEÓRICO DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE

2.4.1.1 Microorganismos

Los microorganismos son los seres más primitivos y numerosos que existen en la Tierra, colonizan todo ambiente es decir, suelo, agua y aire, participan de forma vital en todos los ecosistemas y están en interacción continua con las plantas, los animales y el hombre (Carrillo, 2003). Se han encontrado especies que viven a temperaturas comprendidas entre el punto de congelación y el punto de ebullición del agua, en agua salada y en agua dulce, en presencia y en ausencia de aire. Los microorganismos se hallan capacitados para desarrollar una extensa gama de reacciones metabólicas y adaptarse a diferentes ambientes. Existen varias clases de microorganismos: mohos, levaduras, bacterias, actinomicetes, protozoos, algas, virus (Carrillo, 2003).

2.4.1.1.1 Metabolismo primario y secundario de los microorganismos

La energía requerida para el mantenimiento de la vida y para la síntesis de los componentes celulares es obtenida por la transformación de sustancias que ingresaron a la célula. Éstas son modificadas por una serie de reacciones (Carrillo, 2003).

En el metabolismo de los microorganismos se biosintetizan dos tipos de sustancias que son metabolitos primarios y secundarios. Los grupos que producen gran cantidad de metabolitos bioactivos son los actinomicetes y los hongos filamentosos aislados de suelos (De la Rosa & Gamboa, 2004). Los metabolitos primarios son macromoléculas fundamentales para los seres vivos (Carrillo, 2003). Azúcares, aminoácidos, proteínas y grasas son considerados metabolitos primarios, indispensables en los procesos de crecimiento y supervivencia (De la Rosa & Gamboa, 2004). Los metabolitos secundarios se acumulan durante el período de limitación de nutrientes o la acumulación de productos de desecho en la fase de crecimiento activo. Estos compuestos no tienen directa relación con la síntesis de materiales y

crecimiento celular. En esta fase la mayoría de los antibióticos y micotoxinas se producen (Prescott, 2002). Los metabolitos secundarios corresponden a una gran variedad de compuestos biosintetizados a partir de metabolitos primarios (De la Rosa & Gamboa, 2004).

2.4.1.2 Importancia de los microorganismos benéficos

Los microorganismos participan en procesos ecológicos, que permiten el funcionamiento de los ecosistemas, y biotecnológicos, que son esenciales para la industria farmacéutica, alimenticia y médica. Ellos son los principales responsables de la descomposición de la materia orgánica. En la industria biotecnológica, de los microorganismos se han obtenido y producido antibióticos de enorme importancia médica como la penicilina (Montaño *et al.*, 2010).

Actualmente varios microorganismos están siendo considerados como una fuente prometedora de sustancias bioactivas, debido a su capacidad de producir una variedad de metabolitos secundarios. Química y biológicamente interesantes para el desarrollo y producción de nuevos compuestos de importancia en la industria farmacológica, cosmética, de suplementos nutricionales, biomoléculas, biocatalizadores, agroquímicos, química fina, etc (León *et al.*, 2010).

Los microorganismos eficientes (EM) son importantes en la agricultura ya que como inoculante microbiano, restablece el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físico-químicas, incrementa la producción de los cultivos y su protección, además conserva los recursos naturales, generando una agricultura y medio ambiente más sostenible. En las plantas genera un mecanismo de supresión de insectos y enfermedades en las plantas, aumenta el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos. Los efectos de los microorganismos en el suelo, radica en el mejoramiento de las características físicas, químicas, biológicas y eliminación de enfermedades, controla las poblaciones de microorganismos patógenos que se desarrollan en el suelo, incrementa la biodiversidad microbiana, generando las

condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos nativos prosperen (Bioem, 2011).

En el medio ambiente los EM son utilizados para el tratamiento de aguas contaminadas, estas contienen niveles altos de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), pH, *Escherichia coli* y otros parámetros, con su aplicación se reducen significativamente los contaminantes en el agua, con excelentes resultados a corto tiempo. En el manejo de residuos sólidos, estos se pueden reciclar para hacer fertilizante con EM convirtiendo los desechos en abonos orgánicos inofensivos, útiles y de muy buena calidad. El mal olor de los desechos se elimina rápidamente. Evita la proliferación de insectos (Bioem, 2011).

2.4.1.3 Microorganismos degradadores

Los microorganismos degradadores de materia orgánica más efectivos son los EM, siendo una mezcla de microorganismos benéficos que crean un ambiente negativo para patógenos. Al realizar investigaciones sobre el uso de la tecnología de EM se está produciendo abono orgánico fermentado tipo Bokashi con las excretas del ganado, resolviendo problemas de malos olores y moscas al acelerar los procesos de descomposición fermentativa. EM puede ser útil para el manejo de lodos sépticos ya que los microorganismos que contiene facilitan la fermentación de materiales orgánicos en forma líquida y sólida. Además, tiene efectos antagonistas ante patógenos que amenazan la salud y que generalmente están presentes en los lodos sépticos (Fioravanti *et al.*, 2005).

Otros microorganismos degradadores son los de hidrocarburos, los cuales desempeñan un papel fundamental y exclusivo, en la mineralización de este tipo de compuestos. Estos organismos degradadores solo pueden ser encontrados en lugares expuestos a contaminaciones agudas o crónicas con derivados del petróleo (Yanine, 2010). Las bacterias son los microorganismos más utilizados en la biodegradación de hidrocarburos ya que estas disminuyen la concentración de estos compuestos, actualmente

una mejor alternativa de solución es el proceso de biorremediación, que es el tratamiento biológico del suelo, aire y agua, mediante la biodegradación de compuestos tóxicos para transfórmalos en compuestos de menor o ningún impacto ambiental, para esto se utiliza microorganismos con alta capacidad degradativa (Aycachi, 2008).

2.4.1.4 Microorganismos eficientes (EM)

Los EM fueron originalmente estudiados por el profesor Teruo Higa, al realizar varios análisis sobre las funciones individuales de diferentes microorganismos, encontró que el éxito de su efecto potenciador estaba en su mezcla, es por ello que los microorganismos eficientes trabajan en asociación ya que la suma de estos tienen mayor efecto que cada uno por separado (Rapal, 2010). Por ello se componen de una amplia variedad de microorganismos eficaces, beneficiosos y no patógenos producidos a través de un proceso natural y no de síntesis química o ingeniería genética. Estos microorganismos, cuando entran en contacto con materia orgánica, secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales y antioxidantes. Cambian la micro y macro flora de la tierra y mejora el equilibrio natural de manera que la tierra que causa enfermedades se convierte en tierra que suprime enfermedades. Los efectos antioxidantes promueven la descomposición de materia orgánica y aumenta el contenido de humus. Esto ayuda a mejorar el crecimiento de la planta y sirve como una excelente herramienta para la producción sostenible en la agricultura orgánica (Bioem, 2011).

Los EM inicialmente fueron desarrollados como un inoculante microbiano para aumentar los microorganismos benéficos y la diversidad microbiana del suelo. Con esto se pretendía mejorar la calidad y salud del suelo, para aumentar el crecimiento, producción y la calidad de los cultivos. Después de muchos estudios y prácticas, los efectos de EM fueron comprobados en gran cantidad de fincas. Hoy en día la tecnología EM es bastante popular en la agricultura natural (orgánica) siendo una solución que contiene varios microorganismos benéficos tanto aeróbicos como anaeróbicos, los cuales

tienen diferentes funciones. Estos microorganismos existen en todos los ecosistemas naturales y son usados para el procesamiento de alimentos y de comida animal fermentada. Son totalmente seguros para los seres humanos y animales. Esto hace del EM una tecnología diferente de los fertilizantes químicos y otros agroquímicos. Por esta razón, al ser aplicado, EM no trabaja de la misma forma como un fertilizante químico inerte. Es importante mencionar que EM aumenta la población de microorganismos benéficos en el suelo y todos estos microorganismos necesitan tener alimento, agua y un medio para vivir y prosperar (Shintani *et al.*, 2000).

2.4.1.4.1 Microorganismos eficientes autóctonos (EMA)

Los microorganismos eficientes autóctonos (EMA) son cultivos microbianos de especies de microorganismos benéficos propios de bosques puros no contaminados. Estos contienen bacterias Fototróficas, bacterias ácidolácticas, levaduras y actinomicetes, que inoculados al suelo o abonos orgánicos sirven como aceleradores de descomposición de desechos inorgánicos (Acosta, 2014).

2.4.1.4.2 Microorganismos eficientes para la fabricación de Bokashi

La aplicación que tienen los EM o los EMA en la agricultura es mejorar las características físico-químicas de los suelos. Al incorporar materia orgánica fermentada al suelo, se puede evitar su quema y pérdida de nutrientes, obteniendo alimentos más sanos y seguros sin necesidad de agroquímicos. En la producción de abonos orgánicos tipo Bokashi hecho con residuos vegetales y animales, se reduce su tiempo de fabricación. Los efectos antioxidantes promueven la descomposición de materia orgánica y aumenta el contenido de humus. Esto ayuda a mejorar el crecimiento de la planta y sirve como una excelente herramienta para la producción sostenible en la agricultura orgánica. Los EM eliminan microorganismos patógenos en el material compostado, por efecto de las altas temperaturas generadas en los núcleos de las pilas, que alcanzan los 60°C (Bioem, 2011).

2.4.1.5 Levaduras

Levadura es un nombre genérico que agrupa a una variedad de organismos unicelulares, incluyendo especies patógenas para plantas y animales, y especies no solamente inocuas sino de gran utilidad. Su presencia depende de la temperatura, el pH, la humedad y la disponibilidad de azúcares. *Saccharomyces cerevisiae* es una levadura que constituye el grupo de microorganismos más íntimamente asociado al progreso y bienestar de la humanidad (Plascencia *et al.*, 2010). La mayoría de las levaduras toleran un rango de pH entre 3 y 10, pero prefieren un medio ligeramente ácido con un pH de 4,5 a 6,5. La temperatura de crecimiento de la mayoría de las levaduras está comprendida entre 5 y 37°C. El valor óptimo se sitúa hasta los 28°C. Las levaduras son organismos aerobios y aunque unas especies son fermentadoras otras no lo son, están ampliamente distribuidas en la naturaleza, se hallan sobre hojas, flores, frutos, piel, cuero, plumas y tracto digestivo de animales. Algunos géneros son típicos del suelo (Carrillo, 2003). Las levaduras, dada su capacidad fermentativa son utilizadas principalmente en la elaboración de alimentos. Entre las levaduras fermentadoras se encuentra las especies del género *Saccharomyces* se destacan por poseer alta eficiencia de producción de etanol y elevada tolerancia al mismo. Otros géneros de levaduras fermentadoras son *Brettanomyces*, *Debaryomyces*, *Dekkera*, *Hanseniaspora*, *Pichia*, *Torulaspota*, *Zygosaccharomyces* (Ulloa *et al.*, 2009). La mayoría de dichos géneros tienen importancia en la industria alimenticia dado que pueden alterar positiva o negativamente la calidad del producto final. Tal es así el caso de las levaduras floculantes en la industria vinícola que confieren características organolépticas no deseadas a los vinos. Las levaduras fermentadoras son aquellas causantes de la fermentación en condiciones anaerobias, ya que estas originan ciertas enzimas que producen un cambio químico en los azúcares generando principalmente etanol y dióxido de carbono (Ulloa *et al.*, 2009).

Las sustancias bioactivas, como hormonas y enzimas, producidas por las levaduras, promueven la división celular activa. Sus secreciones son sustratos útiles para otros microorganismos eficientes como bacterias ácido lácticas y actinomicetos (bacterias que ayudan a descomponer la materia orgánica transformándola en humus, liberando nutrientes). El conjunto de estos microorganismos generan su propio alimento para crecer, y a su vez liberan sustancias que pueden ser beneficiosas para los cultivos. La levadura constituye una de las principales fuentes de inoculación microbiológica para la fabricación de los abonos orgánicos fermentados, ya que estos aceleran su proceso (Bioem, 2011).

2.4.1.6 Mineralización de la materia orgánica

La materia orgánica del suelo contiene cerca del 5% de N total, pero también contiene otros elementos esenciales como fósforo, magnesio, calcio, azufre y micronutrientes (Julca *et al.*, 2006). Durante la evolución de la materia orgánica en el suelo se distinguen dos fases que son la humificación y la mineralización. La humificación es una fase bastante rápida, durante la cual los microorganismos del suelo actúan sobre la materia orgánica, primero se forma el humus joven, de evolución rápida, a su vez da paso al humus estable que es la materia orgánica ligada al suelo. La fase de mineralización es muy lenta y en ella el humus estable recibe la acción de otros microorganismos que lo destruyen progresivamente, liberando así los minerales que luego absorberán las plantas. Esta fase presenta dos etapas, la amonificación que es el paso del N orgánico a amonio y la nitrificación es el paso del amonio a nitrato (Julca *et al.*, 2006).

La mineralización de la materia orgánica es un factor importante en el mantenimiento de la fertilidad de los suelos, a través de este proceso se reciclan nutrimentos como nitrógeno, fósforo, azufre y dióxido de carbono. En este proceso influyen, el clima, la mineralogía de las arcillas, el estado de los nutrientes del suelo y la calidad de los recursos en descomposición (León *et al.*, 2006).

2.4.1 MARCO TEÓRICO DE LA VARIABLE DEPENDIENTE

2.4.2.1 Agroecología y biofertilizantes

La agroecología es una ciencia que estudia e intenta explicar el funcionamiento de los agroecosistemas. Sus principios más importantes son incrementar el reciclaje de biomasa y lograr un balance en el flujo de nutrientes, asegurar las condiciones favorables del suelo, con alto contenido de materia orgánica y biología del suelo, minimizar la pérdida de nutrientes del sistema, impulsar la diversificación genética y de especies, a nivel de finca y a nivel del paisaje e incrementar las interacciones biológicas. Algunas de las prácticas agroecológicas como el control biológico, la asociación de cultivos o la integración de cultivos con la ganadería, el compost, etc. La integración agroecológica va más allá de simplemente sustituir a un grupo de productos químicos por una serie de prácticas e insumos alternativos y no tóxicos (Machin *et al.*, 2010). La agroecología incorpora ideas sobre un enfoque de la agricultura ligado al medio ambiente y más sensible socialmente, centrada no sólo en la producción sino también en la sostenibilidad ecológica del sistema de producción. La agroecología se centra en las relaciones ecológicas en el campo y la disminución de impactos negativos en el medio ambiente y la sociedad (Altieri, 1993).

El biofertilizante es un producto que contiene uno o varios microorganismos del suelo y puede ser aplicado a la semilla o al suelo con el fin de incrementar su número, asociarse directa o indirectamente al sistema radical de las plantas, favorecer su interacción e incrementar el desarrollo vegetal y reproductivo de la planta huésped. El uso de estos productos ha mejorado la comprensión de la relación planta-microorganismo, minimizando así los riesgos de degradación de los suelos (Aguirre *et al.*, 2009). Los biofertilizantes constituyen una oportunidad de desarrollar y expandir el potencial productivo de los suelos y brindar una elevada calidad nutricional a los alimentos, sin agredir el medio ambiente, aumentando el número y la diversidad microbiana, de esta forma incrementa las cantidades de nutrientes que pueden ser asimilados por las plantas, se acelera los

procesos de desarrollo y su rendimiento. Los biofertilizantes producen sustancias muy activas que al interactuar en su conjunto con el metabolismo vegetal, provocan diferentes efectos beneficiosos como son brindar nutrientes inorgánicos y compuestos orgánicos benéficos para las plantas y suelo, promover la salud de las plantas mejorando la estructura del suelo, fortalecer el metabolismo de la planta, incrementando su crecimiento y favoreciendo su desarrollo, estimular la vida del suelo obteniendo frutos con mayor calidad comercial. Las sustancias existentes en el biofertilizante inhiben la acción de los microorganismos patógenos, estas sustancias son denominadas defensivos vegetales y son producidas por hongos, bacterias y levaduras (Bizzozero, 2006).

2.4.2.2 Abono orgánico

Un abono en general se considera aquel material que se aplica al suelo y estimula el crecimiento de las plantas de manera indirecta, a través de mejorar las propiedades físicas del suelo. Por otro lado, un material se considera como fertilizante cuando estimula el crecimiento de manera directa a través de aportar nutrimentos indispensables para las plantas. Los abonos provenientes de residuos orgánicos, como los estiércoles de diferentes especies de animales, los residuos de cosecha y las compostas pueden considerarse como abonos y también como fertilizantes orgánicos. Los abonos orgánicos más comúnmente utilizados con fines agrícolas son los estiércoles de diferentes especies animales, las compostas y los residuos de cultivos (Salazar *et al.*, 2003).

La materia orgánica es indispensable para mantener la fertilidad del suelo. De ahí que su incorporación en forma de abono es indispensable en sistemas de producción ecológica. Esta práctica, en conjunto con otras como: las obras de conservación de suelos, la adecuada rotación y asociación de plantas, la diversificación de cultivos en el tiempo y en el espacio, entre otras, nos aseguran el alcance de un equilibrio en el sistema y, por lo tanto, una producción continua, es decir, la posibilidad de sembrar todo el año y por muchos años (Picado y Añasco, 2005). Son varios los tipos

de abonos orgánicos que podemos utilizar en las fincas ecológicas para tal fin. Algunos ejemplos son el compost, los biofermentos, Bokashi y los abonos verdes, la acción de los microorganismos es indispensable para su preparación y funcionamiento. (Picado y Añasco, 2005).

2.4.2.3 Bokashi

El Bokashi es un abono orgánico fermentado, su principal objetivo es activar y aumentar la cantidad de microorganismos benéficos en el suelo y ayudar a nutrir el cultivo, supliendo con alimentos para los organismos del suelo. El suministro de microorganismos benéficos asegura la fermentación rápida y ayuda a la eliminación de organismos patógenos gracias a una combinación de la fermentación alcohólica con una temperatura entre 40-55°C (Shintani *et al.*, 2000). Además suministra vitaminas, aminoácidos, ácido orgánico, enzimas y sustancias antioxidantes, directamente a las plantas y al mismo tiempo activa los micro y macro organismos benéficos durante el proceso de fermentación, también ayuda en la formación de la estructura de los agregados del suelo, el Bokashi se puede preparar en corto tiempo y no produce malos olores ni moscas (Shintani *et al.*, 2000).

Además de tener todos los usos potenciales como cualquier abono corriente, es importante destacar que es un mejorador de suelos en factores físicos con los aportes de materia orgánica, factores biológicos con la inoculación de microorganismos, y proporcionar condiciones adecuadas para el buen desarrollo de macro organismos como las lombrices. También es utilizado en la suplementación animal, manejo de desechos industriales y controlador de algunas plagas del suelo (Gómez, 2001).

2.4.2.3.1 Fabricación de Bokashi

Para la realización de un Bokashi es necesario la construcción de un pequeño invernadero, posteriormente se coloca capas sucesivas de abajo hacia arriba de compost, restos vegetales picados (restos de cosechas, basura, hojarasca, plantas picadas), afrecho de trigo u otro cereal, estiércol

vacuno, carbón o ceniza vegetal, alfalfa, humus de lombriz y sustancias húmicas. Luego de cada capa de compost, de restos vegetales picados y de la alfalfa, se riega melaza (1 l de melaza / 20 l de agua) con regadera. Mezclar con pala todas las capas y hacer un montón y tapar con un plástico transparente, cada 24 h voltear la mezcla haciendo siempre un montón, al cuarto día la temperatura es alta, se retira el plástico y se sigue volteando la masa cada 24 h. Al séptimo día el Bokashi está listo y la temperatura de la masa baja. Este abono puede ser utilizado solo incorporándolo al suelo a dosis de 0,5 kg/m². El Bokashi puede almacenarse hasta por tres meses, evitando sequedad, humedad o temperaturas extremas (Velasquí, 2005).

Algunos parámetros que se consideran durante el proceso de la fabricación del Bokashi son el control de la temperatura, por lo general, en los primeros días de fermentación tiende a subir a más de 80 °C, para evitar esto se recomienda hacer dos a tres volteos diarios, lo que permite dar aireación y el enfriamiento del abono. La temperatura de fermentación debe estar dentro de los 50 °C, si la temperatura es menor a esta, ya no se produce fermentación (Rodríguez, 2008). La estabilidad de la temperatura se logra del quinto al octavo día. Después se recomienda dar un volteo al día. Cuando el material está seco la fermentación procede demasiado rápido produciendo excesivo calor dando como resultado un Bokashi quemado, que es de calidad inferior, ya que ha perdido su nitrógeno en el aire y tiene pocos microorganismos. La temperatura es el factor determinante de las poblaciones microbianas y según la cual el compostaje se divide en diferentes etapas, la etapa mesofílica, es una etapa con temperaturas de 15 a 45 °C, los microorganismos actúan sobre los compuestos solubles y de fácil degradación, dura de dos a tres días. Inicialmente los residuos se encuentran a temperatura ambiente, los microorganismos crecen y la temperatura sube. La etapa termofílica es una etapa con temperaturas mayores a los 40 °C, este proceso durará desde algunas semanas hasta 2 o 3 meses y la etapa de estabilización que es la etapa de maduración, se encuentra marcada por una baja tasa de actividad microbiana, la temperatura decrece casi se iguala con la del ambiente (Rodríguez, 2008). En el proceso de elaboración del Bokashi hay dos etapas bien definidas, la

primera etapa es la fermentación de los componentes del abono y la del proceso de estabilización. El abono orgánico fermentado logra su maduración del décimo al quinceavo día, en este momento la temperatura del abono es igual a la del ambiente, su color es gris claro, seco, con un aspecto de polvo arenoso y de consistencia suelta (Rodríguez, 2008). El color en general, el abono tendrá una coloración café oscura o negra.

Los microorganismos requieren una cierta cantidad de agua para su metabolismo por lo tanto la humedad es un factor que incide en la velocidad de la descomposición de la materia orgánica. Al tratarse de procesos aeróbicos un bajo contenido de humedad priva a los microorganismos del agua necesaria para su metabolismo y una humedad demasiado elevada puede generar condiciones anaerobias, al ocupar el agua todos los poros y no dejar espacio para el aire. La humedad óptima para la elaboración de abonos orgánicos se encuentra entre 50 a 60%. Su control es mediante la prueba de puño, que consiste en tomar un poco de material con la mano y apretarlo; si escurre un poco de agua entre los dedos, está en buen punto de humedad si la masa está demasiado seca, se desmorona al abrir la mano; en este caso hay que humedecerla (Rodríguez, 2008).

Para llevar a cabo el proceso de degradación aerobia es indispensable que exista aireación, es decir, la presencia de la cantidad necesaria de oxígeno, de lo contrario, los microorganismos aerobios son sustituidos por los anaerobios. La aireación tiene varios objetivos como son, mezclar los materiales, evitar la compactación, creación de nuevas superficies de ataque para los microorganismos, aportar el oxígeno suficiente a los microorganismos y permitir al máximo la evacuación del dióxido de carbono producido (Rodríguez, 2008).

El abono debe ser elaborado en lugar protegido de la lluvia y del sol, el local ideal es piso de ladrillo o revestido con cemento, por lo menos sobre el piso de tierra bien firme, de modo que se evite la pérdida o acumulación indeseada de humedad donde se fabrica (Velasateguá, 2005).

La relación carbono:nitrógeno (C:N) juega un papel fundamental en la mineralización de N de un abono, es posible utilizar esta relación para predecir la capacidad de un abono para mineralizar N y por consiguiente

estimar su calidad desde el punto de vista de proveer N al suelo. Estas deducciones se basan en el conocimiento de que cuando la relación C:N de un abono orgánico es menor que 20, la materia orgánica es degradada fácilmente, al inicio el N es temporalmente inmovilizado dentro de los microorganismos pero al morir estos ese N será liberado al medio, el abono mineralizará N. Cuando la relación C:N se encuentra entre 20 y 35 ocurrirá mineralización e inmovilización y a medida que el abono se degrada podría terminar liberando N al llegar a un equilibrio determinado. Si la relación C:N es mayor que 35 el proceso prevaleciente será la inmovilización de N . El abono tenderá a inmovilizar N disponible del suelo al cual fue aplicado (Leblanc *et al.*, 2007).

2.4.2.3.2 Bokashi preparado con EM

El Bokashi EM es un abono orgánico tipo Bokashi, donde se usan EM como inoculante microbiano en lugar de suelo del bosque. EM mejora la calidad del Bokashi y facilita la preparación de éste usando toda clase de desechos orgánicos. El Bokashi EM se puede preparar aeróbico o anaeróbico, dependiendo de los materiales y de las necesidades de cada situación en particular. El Bokashi EM puede ser utilizado entre 5 a 21 días después de preparado. Este abono puede ser utilizado en la producción de cultivos, aún 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 (Shintani *et al.*, 2000).

2.5 Hipótesis

2.5.1 Hipótesis Nula

El comportamiento de los microorganismos eficientes autóctonos (EMA) y de las levaduras fermentadoras (*Saccharomyces cerevisiae*) no permitirá obtener un biofertilizante Bokashi en menor tiempo y de mayor calidad.

2.5.2 Hipótesis Alternativa

El comportamiento de los microorganismos eficientes autóctonos (EMA) y de las levaduras fermentadoras (*Saccharomyces cerevisiae*) permitirá obtener un biofertilizante Bokashi en menor tiempo y de mayor calidad.

2.6 Señalamiento de Variables

2.6.1 Variable Independiente

Determinación del comportamiento de los EMA y de levaduras fermentadoras (*Saccharomyces cerevisiae*)

2.6.2. Variable Dependiente

Fabricación del biofertilizante Bokashi

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1 Enfoque

Este proyecto es de tipo cuantitativo debido a que gran parte de los resultados que se obtuvieron son numéricos, en el cual se determina las concentraciones óptimas de efectividad de los microorganismos eficientes autóctonos (EMA) y levaduras para la fabricación de un abono orgánico como es el Bokashi.

3.2 Modalidad Básica de la Investigación

En la presente investigación la modalidad de Investigación que se utilizó son de campo, experimental y bibliográfica.

Investigación de Campo:

Esta investigación es también conocida como investigación in situ ya que se realizó en el propio sitio donde se encuentra el objeto de estudio. Al ser el proyecto sobre elaboración de Bokashi este estuvo expuesto a diferentes condiciones climáticas es por ello que se tuvo todas las precauciones necesarias y llevar un respectivo control sobre los cambios que presente el mismo.

Investigación Experimental:

Este tipo de investigación es muy necesaria ya que aquí se llevo a cabo todos los análisis pertinentes al estudio, determinando así la efectividad y el comportamiento de los microorganismos y levaduras utilizadas para la fabricación de dicho abono orgánico.

Investigación Bibliográfica:

La investigación bibliográfica es una de las partes más importantes dentro de la realización del proyecto, esta proporcionó el conocimiento de las investigaciones ya existentes ya sea teoría, hipótesis, experimentos, resultados, instrumentos y técnicas ya usadas acerca de un tema o problema a investigar, dicha información se obtuvo en base a consulta de libros, artículos, revistas, periódicos, archivos, etc.

3.3 Nivel o Tipo de Investigación

Explicativa

Este tipo de investigación descubre y explica cómo, cuándo, dónde y por qué ocurre algún fenómeno, mediante esta investigación se evaluó el comportamiento de los microorganismos eficientes (EM) y levaduras en el Bokashi

Descriptivo

Esta investigación se utilizó para recoger datos y describir diversos comportamientos sobre el problema, aquí se analizó cada parámetro utilizado para la evaluación del Bokashi.

3.4 Población y Muestra

3.4.1 Población

La población con la que se realizó la investigación es la representada por materia orgánica vegetal cruda y fresca y por cepas de EMA y de levaduras fermentadoras.

3.4.2 Muestra

La muestra en la presente investigación estuvo representada por un peso de 40 kg.

3.5 Operacionalización de Variables

Variable Independiente Determinación del comportamiento de los EMA y levaduras

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ÍNDICES	ÍTEMBÁSICO	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Los microorganismos eficientes autóctonos (EMA) y levaduras son efectivos como degradadores biológicos posee varias aplicaciones en la agricultura como es en la elaboración de abonos orgánico hechos a partir de residuos vegetales con el fin de ayudar al mejoramiento de los suelos	- Degradadores biológicos	- Concentración de microorganismos eficientes autóctonos	- Mililitros/litro	- ¿Cuál es la concentración adecuada de microorganismos eficientes autóctonos?	Investigación de campo y de laboratorio
		- Concentración de levaduras <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	- Mililitros/litro	- ¿Cuál es la concentración adecuada de levaduras <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ?	Investigación de campo y de laboratorio
	- Residuos vegetales	- Peso inicial y final del montón	- Kilogramos	- ¿Cuál es la cantidad de residuos vegetales al inicio y final del experimento?	Investigación de campo

Elaborado por: Silvana Córdova

Variable Dependiente. Fabricación del Bokashi

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ÍNDICES	ÍTEMBÁSICO	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>El Bokashi es uno de los abonos orgánicos más eficaces para la agricultura, gracias a la utilización de microorganismos existe la descomposición de materia orgánica produciendo una gran cantidad de nutrientes beneficiosos para las plantas. Para su fabricación se necesita fundamentalmente de material vegetal picado más aditivos apropiados.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de fabricación del Bokashi - Calidad del Bokashi 	<ul style="list-style-type: none"> - Contenido de nutrientes: Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Azufre (S), Magnesio (Mg), al inicio del proceso y al final - Evolución de la temperatura - Color - Humedad 	<ul style="list-style-type: none"> - Porcentaje (%) o ppm - Grados centígrados (°C) - Tabla internacional de colores - Clasificación convencional 	<ul style="list-style-type: none"> - ¿Cuál será el contenido de nutrientes antes y después en la fabricación de Bokashi? - ¿Cómo será la evolución de la temperatura durante la fabricación del Bokashi? - ¿Qué color presentara el Bokashi? 	<p>Análisis físico químico</p> <p>Análisis físico químico</p> <p>Análisis físico químico</p>

		<ul style="list-style-type: none"> - Integridad de la materia - Materia orgánica estado final - Relación C/N - pH - Conductividad eléctrica 	<ul style="list-style-type: none"> - Simple vista - Porcentaje (%) - Porcentaje (%) - Concentración de iones hidrógeno - Microsiemens ($\mu\text{S}/\text{cm}$) 	<ul style="list-style-type: none"> - ¿Qué cantidad de humedad tendrá el Bokashi? - ¿Cuál será el contenido de materia orgánica? - ¿Cuál será la relación C/N en el Bokashi? - ¿Cuál será la concentración de iones hidrógeno en el Bokashi? 	<p>Investigación de campo</p> <p>Investigación de campo</p> <p>Investigación de campo y de lab.</p> <p>Investigación de laboratorio</p>
--	--	--	---	---	---

Elaborado por: Silvana Córdova

3.6 Recolección de Información

3.6.1 Materiales y Métodos

3.6.1.1 Ubicación

El trabajo de investigación a nivel de campo se llevó a cabo en un mini invernadero ubicado en el sector del Parque la Cantera en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua. La obtención de microorganismos eficientes autóctonos se realizó en un jardín con amplia variedad de especies vegetales ubicado en el sector de la Floreana, Ambato.

El trabajo a nivel de laboratorio se realizó en los Laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato y en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), en el Departamento de manejo de suelos y aguas.

3.6.1.2 Materiales

- **Material para el trabajo en campo:**
 - Residuos vegetales frescos picados, como cáscara de frutas y residuos de hortalizas, tales como, zanahoria, papa, remolacha, acelga, rabano, recolectadas del mercado primero de mayo, en las últimas horas de la tarde.
 - Plástico para microinvernadero
 - Microorganismos eficientes autóctonos (EMA)
 - Machete
 - Trinches para volteo
 - Balanza
 - Termómetro

- Balanza de humedad
 - pH – metro
 - Conductivímetro
 - Tabla internacional de colores
- **Microorganismos eficientes autóctonos (EMA)**
- Tarrinas de plástico
 - Arroz cocido
 - Media nylon
 - Piola
 - Melaza
- **Levaduras fermentadoras**
- *Saccharomyces cerevisiae*
Marca La Reposterita de la industria LEVAPAN
- **Equipo de Informática**
- Programa estadístico INFOSTAT
 - Programa Excel
 - Computadora
 - Impresora
 - Cámara fotográfica digital
- **Suministros de Oficina**
- Lápiz
 - Libreta de campo
 - Carpetas

- Hojas de papel bond
- Empastados

3.6.1.3 Métodos

3.6.1.3.1 EJECUCIÓN DEL AISLAMIENTO DE MICROORGANISMOS EFICIENTES AUTÓCTONOS (EMA) Y ADQUISICIÓN DE UNA CEPA PURA COMERCIAL DE LEVADURAS FERMENTADORAS (*Saccharomyces cerevisiae*).

Obtención de microorganismos eficientes autóctonos (EMA)

Para la obtención de microorganismos eficientes se utilizó 1 lb de arroz cocido, colocado en una tarrina plástica con una capacidad de 1000 ml, para tapar la boca de la tarrina se empleó un pedazo de nylon y se aseguró con una piola. La tarrina se enterró hasta el nivel del suelo bajo el follaje de plantas o arbustos. Después de 2 semanas se desenterró la tarrina, tiempo en el cual los microorganismo tales como bacterias, levaduras y actinomicetes se impregnaron en el arroz, para su activación se preparó una solución madre, a razón de 1 l de melaza y 3 l de agua hervida y fresca, se mezcla el arroz de la tarrina en esta solución madre y para su aplicación se colocó 200 ml de la solución madre en 20 l de agua (Velasteguí, 2012).

Levaduras fermentadoras

La levadura que se utilizó en la realización de Bokashi fue *Saccharomyces cerevisiae* que es fabricado por la industria Levapan, para su activación se disolvió 7 gr de levadura activa seca con media cucharadita de azúcar en media taza de agua tibia (temperatura 30-35°C), se removió hasta hidratarla totalmente, para su uso como levadura fresca se dejó reposar por 15 minutos.

3.6.1.3.2 EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS DOS TIPOS DE MICROORGANISMOS POR SEPARADO Y DE MANERA COMBINADA EN LA FABRICACIÓN DE BOKASHI

Fabricación del Bokashi

- **Modalidad básica de fabricación:**
 - Construir previamente una cubierta de plástico a manera de invernadero pequeño
 - Elaborar un montón con residuos vegetales picados, añadiendo ligeramente melaza (a razón de 1 l de melaza / 20 l de agua) y espolvoreando tierra fértil mientras se van mezclando los residuos
 - Voltear el montón 1 vez por día, haciendo siempre el montón
 - El Bokashi está listo en dos o tres semanas (Velasteguí, 2012).

En el proyecto de investigación se realizó una modalidad básica de fabricación del biofertilizante Bokashi, se construyó una cubierta de plástico a manera de invernadero pequeño, se elaboró un montón con residuos vegetales picados tales como zanahoria, cáscara de frutas y papa, remolacha, cebolla, acelga, rabano, alfalfa, en cantidades de 10, 6, 3, 3, 7, 5 y 2 lbs respectivamente, hojarasca 2 lb y tierra fértil 2 lb. Se añadió EMA y levaduras de acuerdo a cada tratamiento establecido. La masa se volteó cada 24 horas, haciendo siempre un montón. El Bokashi estuvo listo en 15 días, esto se estableció con los parámetros evaluados durante su fabricación.

3.6.1.3.3 DETERMINACIÓN DE LAS MÁS RECOMENDABLES MODALIDADES INVESTIGADAS EN CUANTO A TIEMPO Y CALIDAD DEL BIOPRODUCTO FINAL.

- **Concentración de microorganismos eficientes autóctonos y de levaduras *Saccharomyces cerevisiae***

Se emplearon distintas concentraciones de microorganismos eficientes autóctonos siendo estas de 0 ml de EMA, 200 ml de EMA en 20 ml de agua, 400 ml de EMA en 20 ml de agua y 600 ml de EMA en 20 m.

La concentración de levadura fue de 0 gr y 1 gr por l de agua.

Estas concentraciones fueron tomadas completamente al azar, utilizando como base un testigo y considerando que no existe una investigación que establezca las cantidades adecuadas a utilizar para la fabricación de Bokashi.

- **Peso inicial y final del montón**

El peso se estableció con la ayuda de una balanza al inicio y final del experimento, con la finalidad de determinar la cantidad de degradación producida.

- **Contenido de nutrientes: N, P, K, Ca, S, Mg**

El contenido de nutrientes se realizó al inicio y final del proceso, en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Departamento de manejo de suelos y aguas.

Se tomaron alícuotas del núcleo de Bokashi, de las tres replicas realizadas y se formo una sola muestra para ser analizada. Para la determinación de P, K, Ca, S y Mg se utilizó un método de extracción mediante un reactivo a base de Cloruro de Sodio (NaCl) y Acido Cítrico, esta solución extractora se lo realiza con NaCl 29.25 gr, Acido Cítrico 5 gr, Benzoato de Sodio 2 gr. Se disuelven y aforan a 1 lt con agua destilada. Se toman 10 ml de abono, se agregan 100 ml de Solución Extractora y se agita durante 1 h, se filtra. Del filtrado se toman 24.5 ml y se agregan 0.5 ml de solución de Oxido de

Lantano al 5%. Se toma una alícuota y se mide mediante Absorción Atómica (Calderón *et al.*, 1999).

La determinación de nitrógeno se lo realiza con el método Micro- Kjeldahl.

- **Evolución de la temperatura**

La temperatura se controló diariamente, ya que si esta sube a 50°C o más, puede darse una pérdida en la calidad biológica del abono, para evitar dicho suceso se realizó un volteo diario.

- **Color**

Se determinó diariamente, realizando comparaciones con una Tabla internacional de colores (Ver Figura C-11).

- **Humedad**

Para determinar el porcentaje de humedad se utilizó cápsulas de porcelana las mismas que fueron previamente pesadas, se colocaron 5 gr de las muestras. Estas fueron llevadas a una estufa y se les sometió a 105° C por 24 h. Se retiraron las muestras, se las dejó enfriar y se procede a pesar nuevamente. El porcentaje de humedad de la muestra se calcula por la diferencia de peso entre una muestra húmeda, y después de haberse secado en la estufa (Fernández, *et al.*, 2006).

- **Integridad del material**

Se realizó a simple vista, una vez por semana para diferenciar los residuos frescos de los degradados.

- **Conductividad eléctrica**

Para su determinación se colocaron 20 gr de suelo en un vaso de precipitación, posteriormente se añadió 50 ml de agua destilada, la lecturas fueron tomadas utilizando un conductivímetro.

La conductividad eléctrica es importante para establecer la cantidad de sales en el abono.

- **Materia orgánica**

Se estableció al inicio y final del proceso, este parámetro fue analizado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Departamento de manejo de suelos y aguas.

Se tomaron alícuotas del núcleo de Bokashi, de las tres replicas realizadas y se formo una sola muestra para ser analizada. Las muestras, secadas a 40°C y libre de materiales inertes y de carbonatos, se calcinan a 550°C. Se asume que el material volatilizado es la fracción orgánica (Zagal, 2007)

- **Relación C/N**

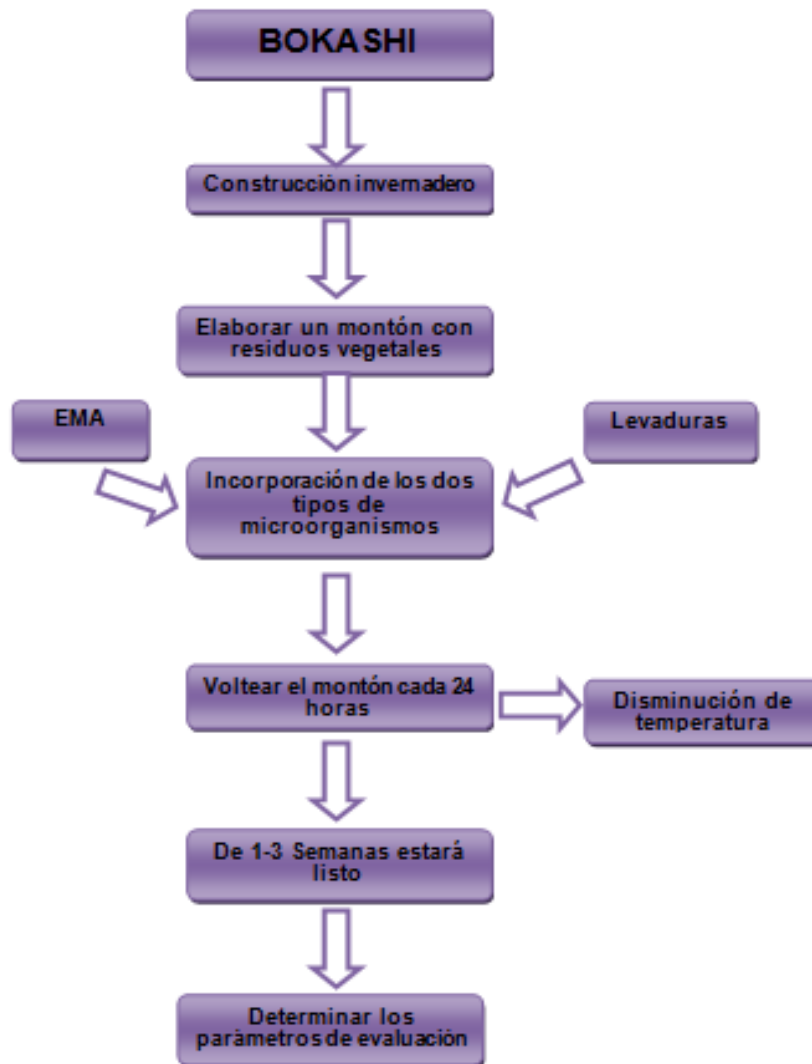
Se determinó al inicio y al final del proceso, este parámetro fue analizado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Departamento de manejo de suelos y aguas.

El carbono y el nitrógeno fueron determinados por oxidación con dicromato de potasio y por reducción de nitrato a amonio utilizando el método de Kjeldhal (Gómez, *et al.*, 2012).

- pH

Se realizó dos veces por semana, para su determinación se colocó 20 gr del abono en un vaso de precipitación, posteriormente se añadió 50 ml de agua destilada, esta suspensión se agitó por varios minutos. Se dejó reposar durante media hora a temperatura ambiente. Transcurrido este tiempo, se tomó las lecturas utilizando un pH-metro calibrado, y sin agitar la muestra.

Gráfico 1. Flujograma del proceso



3.6.1.3.4 FACTORES EN ESTUDIO

Tabla 1. Fabricación de Bokashi con diferentes concentraciones de microorganismos eficientes autóctonos (EMA)

FACTOR A	NIVEL
Microorganismos eficientes autóctonos (EMA)	a ₁ : 0 ml
	a ₂ : 200 ml/ 20l
	a ₃ : 400 ml/ 20ml
	a ₄ : 600 ml/ 20ml

Elaborado por: Silvana Córdova

Tabla 2. Fabricación de Bokashi con diferentes concentraciones de levaduras fermentadoras

FACTOR B	NIVEL
Levaduras fermentadoras	b ₁ : 0 gr
	b ₂ : 1 g/l

Elaborado por: Silvana Córdova

3.6.1.3.5 Tratamientos

Tabla 3. Lista de los tratamientos obtenidos de la combinación de cada uno de los niveles de los factores en estudio.

# Tratamiento	Cód.	Descripción
t1	a1b1	0 ml de EMA y 0 gr de levaduras
t2	a1b2	0 ml de EMA y 1 g/l de levaduras
t3	a2b1	200 ml/ 20 ml de EMA y 0 gr de levaduras

t4	a2b2	200 ml/ 20 ml de EMA y 1 g/l de levaduras
t5	a3b1	400 ml/ 20 ml de EMA y 0 gr de levaduras
t6	a3b2	400 ml/ 20 ml de EMA y 1 g/l de levaduras
t7	a4b1	600 ml/ 20 ml de EMA y 0 gr de levaduras
t8	a4b2	600 ml/ 20 ml de EMA y 1 g/l de levaduras

Elaborado por: Silvana Córdova

3.6.1.3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

Modelo matemático:

El modelo matemático que se empleó para esta etapa es:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + A_j + B_k + (AB)_{jk} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Respuesta de la unidad experimental

μ = La media común a todos los datos del experimento

R_i = Réplicas

A_j = Factor A

B_k = Factor B

$(AB)_{jk}$ = Interacción entre el factor A y factor B

ϵ_{ijk} = Error experimental

Diseño experimental:

En esta etapa se empleó un diseño completamente al azar (DCA) en un arreglo factorial (A*B), con tres repeticiones. El factor A son los EMA utilizados a diferentes concentraciones, el mismo que presenta 4 niveles de, 0 ml, 200 ml/ 20 l, 400 ml/ 20 ml y 600 ml/ 20 ml, el factor B son las concentraciones de levaduras

el mismo que posee 2 niveles de, 0 gr y 1 g/l. El número total de unidades experimentales fue de 24.

Número de experimentos:

Con el fin de que los resultados sean plenamente confiables, se ejecutó tres réplicas completas de las mejores modalidades de fabricación del “Bokashi”.

Análisis de Varianza

Tabla 4. Cuadro de análisis de varianza

Fuente de Varianza (FV)	Grados de libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrados medios (CM)	F calculado	F tabulado 5%
Réplicas	r - 1	$\frac{1}{ab} \sum_i Y_{i...}^2 - \frac{Y_{...}^2}{rab}$	$\frac{SCR}{GL}$	$\frac{CMT_r}{CME}$	---
A	A - 1	$\frac{1}{rb} \sum_j Y_{.j..}^2 - \frac{Y_{...}^2}{rab}$	$\frac{SCA}{GL}$		
B	B - 1	$\frac{1}{ra} \sum_u Y_{..k.}^2 - \frac{Y_{...}^2}{rab}$	$\frac{SCB}{GL}$		
AB	AB - 1	SC(AB) = SCT _r - SCA - SCB	$\frac{SC(AB)}{GL}$		
Error	K (n - 1)	SCE = SCT - SCT _r - SCR	$\frac{SCE}{GL}$		
Total	rab - 1	$\sum_i \sum_j \sum_k \sum_l Y_{ijkl}^2 - \frac{Y_{...}^2}{rabc}$	$\frac{SCT}{GL}$		

Análisis Funcional

Se utilizó la prueba de Tuckey al 0.05% que permite determinar la significancia de las diferencias observadas.

Unidades Experimentales

Para esta investigación se trabajó con 8 tratamientos con tres réplicas cada uno.

Se realizó gráficas que denotan si existen diferencias estadísticas o no.

3.7 Procesamiento y análisis

Los datos obtenidos en el presente estudio fueron analizados mediante el paquete estadístico Infostat, a fin de sustentar apropiadamente los resultados se aplicó pruebas estadísticas así como también se elaboró gráficas estadísticas.

La discusión de los resultados se cumplió utilizando la información bibliográfica relacionada y los análisis de laboratorio respectivos lo cual permitió llegar a la aceptación o rechazo de la hipótesis de investigación y delinear las conclusiones y recomendaciones más apropiadas.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Elaboración de Bokashi y parámetros de evaluación

El Bokashi fue fabricado a partir de residuos vegetales tales como zanahoria, cáscara de frutas y papa, remolacha, cebolla, acelga, rabano, alfalfa, en cantidades de 10, 6, 3, 3, 7, 5 y 2 lb respectivamente, hojarasca 2 lb y tierra fértil 2 lb recogidos del mercado primera de mayo estos residuos fueron picados hasta obtener fragmentos iguales y poder elaborar un montón cada uno con un peso mostrado en la tabla A-1, además se puede observar el peso final que se obtuvo del montón en la fabricación de Bokashi, este se redujo a más de la mitad debido a la degradación de la materia orgánica. Al analizar las tablas B-1, B-2 y B-3 sobre el peso obtenido en los tratamientos, se puede concluir que si existe una diferencia significativa entre las réplicas y tratamientos, con la prueba de Tukey, se determinó cual tratamiento es el mejor en donde se muestra cinco grupos homogéneos, estableciendo que el mejor es el a2b2, es decir 200 ml/ 20 l de EMA y 1 gr/l de levadura, el peso se redujo de 40 kg a 11 kg después de haber transcurrido 15 días de elaboración, demostrando así la degradación de materia producida.

Según Álvarez & Gámez, 2004; los materiales usados para la elaboración de Bokashi deben de ser de un alto contenido de carbono ya que este mejora las características del suelo dándole así una mejor aeración, absorción de humedad y calor. Debido a su alta porosidad favorece a la actividad de los microorganismos y es capaz de, retener, filtrar y liberar elementos. Por lo tanto los materiales comúnmente usados en la elaboración de Bokashi son: cascarilla de arroz, gallinaza, aserrín y materiales vegetativos. Para la fabricación del

biofertilizante Bokashi se utilizó residuos vegetales, debido a que existe una gran cantidad de estos desechos y es muy sencillo darles un tratamiento.

Las concentraciones utilizadas de EMA y levaduras *S. cerevisiae*, se aplicaron considerando que no existe una investigación como tal que establezca o comente acerca de la cantidad a utilizar para la fabricación del biofertilizante Bokashi.

Según Arias, 2007 los EMA provienen de una combinación de varios microorganismos agrupados en 4 grandes géneros: bacterias Fototróficas, bacterias ácidolácticas, levaduras y actinomicetes. Las bacterias fototróficas sintetizan sustancias como aminoácidos, ácidos nucleicos y azúcares, las bacterias ácido lácticas producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias fototróficas y levaduras; también aumentan los componentes de la materia orgánica, como la lignina y la celulosa. Las levaduras sintetizan sustancias antimicrobiales y los actinomicetes actúan como antagonistas de muchas bacterias y hongos patógenos de las plantas debido a que producen antibióticos.

Durante el proceso de fabricación de un abono orgánico existe la influencia o intervención de varios factores para su producción o degradación de la materia orgánica donde es necesario el ingreso de oxígeno, microorganismos y humedad, a medida que se da la formación de nuevos organismos y la degradación existe un desprendimiento o expulsión de calor agua y dióxido de carbono, de esta manera se formara el abono orgánico.

Gráfico 2. Factores condicionantes del proceso de compostaje



Para la obtención de un buen producto de la transformación de desechos orgánicos es necesario controlar varios factores que son causas y consecuencias del proceso, y que están estrechamente relacionados, como son:

Temperatura

En la tabla A-2 se muestra las temperaturas obtenidas durante la fabricación del biofertilizante Bokashi, donde se observa claramente que en los primeros días la temperatura se va incrementando hasta llegar a una temperatura máxima de 40 °C debido a que produce la degradación del material orgánico. En la Tabla A-3 se encuentran las temperaturas obtenidas después de realizar el volteo las mismas que van disminuyendo, en el día 15 la temperatura mínima es de 20 °C que indica que el biofertilizante Bokashi estaba listo. En algunos tratamientos la temperatura mínima alcanzada no fue de 20 °C debido a que estas tomaron la temperatura ambiente siendo esta de 24 y 19 °C.

La temperatura está en función del incremento de la actividad microbiológica del abono, que comienza después de la etapa de la mezcla de todos los

ingredientes. Aproximadamente, después de 14 h de haberlo preparado, el abono presenta temperaturas altas. La temperatura del abono empieza a bajar por agotamiento o disminución de la fuente energética y pasa a un proceso de estabilización. La temperatura no debe ascender a más de 50 °C para que no se afecte la población de microorganismos benéficos, este factor se regula con el volteo constante del material dando aireación y favoreciendo a la población microbiana aeróbica (Gómez, 2001).

Gráfico 3. Fases del proceso de Compostaje días vs temperatura



El abono orgánico posee 4 etapas bien definidas que son, activación sucede los primeros días y la temperatura empieza a subir, calentamiento, enfriamiento y maduración (Cortiñas *et al.*, 2009). En el Bokashi la temperatura máxima obtenida fue de 40 °C, posteriormente se da produce una disminución y llega alrededor de 20 °C manteniéndose constante.

En la fabricación del biofertilizante Bokashi se da un proceso de fermentación aerobia consiste en la asimilación de la materia orgánica por parte de microorganismos en presencia de oxígeno y nutrientes. Este proceso de fermentación aerobia de la materia orgánica se produce en tres fases secuenciales desde las primeras descomposiciones microbianas de la materia orgánica hasta la estabilización del producto.

Color

Es un parámetro el cual se evaluó diariamente antes y después del volteo, en las tablas A-4 y A-5 se observan los diferentes cambios dados. Según Rodríguez, 2008 el color característico del abono cuando está listo es café oscuro o negro. El abono toma un color oscuro ya que este absorbe más radiaciones solares, elevando la temperatura del suelo, haciendo que las plantas puedan obtener con mayor facilidad los nutrientes. Mejora la estructura y textura del suelo formando más ligeros a los suelos arcillosos y más compactos a los arenosos. Aumentan la retención de agua absorbiendo más agua cuando llueve, beneficiando las épocas de sequía. En los primeros días de la fabricación del Bokashi el color era verde oliva y en la parte superior del montón se observó un color gris, esto indica que se estaba produciendo la degradación, a medida que el tiempo transcurría el color iba oscureciendo, esto se determinó mediante la realización de comparaciones con la tabla internacional de colores.

Integridad de la materia

En la tabla A-6 se observa la integridad de la materia, en la mayoría de los tratamientos se dio una desintegración considerable en la primera semana, ya que los fragmentos de los desechos vegetales iban cada vez disminuyendo de tamaño, esto indica que los microorganismos empleados actúan de una manera eficaz y rápida.

Contenido de nutrientes N, P, K, Ca, S, Mg

El contenido de nutrientes fueron analizados al inicio y final del proceso de fabricación del Bokashi, en las tablas A-7 y A-8 se muestra las variaciones existentes en cada uno. En el caso de nitrógeno existe una mayor cantidad en el tratamiento a2b2, es decir 200 ml /20 l de EMA y 1 gr/l de levadura, siendo 2,99 %. Los tratamientos a3b2 (400 ml/ 20l EMA y 1 gr/l levadura) y a4b2 (600 ml/ 20 l EMA y 1 gr/l levadura) son los que poseen mayor cantidad de potasio siendo de 2,34 y 2,45 % respectivamente. La mayor cantidad de calcio esta en

el tratamiento a2b2 (200 ml/ 20 l EMA y 1 gr/l levadura) es de 1,68 % y la menor en el tratamiento a4b1 (600 ml/ 20 l EMA y 0 gr levaduras), siendo de 1,36 %. Los tratamientos a1b2 (0 ml EMA y 1 gr/l levaduras), a2b2 (200 ml/ 20 l EMA y 1 gr/l levaduras) y a4b2 (600 ml/ 20 l EMA y 1 gr/l levaduras) son donde existe la mayor cantidad de azufre siendo de 0,38 %. La mayor cantidad de magnesio se dio en los tratamientos a2b2 (200 ml/ 20 l EMA y 1 gr/l levaduras), a3b2 (400 ml/ 20 l EMA y 1 gr/l levaduras) y a4b2 (600 ml/ 20 l EMA y 1 gr/l levaduras) fueron de 0,58 %. Todos estos resultados fueron obtenidos al final del proceso de fabricación del biofertilizante. Estableciendo que la mayor cantidad de N, P, K, Ca, S, Mg se encontró en el tratamiento a2b2, es decir 200 ml /20 l de EMA y 1 gr/l de levadura.

Según Piedrahita & Caviedes, 2012; una de las contribuciones más importante de la materia orgánica a la fertilidad de suelo es su capacidad de suplir nutrimentos, especialmente N, P, y S. Los nutrimentos son secuestrados en y liberados de la materia orgánica por 2 procesos distintos: biológicos (N, P, S) y químicos (Ca, Mg, K)

Nitrógeno, es un constituyente de la clorofila, el protoplasma, la proteína y los ácidos nucleicos, aumenta el crecimiento y desarrollo de todos los tejidos vivos. Es un componente esencial de los aminoácidos que forman las proteínas, así como también es necesario para la síntesis de la clorofila (Sánchez, 2009).

Fósforo, ayuda a la formación, desarrollo y fortalecimiento de las raíces, les permite un rápido y vigoroso comienzo a las plantas, es decir las ayuda a agarrarse del suelo (Sánchez, 2009).

Potasio, la absorción de este catión está conectado a la actividad metabólica. Se caracteriza por su alta movilidad en las plantas, es decir entre células, tejidos y en su transporte por xilema y floema. El potasio es el catión más abundante en el citoplasma y sus sales contribuyen al potencial osmótico de células y tejidos. Se encuentra también en cloroplastos y vacuolas facilitando alargamiento celular (Sánchez, 2009).

Calcio, es un constituyente de las paredes celulares, necesario para la mitosis (división celular) normal. Contribuye a la estabilidad de las membranas, mantenimiento de la estructura de los cromosomas (Sánchez, 2009).

Magnesio, es un componente esencial de la clorofila, además es necesario para la formación de azúcar, como también ayuda a regular la asimilación de otros nutrimentos (Sánchez, 2009).

Azufre, es un ingrediente esencial de la proteína, ayuda al desplazamiento de los azúcares dentro de la planta. Activador de muchos sistemas enzimáticos vinculado al metabolismo de los carbohidratos, la síntesis de ácidos nucleicos. etc. (Sánchez, 2009).

Tabla 5. Norma Técnica Colombiana para productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes.

Composición Físico química	Unidad	Límites permitidos
Humedad	%	Menores a 35
Relación C/N		Menores a 25
Nitrógeno	%	Mayores a 1
Fósforo	%	Mayores a 1
Potasio	%	Mayores a 1
Calcio	%	Mayores a 1
Magnesio	%	Mayores a 1
Azufre	%	Mayores a 1

FUENTE: Norma Técnica Colombiana 5167 del 2004.

De acuerdo a estas normas establecidas todos los tratamientos utilizados cumplen con los límites establecidos para N, K y Ca.

Humedad

La humedad es un parámetro importante al momento de la realización del Bokashi, en la Tabla A-9 se observa como a medida que transcurre el tiempo la humedad disminuye, el Bokashi está listo cuando la humedad llega del 15 al 20 %, en la mayoría de los tratamientos la humedad disminuyó considerablemente. La reducción de la humedad se debe al efecto de las altas temperaturas alcanzadas, llegando hasta 40°C. El porcentaje inicial de humedad en los tratamientos fue entre el 75 y 64 % a medida que transcurría el tiempo estos valores fueron disminuyendo hasta llegar al 24 y 21 %. El porcentaje de humedad obtenido en los tratamientos si cumple con los límites establecidos.

Conductividad eléctrica

Al observar la tabla A-10 se puede notar un aumento en la conductividad eléctrica al transcurrir el tiempo. La Conductividad Eléctrica es la capacidad de transmisión de la corriente eléctrica y está relacionada con la concentración de sales disueltas. En la tabla B-4 se muestra el coeficiente de variación es 1.68 lo que indica que existe diferencia significativa entre las réplicas, en la tabla B-5 se observa que los tratamientos sí presentan diferencia, por lo que es necesario la realización de la prueba de Tukey al 0.05 % donde se presentan seis grupos homogéneos, siendo el mejor tratamiento el a2b2, es decir 200 ml/ 20 l de EMA y 1 gr/l de levadura teniendo la conductividad eléctrica mayor. En la gráfica B-2 se puede observar claramente los grupos establecidos, existiendo similaridad entre los tratamientos a2b2 (200 ml / 20 l EMA y 1 gr/l levadura) y a4b1 (600 ml/ 20l EMA y 0 gr levadura) representados por A, los B son a3b2 (400 ml/ 20 l EMA y 1 gr/l levadura) y a4b1 (600 ml/ 20 l EMA y 0 gr levadura), el grupo C a1b2 (0 ml EMA y 1 gr/l levadura) y a3b2 (400 ml/ 20 l EMA y 1 gr/l levadura), en el D a1b2 (0 ml EMA y 1 gr/l levadura) y a4b2 (600 ml/ 20 l EMA y 1 gr/l levadura), en el E a2b1 (200 ml/ 20 l EMA y 0 gr levadura), a3b1 (400 ml/ 20 l EMA y 0gr levadura), a4b2 (600 ml/ 20 l EMA y 1 gr/l levadura) y en el grupo F a1b1 (0 ml EMA y 0 gr levadura)

pH

En la tabla A-11 se puede observar las variaciones del pH en los distintos tratamientos durante la elaboración del Bokashi, la disminución de los valores en las lecturas, es debido a que existe mayor cantidad de materia orgánica en descomposición, la producción de ácidos orgánicos por la acción de los microorganismos facultativos provenientes de éste proceso fue mayor. En la tabla B-6 se puede observar que el coeficiente de variación es 0.74, es decir que no existe diferencia significativa entre las réplicas, en la tabla B-7 se observa que los tratamientos sí presentan diferencia, por lo que es necesario la realización de la prueba de Tukey al 0.05 % donde se presentan seis grupos homogéneos, siendo el mejor tratamiento el a2b2, es decir 200 ml/ 20 l de EMA y 1 gr/l de levadura.

El pH en la elaboración de este biofertilizante requiere que oscile entre un 6 y un 7,5, ya que los valores extremos inhiben la actividad microbiológica durante el proceso de la degradación de los materiales (Portillo *et al.*, 2011).

Materia orgánica

El análisis de la materia orgánica fue realizado al inicio y final de la realización del Bokashi en la tabla A-12 se muestra los porcentajes obtenidos existiendo un incremento al final de la fabricación del biofertilizante en todos los tratamientos. El Bokashi posee gran cantidad de materia orgánica, por lo que favorece la fertilidad del suelo, incrementando la actividad microbiana de este, el mismo que facilita el transporte de nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas. Para el tratamiento a1b1 (0 ml EMA y 0 gr levadura) la materia orgánica incremento de 62,5 a 71,8 %, a1b2 (0 ml EMA y 1 gr levadura) de 61,8 a 70,3 %, a2b1 (200 ml/ 20 l EMA y 0 gr levadura) de 64,2 a un 70 %, a2b2 (200 ml/ 20 l EMA y 1 gr/l levadura) de 59,9 a 69,2 %, a3b1 (400 ml/ 20 l EMA y 0 gr levadura) de 66 a 74,5 %, a3b2 (400 ml/ 20 l EMA y 1 gr/l levadura) de 60,5 a 70,5, a4b1 (600 ml/ 20 l EMA y 0 gr levadura) de 66,9 a 74,6 % y en tratamiento a4b2 (600 ml/ 20 l EMA y 1 gr/l levadura) de 60,8 a 70,9 %.

En el tratamiento a2b2 (200 ml/ 20 l EMA y 1 gr/l levadura) fue en el que se dio un incremento considerable de materia orgánica.

Relación C/N

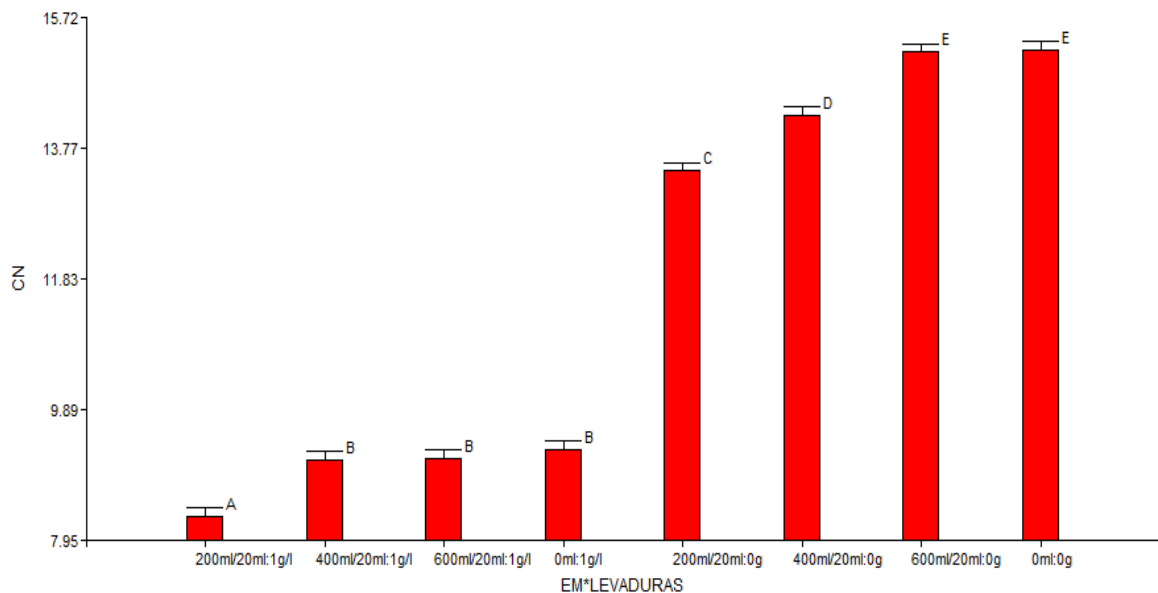
En la tabla A-13 y A-14 se observa los valores de la relación C/N al inicio y final de la fabricación de Bokashi, los mismos que disminuyeron al final del proceso. Al realizar el análisis estadístico se puede determinar que si existe una diferencia significativa en los tratamientos, como se puede observar en las tablas B- 8 y B-9, en la tabla B- 10 se observa el mejor tratamiento siendo el a2b2, es decir 200 ml/ 20 l de EMA y 1 gr/l de levadura, esto se determinó mediante una prueba de Tukey al 0.05 %.

Según Álvarez, 2004; En la degradación de la materia orgánica participan distintas variedades de microorganismos por lo que la liberación de los nutrientes es constante lo cual les permite suplir a la planta. Estos microorganismos necesitan de fuentes de nitrógeno y carbono. El Carbono lo utilizan como energía para formar estructuras celulares y su reproducción; el Nitrógeno lo utilizan para formar proteínas.

La estabilidad de un abono orgánico es evaluada en función de la relación carbono: nitrógeno (C: N). A medida que la degradación procede, el C orgánico es convertido en CO₂, el cual es liberado al aire, pero el N permanece dentro del material. Esta situación hace que la relación C: N vaya disminuyendo a medida que procede la degradación. Con el tiempo, la degradación se hace más lenta porque los residuos, como la lignina, son muy complejos o porque se han formado materiales también muy complejos. Los abonos orgánicos deben iniciar el proceso de degradación con relaciones C: N entre 25:1 y 35:1 y deberían terminar dicho proceso estabilizados y con una relación C: N menor que 20:1. Un abono con una relación C: N adecuada, por debajo de 20:1, es un abono que después de ser aplicado al suelo podrá continuar siendo degradado, liberando cantidades adecuadas de N disponible, las cuales pueden ser utilizadas por un cultivo. Sin embargo, cuando la relación C: N del abono orgánico es alta, mayor que 35:1, en lugar de liberar N, el abono inmovilizará

cualquier N que se encuentra disponible en el suelo esto podría poner a un cultivo en una situación de competencia por N. La relación C/N obtenida en el Bokashi de los tratamientos se encuentra dentro de los rangos establecidos por lo tanto es apto para su utilización, el valor obtenido del mejor tratamiento fue de 8. En el Gráfico 4 se puede observar los 5 grupos establecidos de los tratamientos utilizados siendo el mejor el grupo A que es el a2b2 (200 ml/ 20 l EMA y 1 gr/l levadura), la siguiente agrupación es el B con los tratamientos a1b2 (0 ml EMA y 1 gr/l levadura), a3b2 (400 ml/ 20 l EMA y 1 gr/l levadura) y el a4b2 (600 ml/ 20 l EMA y 1 gr/l levadura), en el C está el a2b1 (200 ml/ 20 l EMA y 0 gr levadura), en el grupo D el a3b1 (400 ml/ 20 l EMA y 0 gr levadura) y en el los tratamientos a1b1 (0 ml EMA y 0 gr levadura) y a4b1 (600 ml/20 l EMA y 0 gr levadura)

Gráfico 4. Gráfico estadístico de la relación C/N



4.2 Verificación de Hipótesis

Según los resultados obtenidos se rechaza la hipótesis nula que indica que el comportamiento de los microorganismos eficientes autóctonos (EMA) y de las

levaduras fermentadoras (*S. cerevisiae*) no permiten obtener un biofertilizante Bokashi en menor tiempo y de mayor calidad, debido a que en la realización de los análisis se establece que el abono orgánico puede ser utilizado de una manera eficaz en cualquier suelo.

De esta forma se acepta la hipótesis alternativa la cual expone que el comportamiento de los microorganismos eficientes autóctonos (EMA) y de las levaduras fermentadoras (*S. cerevisiae*) permitirá obtener un biofertilizante Bokashi en menor tiempo y de mayor calidad.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- ✓ En la investigación se evaluó el comportamiento de EMA y levaduras fermentadoras a distintas concentraciones. Al no existir EMA y levaduras en el Bokashi, se produce un olor desagradable, no se da una buena descomposición de los residuos vegetales, el contenido de nutrientes, materia orgánica y relación C/N no es ideal como para ser aplicado en suelos. La mezcla entre levaduras y EMA proporciona una alta carga microbiana provocando que los residuos vegetales se transformen en nutrientes de excelente calidad.
- ✓ En la fabricación del biofertilizante Bokashi se utilizó diferentes tratamientos, después de haber transcurrido 15 días a partir de su preparación se realizó los distintos análisis físico químicos para determinar cuál es la más recomendable en cuanto a calidad del bioproducto obtenido, estableciendo así que el mejor tratamiento es el a2b2, es decir 200 ml/ 20l de EMA y 1 g/l de levaduras fermentadoras (*S. cerevisiae*), este tratamiento arrojó los mejores resultados, especialmente en la relación C/N donde se obtuvo un valor de 8, encontrándose dentro de los límites permitidos de productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes.

5.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Durante la fabricación del Bokashi hay que prestar mucha atención a la temperatura durante el proceso, ya que a temperaturas mayores de 50 °C los microorganismos pueden morir, es por ello que debe darse el volteo mucho mejor si es de manera diaria una o dos veces al día.

- ✓ El Bokashi debe de estar protegido del sol, el viento y las lluvias

- ✓ La humedad, es otro factor que se debe considerar ya que cuando esta es inferior al 35 %, se da una descomposición muy lenta de los materiales orgánicos que hacen parte del compuesto, y cuando supera el 60 %, se dificulta el proceso de fermentación

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 DATOS INFORMATIVOS

- 1 Título:** Evaluación de la aplicación del biofertilizante Bokashi en suelos degradados.
- 2 Unidad Ejecutora:** Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Carrera de Ingeniería Bioquímica.
- 3 Beneficiario:** Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Carrera de Ingeniería Bioquímica.
- 4 Director del Proyecto:** Ing. César German
- 5. Personal Operativo:** Egda. Lidia Silvana Córdova Vinueza
- 6 Tiempo de Duración:** 1 año
- 7 Fecha de Inicio:** Octubre 2013
- 8 Lugar de Ejecución:** Universidad Técnica de Ambato
- 9 Costo:** \$ 1570

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

El Bokashi es un abono orgánico fermentado hecho a base de desechos vegetales, la elaboración se fundamenta en la descomposición de los residuos y temperaturas controladas a través de poblaciones de microorganismos existentes en los residuos. El objetivo principal del Bokashi es activar y aumentar la cantidad de microorganismos benéficos en el suelo. El Bokashi genera materia orgánica y aporta nutrientes.

La función del Bokashi en el suelo es incorporar inóculos que promuevan una fermentación regulada, para así, suministrar alimentos energéticos a los microorganismos del suelo y crear una biodiversidad benéfica y nutritiva para los cultivos. Con la mejora de la biodiversidad se espera que se mejore la eficiencia de fermentación/descomposición en el suelo formando así una cadena completa de fermentación para minimizar la pérdida de nutrientes. Además suministra organocompuestos (vitaminas, aminoácidos, ácido orgánico, enzimas y sustancias antioxidantes) directamente a las plantas y al mismo tiempo activa los micro y macroorganismos benéficos durante el proceso de fermentación. También ayuda en la formación de la estructura de los agregados del suelo.

6.3 JUSTIFICACIÓN

Actualmente existen millones de suelos con algún tipo de deterioro, por deforestación y malas prácticas agrícolas, una de estas alternativas para el mejoramiento de los suelos son los abonos tipo bokashi, los cuales incorporan al suelo materia orgánica, y nutrientes esenciales como: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro, los cuales mejoran las condiciones físicas y químicas del suelo.

Esta investigación tiene como fin comprobar si la adición de abono orgánico tipo Bokashi mejora las condiciones físicas del suelo, ya que de ser así resultaría

una alternativa económica que podían implementar fácilmente los productores agrícolas para la mejorar las condiciones del suelo.

Con las cualidades del Bokashi como el agregar materia orgánica al suelo y el Proceso de liberación de nutrientes de forma lenta a través del tiempo se puede lograr reducir la problemática actual de degradación de suelos, presentada actualmente por la utilización de fertilización química.

6.4 OBJETIVOS

6.4.1 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar los cambios físicos y químicos producidos en suelos degradados mediante la aplicación del biofertilizante Bokashi.

6.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comprobar la evolución de los niveles de nutrientes esenciales, materia orgánica y la relación C/N en suelos degradados.
- Aplicar el biofertilizante Bokashi en diferentes dosis en suelos degradados
- Determinar las propiedades físicas y químicas del suelo tratado con el biofertilizante Bokashi.

6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

El análisis de factibilidad determinar la posibilidad del desarrollo del proyecto estableciendo existe la disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos o metas señaladas, la factibilidad se apoya en 3 aspectos básicos el Operativo, Técnico y Económico. El éxito de un proyecto está determinado por el grado de factibilidad que se presente en cada una de los tres aspectos anteriores.

La factibilidad operativa, se refiere a todos aquellos recursos donde interviene algún tipo de actividad o proceso, depende de los recursos humanos que participen durante la operación del proyecto. Para la elaboración del Bokashi y su posterior aplicación en suelos es necesaria la existencia de personal capacitado para llevar a cabo el proyecto, debido al control que se debe de dar en su fabricación de manera física y química.

La factibilidad técnica se encarga de los recursos necesarios para efectuar las actividades o procesos que requiere el proyecto tales como herramientas, conocimientos, habilidades, experiencia, etc. Este aspecto permite determinar el mejor material y proceso a utilizar para obtener un abono orgánico de mejor calidad.

Factibilidad Económica, de refiere a los recursos económicos y financieros necesarios para desarrollar o llevar a cabo las actividades o procesos y para obtener los recursos básicos que deben considerarse. Este es el elemento más importante ya que a través de él se solventan las demás carencias de otros recursos, es lo más difícil de conseguir y requiere de actividad es adicionales cuando no se posee. A continuación se detalla la factibilidad económica para la producción de Bokashi.

Tabla 6. Recursos para la producción de Bokashi.

	TUTOR	TESISTA
RECURSOS HUMANOS		
Tutor	1000	
Tesista		
RECURSOS FÍSICOS		
Materia Prima	20	
Insumos	50	
Material de Escritorio		50
OTROS		
Transporte		50
Imprevistos		50
Subtotal	1070	150
TOTAL	1570	

Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

6.6 FUNDAMENTACIÓN

6.6.1 Biofertilizante Bokashi

El Bokashi es un abono orgánico fermentado hecho a base de desechos vegetales y excretas animales. Y se puede mezclar con microorganismos benéficos lo cual mejora su calidad y facilita la preparación de éste usando muchas clases de desechos. El Bocashi puede ser utilizado entre 5 y 21 días después del tratamiento (fermentación), este abono puede ser usado en la producción de cultivos, aún cuando la materia orgánica no se haya descompuesto del todo. Cuando es aplicado al suelo, la materia orgánica es utilizada como alimento para los microorganismos eficaces y benéficos, los mismos que continuarán descomponiéndola y mejorando la vida del suelo; pero no hay que olvidar que suple nutrimentos al cultivo.

6.6.2 Suelos degradados

Los suelos degradados resultan de la acción de múltiples procesos que ocasionan la pérdida o disminución de la productividad y afectan sus propiedades físicas, químicas y biológicas. La agricultura conlleva distintos sistemas de manejo que producen cambios físicos de la estructura en particular, mediante la formación de compactaciones y encostramientos. La pérdida de nutrientes, salinización, acidificación y la contaminación por fertilizantes y herbicidas, son indicadores de procesos de degradación química que sufren los suelos como consecuencia de variadas prácticas agrícolas. Pero si bien la productividad puede recuperarse en forma parcial con adecuadas estrategias de manejo, la problemática del suelo erosionado es imposible de revertir. La erosión es un proceso físico por el cual la totalidad o partes del suelo son removidas, transportadas y depositadas en otro lugar por la acción de los distintos agentes como agua, viento, hielo o gravedad (Del Valle *al.*, 2010).

6.6.3 Ventajas de Bokashi para suelos degradados

El biofertilizante Bokashi es uno de los abonos orgánicos más completos, porque con él se incorpora al suelo macro y micronutrientes básicos para las plantas.

Los beneficios del abono fermentado son, mejora la fertilidad de los suelos ya que conserva su humedad y mejora la penetración de los nutrientes, es benéfico para la salud de los seres humanos y de los animales, pues no es tóxico, protege el ambiente, la fauna, la flora y la biodiversidad favoreciendo el establecimiento y la reproducción de microorganismos benéficos en los terrenos de siembra. Una de las alternativas de la agricultura orgánica para el mejoramiento de los suelos son los abonos tipo bokashi, los cuales incorporan al suelo materia orgánica, y nutrientes esenciales. Este mantiene un mayor contenido energético de la masa orgánica pues al no alcanzar temperaturas tan elevadas hay menos pérdidas por volatilización. Ayuda a la formación de la

estructura de agregados del suelo. Se prepara en corto tiempo y no produce malos olores (Girón *al.*, 2012).

6.7 METODOLOGÍA

Tabla 7. Modelo Operativo (Plan de acción)

Fases	Metas	Actividad	Responsable	Recursos	Presupuesto	Tiempo
1. Formulación de la propuesta	Evaluación de la aplicación del biofertilizante Bokashi en suelos degradados.	Revisión bibliográfica	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$300	3 meses
2. Desarrollo preliminar de la propuesta	Cronograma de la propuesta.	Identificación de suelos degradados	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$50	1 meses
3. Implementación de la propuesta	Ejecución de la propuesta	Aplicación de diferentes dosis del biofertilizante Bokashi en suelo degradado	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$200	2 meses
4. Evaluación de la propuesta	Comprobación del proceso de la implementación.	Comprobación de la recuperación de suelos degradados tratados con biofertilizante Bokashi mediante análisis físico y químico	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$800	6 meses

Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

6.8 ADMINISTRACIÓN

La ejecución de la propuesta estará coordinada por los responsables del proyecto Ing. César German y Egda. Silvana Córdova.

Tabla 8. Administración de la Propuesta

Indicadores a mejorar	Situación actual	Resultados esperados	Actividades	Responsables
Condiciones físicas y químicas de suelos degradados.	El biofertilizante Bokashi es poco investigado y no se ha dado su aplicación en suelos degradados en la Provincia de Tungurahua.	Recuperación de la fertilidad de los suelos, con el incremento en los niveles de nutrientes esenciales, materia orgánica y la relación C/N .	Aplicación de diferentes dosis del biofertilizante Bokashi en suelos degradado previamente identificados Evaluación de las condiciones físicas y químicas de los suelos luego del tratamiento con Bokashi Determinación de la dosis más efectiva para la aplicación en suelos degradados.	Investigador: Silvana Córdova, Ing. César German

Elaborado por: Silvana Córdova, 2013.

6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Tabla 9. Previsión de la Evaluación

Preguntas Básicas	Explicación
¿Quiénes solicitan evaluar?	- Sector científico
¿Por qué evaluar?	- Para conocer las dosis más efectivas en la aplicación a suelos degradados.
¿Para qué evaluar?	- Disminuir la cantidad de suelos degradados y que sean aptos para el cultivo agrícola.
¿Qué evaluar?	- Tecnología utilizada. - Materias primas. - Resultados obtenidos.
¿Quién evalúa?	- Director del proyecto - Tutor - Calificadores
¿Cuándo evaluar?	- Todo el tiempo para determinar si el biofertilizante Bokashi es seguro o no para recuperar suelos degradados.
¿Cómo evaluar?	- Mediante observación de campo, análisis de laboratorio y comprobaciones estadísticas de los resultados obtenidos.
¿Con qué evaluar?	- Experimentación. - Normas establecidas

Elaborado por: Silvana Córdova, 2013.

BIBLIOGRAFÍA

Acosta, J. 2014. Agricultura de la vida. Agricultura natural para una vida feliz y sostenible. Disponible en:

<http://agriculturadelavida.org/microorganismos-eficientes/>

Aguirre, J., Irizar, M., Durán, A., Grajeda, O., Peña, M., Loredó, C. & Gutiérrez, A. 2009. Los biofertilizantes microbianos. Primera edición. México. 26 p.

Altieri, M. 1993. Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable. Disponible en:

www.buitrago.com.ve/Gustavo/.../agroecologia_primeraparte.pdf (08/08/12)

Álvarez, F. & Gámez, E. 2004. Evaluación del efecto de Bokashi como fertilizante en cuatro dosis crecientes medido mediante un bioensayo en plantas de sorgo. Trabajo de Graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo con el grado de Licenciatura. Universidad Earth. Guácimo, Costa Rica.

Arias, C.A. 2007. Estudio de 2 Grupos de Microorganismos como Agentes Aceleradores de Descomposición de los Desechos Sólidos Orgánicos Originados en los Comedores de ESPOL. Tesis de grado en Ingeniería agropecuaria. Escuela Superior Politécnica Del Litoral. Guayaquil, Ecuador. 10-20 pp.

Arroyo, N. 2009. Enmiendas Orgánicas. Disponible en: <http://enmiendasorganicas.blogspot.com/>

Aycachie, R. 2008. Biodegradación de Petróleo Diesel. Facultad de Ciencias Biológicas. Departamento de Microbiología y Parasitología. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallos.

Ballina, F. 1997. Paradigmas y perspectivas teórico-metodológicas en el estudio de la administración. Disponible en: www.uv.mx/iiesca/revista/documents/paradigmas2004-2.pdf (06/08/12)

Barredo, C. & Reyes, B. 2001. Conversión a Banano Orgánico: Una Alternativa para la Recuperación Financiera de las Bananeras. Tesis de grado de economía en gestión empresarial. Escuela Superior Politécnica Del Litoral. Guayaquil, Ecuador. 1p.

Bioem. 2011. EM. Disponible en : <http://www.bioem.com.pe>

Bizzozero, F. 2006. Biofertilizantes: Nutriendo cultivos sanos. Editorial Ceuta. Montevideo, Uruguay. 25-26 pp.

Carrillo, L. 2003. Microbiología Agrícola. Disponible en: www.unsa.edu.ar/matbib/micragri/micagricap1.pdf

Constitución de la República del Ecuador – Asamblea Constituyente 2008. Disponible en: http://www.eueomecuador.org/ES/PDF/NUEVA_CONSTITUCION_DEL_ECUADOR.pdf

Cortiñas, A., Taboada, A., Vilariño, F., Ares, F., Ben, I., Clermont, J. & Vilar, M. 2009. Grupo de Gestión de Residuos. Disponible en: <https://proyectogestionderesiduos.wordpress.com/2009/12/15/etapas-del-proceso-de-compostaje/>

De la Rosa, S. & Gamboa, M. 2004. Microorganismos acuáticos: una farmacia por visitar, Universidad Autónoma del Estado de México. México. vol. 11. 186 pp.

Del Valle, L., Busnelli, J., Sampietro, M. 2010. Incremento de erosión y suelos degradados por acciones antropogénicas y variaciones climáticas, Tucumán. Disponible en:

http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-48222010000300007

Fernández, L., Rojas, N., Roldán, T., Ramírez, M., Zegarra, H., Uribe, R., Reyes, R., Flores, D. & Arce, J. 2006. Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados. México, D.F. 21-22 pp.

Fioravanti, M., Vega, N., Hernández, C., Okumoto, S. & Yeoman, J. 2005. Eficiencia de los microorganismos eficaces (em) en la estabilización de lodos sépticos para su uso agrícola. Disponible en: usi.earth.ac.cr/tierratropical/archivos.../10_v1-09_FiovorantiVega.pdf

Girón, C., Martínez, F., Monterroza, M. 2012. Influencia de la aplicación de bocashi y lombriabono en el rendimiento de calabacín (cucurbita pepo L.), espinaca (spinacia oleracea L.), lechuga (lactuca sativa L.) y remolacha (beta vulgaris L.), bajo el método de cultivo biointensivo, San Ignacio, Chalatenango. Tesis de grado para ingeniero agrónomo. Universidad de el Salvador.

Gómez, F. 2001. Evaluación del Bokashi como sustrato para semilleros en la Región Atlántica de Costa Rica. Tesis de Licenciatura de Ingeniero Agrónomo. Universidad EARTH. Guácimo, Costa Rica. 9p.

Gómez, A., Morales, a., Dueñas, G., Dantin, J., Chávez, J., Torres, M. 2012. Contenido de carbono y nitrógeno de la biomasa microbiana en suelos de la Habana. Disponible en: http://www.mag.go.cr/rev_meso/v23n01_179.pdf

Heredia, A. 2011. Evaluación del Comportamiento Forrajero del *Medicago sativa* bajo la aplicación de diferentes niveles de micorrizas y abono orgánico bovino. Tesis de grado de Ingeniero Zootecnista. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 1-2 pp.

Julca, A., Meneses, L., Blas, R. & Bello, S. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura. Idesia. Chile. 50-51 pp.

Larrea, C., Larrea, I., Maldonado, P. 2009. Evolución de las condiciones sociales en Tungurahua. Disponible en:
www.campusvirtual.uasb.edu.ec/uisa/images/.../2009_larrea_tun.pdf
(06/08/12)

Leblanc, H., Cerrato, M., Miranda, A. & Valle, G. 2007. Determinación de la calidad de abonos orgánicos a través de bioensayos. Costa Rica. 98-99 pp.

León, J., Gómez, R., Hernández, S., Álvarez, J. & Palma, D. 2006. Mineralización en suelos con incorporación de residuos orgánicos en los altos de Chiapas, México. Disponible en:
www.publicaciones.ujat.mx/publicaciones/.../7%20Articulo181.pdf (08/08/12)

León, J., Liza, L., Soto, I., Torres, M. & Orosco, A. 2010. Bacterias marinas productoras de compuestos antibacterianos aisladas a partir de invertebrados intermareales. Disponible en:
<http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v27n2/a09v27n2.pdf>

Matheus, J., Graterol, G., Simancas, D. & Fernández, O. 2007. Efecto de diferentes abonos orgánicos y su correlación con bioensayos para estimar nutrimentos disponibles. Trujillo, Venezuela. 20-21 pp.

Monge, S. 2004. La escuela vasca ante el cambio tecnológico. Tesis doctoral. 43-43 pp.

Montaño, N., Sandoval, A., Camargo, R. & Sánchez. 2010. Los microorganismos: pequeños gigantes. Disponible en: www.elementos.buap.mx/num77/pdf/15.pdf

Nieto, A., Murillo, B., Troyo, E., Larrinaga, J. & García, J. 2002. El uso de compostas como alternativa Ecológica para la producción sostenible del Chile (*Capsicum Annuum L.*) en zonas áridas. Caracas, Venezuela. Disponible en: www.interciencia.org/v27_08/nieto.pdf (06/08/12)

NTC 5167/04. Norma Técnica Colombiana 5167 del 2004. Productos para la industria agrícola. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas de suelo. 40 p

Orozco, R. & Muñoz, R. 2011. Efecto de abonos orgánicos en las propiedades químicas del suelo y el rendimiento de la mora (*Rubus adenotrichus*) en dos zonas agroecológicas de Costa Rica. Tecnología en Marcha. Vol. 25. Disponible en: http://tecdigital.tec.ac.cr/servicios/ojs/index.php/tec_marcha/article/view/173

Picado, J. & Añasco, A. 2005. Preparación y uso de abonos orgánicos sólidos y líquidos. Editorial Corporación Educativa para el Desarrollo Costarricense. San José, Costa Rica. 5-6 pp.

Piedrahita, A. & Caviedes, A. 2012. Elaboración de un abono tipo “bocashi” a partir de desechos orgánicos y sub producto de industria láctea (lacto suero). Tesis de grado de ingeniería Agroindustrial. Universidad de San Buenaventura Cali. Cali, Colombia.

Portillo, N., Morataya, E., Santos, E. & Cárcam, F. 2011. Elaboración y uso del Bocashi. El Salvador. Disponible en : <http://www.fao.org/3/a-at788s.pdf>

Plascencia, D., Rodríguez, C., Mancillas, P., Angulo, C., Salvador, F., Ruíz, O., Rubio, H., Mena, S. & Elías, A. 2010. Desarrollo de un inóculo con diferentes sustratos mediante fermentación sólida sumergida. Disponible en: www.veterinaria.org/revistas/redvet/n010111/011101.pdf

Prescott, L., Harley, J., Klein, D. 2002. Microbiología. Quinta edición. Mc Graw Hill. Universidad Navarra. Madrid. 163 p

Rapal. 2010. Uruguay. Disponible en: http://www.rapaluruaguay.org/organicos/articulos/microorganismos_eficientes.html

Rodríguez, L. 2009. Evaluación de dos sustratos en la técnica de landfarming para el tratamiento de suelos contaminados con hidrocarburos. Tesis de grado de ingeniera en biotecnología ambiental. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 31-32 pp.

Salazar, E., Fortis, M., Vázquez, A. & Vázquez, C. 2003. Abonos orgánicos y Plasticultura. México. 63-65 pp.

Sánchez, E. 2009. Evaluación de la fertilización química y orgánica en el cultivo de lechuga variedad (verpia) en la comunidad de florencia – tabacundo, provincia de Pichincha. Tesis de grado de Ingeniero Agropecuario. Universidad Técnica del Nortel. Ibarra, Ecuador. 13p.

Shintani, M., Leblanc, H., Tabora, P. 2000. BOKASHI (Abono Orgánico Fermentado), Tecnología Tradicional Adaptada para una Agricultura Sostenible y un Manejo de Desechos Modernos. Primera Edición. Guacimo, Limón, Costa Rica. 4-19 pp.

Socasi, P. 2010. Biogranjas. Disponible en www.swissaid.org.ec/ecuador/global/pdf/biogranjas2.pdf (06/08/12)

Ulloa, J., Libkind, D., Fontenla, S. & Van Broock, M. 2009. Levaduras fermentadoras aisladas de *Cyttaria hariatii* (Fungi) en bosques Andino-Patagónicos (Argentina). Disponible en : http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S185123722009000200002&script=sci_arttext

Velasteguí, R. 2005. "Alternativas Ecológicas para el Manejo Integrado Fitosanitario en los Cultivos". Primera Edición. Editorial AgroExpress. Quito, Ec. 173 p.

Velasteguí, R. 2012. Apuntes del curso de Tratamiento Biológico de Residuos. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Carrera de Ingeniería Bioquímica. UTA, Ambato, Ec. v/p.

Yanine, H. 2010. Evaluación de la diversidad de bacterias degradadoras de hidrocarburos aisladas de suelos de las cuencas de los ríos Otún y la Vieja. Postgrado microbiología interfacultades. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Bogotá, Colombia.

Zagal, E. & Sadzawka, A. 2007. Protocolo de métodos de análisis para suelos y lodos. Universidad de Concepción Facultad de Agronomía Chillán. Chile. Disponible en: http://www.sag.cl/sites/default/files/METODOS_LODOS_SUELOS.pdf

ANEXOS

DATOS OBTENIDOS

Tabla A-1. Cantidad empleada de residuos para la elaboración de Bokashi.

Tratamientos	\bar{X} Peso inicial	Desvest Peso inicial	\bar{X} Peso final	Desvest Peso final
a1b1 (0ml EMA y 0gr lv)	40	0	15,56	0,20
a1b2 (0ml EMA y 1gr/ lv)	40	0	13,3	0,173
a2b1 (200ml/20l EMA y 0gr lv)	40	0	12,53	0,25
a2b2 (200ml/20l EMA y 1gr/l lv)	40	0	12,13	0,11
a3b1 (400ml/20l EMA y 0gr lv)	40	0	12,13	0,15
a3b2 (400ml/20l EMA y 1gr/l lv)	40	0	11,86	0,057
a4b1 (600ml/20l EMA y 0gr lv)	40	0	11,96	0,057
a4b2 (600ml/20l EMA y 1gr/l lv)	40	0	11,066	0,11

Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Tabla A-2. Temperaturas obtenidas durante la fabricación del Bokashi antes del volteo

		Días														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Tratamientos		Temperatura °C														
a1b1 (0ml EMA y 0gr Iv)	X	28	32	29,67	30,67	33,67	29,33	29,67	27,67	29,00	26,33	26,33	27,33	24,67	23,67	23,33
	DESVEST	3,46	3,46	0,58	1,15	1,53	0,58	0,58	1,53	0,00	2,52	0,58	1,53	1,15	1,53	1,15
a1b2 (0ml EMA y 1gr/ Iv)	X	24,67	37,67	37,33	31,67	33,00	30,33	28,33	29,67	27,67	26,33	25,00	25,67	24,67	25,00	23,00
	DESVEST	1,15	1,53	2,08	5,77	2,65	1,53	2,89	0,58	1,53	1,53	1,73	1,53	1,53	1,73	3,00
a2b1 (200ml/20l EMA y 0gr Iv)	X	28,67	36,67	34,00	32,00	32,00	31,00	31,00	28,33	28,33	25,67	27,33	26,67	24,67	24,67	24,00
	DESVEST	0,58	3,06	1,73	2,65	3,00	2,65	2,00	2,31	1,15	3,06	2,08	2,31	1,15	2,52	2,00
a2b2 (200ml/20l EMA y 1gr/l Iv)	X	24,67	39,00	35,00	32,67	32,00	32,00	29,67	29,67	30,00	27,67	26,67	26,67	25,33	25,00	24,67
	DESVEST	0,58	1,00	3,61	5,77	5,29	3,00	4,16	3,06	2,65	2,52	2,08	1,15	0,58	1,00	1,15
a3b1 (400ml/20l EMA y 0gr Iv)	X	27,33	38,00	35,00	33,67	32,33	31,33	31,00	29,33	29,33	26,67	27,67	26,67	24,33	25,67	24,67
	DESVEST	1,53	2,00	4,58	3,51	2,52	2,31	1,00	0,58	0,58	1,53	1,53	2,08	0,58	2,89	1,15
a3b2 (400ml/20l EMA y 1gr/l Iv)	X	26,67	36,33	35,67	34,67	33,67	33,00	30,67	30,00	29,33	28,67	27,67	26,67	26,00	26,00	24,33
	DESVEST	2,08	1,53	3,46	3,06	2,00	1,15	0,58	0,00	0,58	1,73	1,53	1,73	0,58	2,65	1,15
a4b1 (600ml/20l EMA y 0gr Iv)	X	29,67	38,33	37,67	36,33	35,33	34,33	32,67	31,67	30,33	29,67	28,33	27,33	26,00	23,33	22,00
	DESVEST	0,00	0,00	0,00	0,58	0,58	0,00	0,58	0,58	0,58	0,00	0,00	1,15	0,58	1,15	1,15
a4b2 (600ml/20l EMA y 1gr/l Iv)	X	26,00	36,33	35,00	33,00	32,33	31,00	30,33	28,67	27,00	26,33	24,33	23,33	23,00	22,67	22,67
	DESVEST	2,00	1,53	2,00	2,00	1,15	1,00	1,53	1,53	1,73	1,53	0,58	1,53	1,00	0,58	0,58

Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Tabla A-3. Temperaturas obtenidas durante la fabricación del Bokashi después del volteo

		Días														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Tratamientos		Temperatura °C														
a1b1 (0ml EMA y 0gr lv)	X	29,33	28,66	29,67	28,67	29,33	27,67	28,33	26,67	25,33	25,33	25,67	25,33	22,67	21,33	21,33
	DESVEST	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	1,53	1,15	1,15	3,06	2,08	1,53	3,21	0,58	1,53	1,15
a1b2 (0ml EMA y 1gr/ lv)	X	24,67	35,00	32,33	28,33	29,00	28,67	26,67	25,67	26,33	23,33	22,67	22,67	23,00	23,00	21,33
	DESVEST	1,15	1,00	3,21	4,04	1,00	1,15	2,52	2,08	1,53	1,53	2,52	1,53	3,00	2,65	2,31
a2b1 (200ml/20l EMA y 0gr lv)	X	28,67	32,33	31,33	29,33	30,67	28,33	28,33	27,00	26,33	24,00	26,33	24,33	22,00	23,00	22,33
	DESVEST	0,58	1,53	2,31	3,21	1,53	1,53	1,53	2,00	2,08	1,73	2,52	2,08	1,73	1,00	0,58
a2b2 (200ml/20l EMA y 1gr/l lv)	X	24,67	35,00	33,67	31,33	29,67	29,67	28,00	28,33	26,67	26,33	25,33	24,33	24,33	22,33	21,67
	DESVEST	0,58	1,00	3,21	5,51	3,51	3,51	4,00	2,08	2,08	2,52	1,53	0,58	1,15	1,53	1,53
a3b1 (400ml/20l EMA y 0gr lv)	X	27,33	34,00	33,33	30,33	31,00	28,33	28,33	26,67	27,00	25,33	26,00	25,33	23,00	23,67	21,33
	DESVEST	1,53	3,61	4,04	2,52	1,73	1,53	1,15	1,53	1,00	1,53	1,73	2,52	1,00	2,08	0,58
a3b2 (400ml/20l EMA y 1gr/l lv)	X	26,67	34,67	33,33	33,00	30,33	30,33	28,67	27,67	27,33	26,33	25,67	25,33	24,00	23,67	21,33
	DESVEST	2,08	3,21	3,61	3,06	0,00	1,53	1,00	2,08	1,15	1,53	1,73	2,08	1,53	2,31	0,58
a4b1 (600ml/20l EMA y 0gr lv)	X	29,67	36,67	35,00	35,00	33,33	31,00	30,33	29,33	27,67	26,00	26,67	25,00	23,00	21,67	20,33
	DESVEST	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,58	0,58	0,00	1,15	0,58	0,58	1,15	1,73	0,58	1,73
a4b2 (600ml/20l EMA y 1gr/l lv)	X	26,00	34,00	32,67	31,33	29,67	28,33	28,00	25,67	25,00	23,33	23,00	22,33	22,00	21,33	20,33
	DESVEST	2,00	2,00	2,31	1,15	0,58	1,53	1,00	1,53	1,00	1,53	1,00	0,58	1,00	1,53	0,58

Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Tabla A-4. Colores obtenidos durante la fabricación de Bokashi antes del volteo

	Días														
Tratamiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
a1b1 (0ml EMA y 0gr Iv)	verde oliva	Gris artillado	Gris plomo claro	gris neblina	Gris plomo claro	hoja de plata	Gris plomo claro	verde oscuro	verde oscuro	Gris alemán	negro semibrillante	negro semibrillante	negro semibrillante	negro semibrillante	negro semibrillante
a1b2 (0ml EMA y 1gr Iv)	verde oliva	Gris artillado	Gris artillado	Gris plomo claro	Gris plomo claro	hoja de plata	Gris artillado	Carreras verdes	Carreras verdes	verde oscuro	verde oliva	Gris plomo claro	verde oscuro	verde oscuro	verde oscuro
a2b1 (200ml/20l EMA y 0gr Iv)	verde oliva	Gris artillado	Gris artillado	Gris plomo claro	Gris artillado	verde oscuro	Gris plomo claro	Gris plomo	verde oscuro	verde oscuro	verde oscuro	Gris neblina	Gris artillado	Gris plomo claro	Gris plomo claro
a2b2 (200ml/20l EMA y 1gr/l Iv)	verde oliva	rojo marrón	Gris artillado	Gris plomo claro	Gris artillado	Gris neblina	Gris artillado	Gris neblina	Gris artillado	Gris plomo claro	Verde británico	Gris alemán	verde oscuro	Gris alemán	Gris alemán
a3b1 (400ml/20l EMA y 0gr Iv)	verde oliva	Gris artillado	Gris plomo claro	Gris plomo	Gris plomo claro	Gris alemán	Gris plomo claro	Carreras verdes	Carreras verdes	negro semibrillante	negro semibrillante	negro semibrillante	negro semibrillante	negro semibrillante	negro semibrillante
a3b2 (400ml/20l EMA y 1gr/l Iv)	verde oliva	Marrón	Gris artillado	Gris plomo claro	Gris artillado	Gris neblina	Gris artillado	Gris artillado	Gris artillado	Gris plomo claro	verde oscuro	verde oscuro	verde oscuro	Gris alemán	Gris alemán
a4b1 (600ml/20l EMA y 0gr Iv)	verde oliva	Gris artillado	Gris neblina	Gris artillado	Gris artillado	Gris plomo	Gris alemán	Gris alemán	Gris alemán	negro semibrillante	negro semibrillante	negro semibrillante	negro metalizado	negro metalizado	negro metalizado
a4b2 (600ml/20l EMA y 1gr/l Iv)	verde oliva	rojo marrón	Gris neblina	Gris artillado	Gris artillado	aluminio brillante	Gris neblina	Gris neblina	Gris artillado	Gris plomo claro	verde oscuro	Gris alemán	Gris alemán	Gris alemán	Gris alemán

*Los colores fueron iguales en las tres replicas

Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Tabla A-5. Colores obtenidos durante la fabricación de Bokashi después del volteo

Tratamientos	Días														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
a1b1 (0ml EMA y 0gr Iv)	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	Gris plomo	verde oscuro	Gris plomo	negro metalizado	negro metalizado
a1b2 (0ml EMA y 1gr/ Iv)	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	Carreras verdes	Carreras verdes	verde oscuro	verde oscuro
a2b1 (200ml/20l EMA y 0gr Iv)	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oscuro	Carreras verdes	Carreras verdes	Carreras verdes
a2b2 (200ml/20l EMA y 1gr/l Iv)	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oscuro	verde oscuro	verde oscuro	verde oscuro
a3b1 (400ml/20l EMA y 0gr Iv)	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oscuro	verde oscuro	Carreras verdes	Carreras verdes	Carreras verdes
a3b2 (400ml/20l EMA y 1gr/l Iv)	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oscuro	verde oscuro	Carreras verdes	Carreras verdes
a4b1 (600ml/20l EMA y 0gr Iv)	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oscuro	Carreras verdes	Carreras verdes	Carreras verdes	Carreras verdes	Carreras verdes
a4b2 (600ml/20l EM y 1gr/l Iv)	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oliva	verde oscuro	verde oscuro	Carreras verdes	Gris plomo

*los colores fueron iguales en las tres replicas

Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Tabla A-6. Resultados de la Integridad de materia durante la fabricación de Bokashi

Tratamientos	Dias	
	3	11
a1b1 (0ml EMA y 0gr lv)	no desintegrado	desintegrado
a1b2 (0ml EMA y 1gr/ lv)	Desintegrado	desintegrado
a2b1 (200ml/20l EMA y 0gr lv)	Desintegrado	desintegrado
a2b2 (200ml/20l EMA y 1gr/l lv)	Desintegrado	desintegrado
a3b1 (400ml/20l EMA y 0gr lv)	Desintegrado	desintegrado
a3b2 (400ml/20l EMA y 1gr/l lv)	Desintegrado	desintegrado
a4b1 (600ml/20l EMA y 0gr lv)	Desintegrado	desintegrado
a4b2 (600ml/20l EMA y 1gr/l lv)	Desintegrado	desintegrado

*los mismo sucedió en las tres replicas

Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Tabla A-7. Resultados del Contenido de nutrientes N, P, K, Ca, S, Mg al inicio del proceso de fabricación de Bokashi

Tratamiento	N	P	K	Ca	S	Mg
	g/100g (%)					
a1b1 (0ml EMA y 0gr lv)	2.51	0.29	2.96	1.17	0.31	0.49
a1b2 (0ml EMA y 1gr/ lv)	2.96	0.32	2.87	1.41	0.36	0.52
a2b1 (200ml/20l EMA y 0gr lv)	2.45	0.29	2.87	1.15	0.31	0.48
a2b2 (200ml/20l EMA y 1gr/l lv)	2.96	0.32	2.97	1.49	0.37	0.58
a3b1 (400ml/20l EMA y 0gr lv)	2.34	0.29	2.85	1.12	0.31	0.48
a3b2 (400ml/20l EMA y 1gr/l lv)	2.75	0.32	2.95	1.46	0.35	0.56
a4b1 (600ml/20l EMA y 0gr lv)	2.38	0.29	2.82	1.14	0.31	0.49
a4b2 (600ml/20l EMA y 1gr/l lv)	2.85	0.32	2.97	1.45	0.36	0.56

Elaborado por: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), 2013

Tabla A-8. Resultados Contenido de nutrientes N, P, K, Ca, S, Mg al final del proceso de fabricación de Bokashi

Tratamiento Contenido de nutrientes	N	P	K	Ca	S	Mg
	g/100g (%)					
a1b1 (0ml EMA y 0gr Iv)	2.61	0.32	2.36	1.48	0.32	0.51
a1b2 (0ml EMA y 1gr/ Iv)	2.98	0.35	2.45	1.62	0.38	0.54
a2b1 (200ml/20l EMA y 0gr Iv)	2.52	0.32	2.47	1.37	0.33	0.52
a2b2 (200ml/20l EMA y 1gr/l Iv)	2.99	0.34	2.35	1.68	0.38	0.58
a3b1 (400ml/20l EMA y 0gr Iv)	2.76	0.34	2.41	1.62	0.33	0.51
a3b2 (400ml/20l EMA y 1gr/l Iv)	2.96	0.36	2.34	1.66	0.37	0.58
a4b1 (600ml/20l EMA y 0gr Iv)	2.56	0.32	2.33	1.36	0.34	0.52
a4b2 (600ml/20l EMA y 1gr/l Iv)	2.96	0.36	2.45	1.62	0.38	0.58

Elaborado por: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), 2013

Tabla A-9. Porcentaje de humedad obtenido durante la fabricación de Bokashi

Tratamientos	Humedad (%)				
	Días				
		2	5	9	15
a1b1 (0ml EMA y 0gr Iv)	X	66,59	56,59	46,48	22,40
	DESVEST	0,08	0,08	0,28	0,08
a1b2 (0ml EMA y 1gr/ Iv)	X	66,62	56,62	46,77	22,59
	DESVEST	0,17	0,17	0,10	0,02
a2b1 (200ml/20l EMA y 0gr Iv)	X	66,27	56,27	46,14	22,11
	DESVEST	0,22	0,22	0,06	0,13
a2b2 (200ml/20l EMA y 1gr/l Iv)	X	73,08	63,08	52,30	24,81
	DESVEST	0,15	0,15	0,10	0,05
a3b1 (400ml/20l EMA y 0gr Iv)	X	64,34	54,34	46,82	22,58
	DESVEST	0,26	0,26	0,14	0,08
a3b2 (400ml/20l EMA y 1gr/l Iv)	X	75,26	65,26	52,48	24,18
	DESVEST	0,14	0,14	0,08	0,03
a4b1 (600ml/20l EMA y 0gr Iv)	X	66,11	56,11	46,78	22,00
	DESVEST	0,13	0,13	0,13	0,13
a4b2 (600ml/20l EMA y 1gr/l Iv)	X	73,94	63,94	52,59	24,13
	DESVEST	0,16	0,16	0,07	0,08

Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Tabla A-10. Resultados de la Conductividad eléctrica durante la fabricación de Bokashi

Tratamientos		Conductividad Eléctrica (ms/cm)			
		Días			
		2	5	9	15
a1b1 (0ml EMA y 0gr lv)	X	3,28	3,95	6,32	7,00
	DESVEST	0,07	0,15	0,13	0,19
a1b2 (0ml EMA y 1gr/ lv)	X	3,05	4,15	6,36	6,83
	DESVEST	0,07	0,45	0,29	0,10
a2b1 (200ml/20l EMA y 0gr lv)	X	3,71	5,42	6,90	7,30
	DESVEST	0,09	0,07	0,06	0,06
a2b2 (200ml/20l EMA y 1gr/l lv)	X	2,82	4,80	5,94	6,55
	DESVEST	0,14	0,02	0,07	0,09
a3b1 (400ml/20l EMA y 0gr lv)	X	3,83	5,96	6,92	7,28
	DESVEST	0,16	0,08	0,08	0,16
a3b2 (400ml/20l EMA y 1gr/l lv)	X	2,53	4,49	5,62	6,13
	DESVEST	0,10	0,08	0,03	0,06
a4b1 (600ml/20l EMA y 0gr lv)	X	2,76	4,60	5,73	6,22
	DESVEST	0,09	0,06	0,07	0,10
a4b2 (600ml/20l EMA y 1gr/l lv)	X	4,05	6,05	7,02	7,80
	DESVEST	0,06	0,07	0,17	0,13

Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Tabla A-11. Resultados del pH durante la fabricación de Bokashi

Tratamientos		Días			
		2	5	9	15
a1b1 (0ml EMA y 0gr lv)	X	6,81	7,56	7,27	7,29
	DESVEST	0,09	0,12	0,08	0,09
a1b2 (0ml EMA y 1gr/ lv)	X	6,26	5,80	6,41	6,64
	DESVEST	0,06	0,06	0,04	0,07
a2b1 (200ml/20l EMA y 0gr lv)	X	6,63	7,28	6,93	7,48
	DESVEST	0,04	0,03	0,09	0,04
a2b2 (200ml/20l EMA y 1gr/l lv)	X	6,09	5,11	6,27	6,36
	DESVEST	0,07	0,09	0,03	0,06
a3b1 (400ml/20l EMA y 0gr lv)	X	6,90	7,59	7,23	7,23
	DESVEST	0,15	0,11	0,13	0,03
a3b2 (400ml/20l EMA y 1gr/l lv)	X	6,49	6,39	6,18	6,83
	DESVEST	0,02	0,16	0,09	0,03
a4b1 (600ml/20l EMA y 0gr lv)	X	7,34	7,30	7,32	7,47
	DESVEST	0,10	0,05	0,03	0,04
a4b2 (600ml/20l EMA y 1gr/l lv)	X	6,75	7,24	7,02	7,09
	DESVEST	0,05	0,05	0,11	0,01

Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Tabla A-12. Resultados del análisis de materia orgánica al inicio y final de la fabricación de Bokashi

Tratamientos	Materia orgánica inicial (g/100g (%))	Materia orgánica final (g/100g (%))
a1b1 (0ml EMA y 0gr lv)	62,5	71,8
a1b2 (0ml EMA y 1gr/ lv)	61,8	70,3
a2b1 (200ml/20l EMA y 0gr lv)	64,2	70
a2b2 (200ml/20l EMA y 1gr/l lv)	59,9	69,2
a3b1 (400ml/20l EMA y 0gr lv)	66	74,5
a3b2 (400ml/20l EMA y 1gr/l lv)	60,5	70,5
a4b1 (600ml/20l EMA y 0gr lv)	66,9	74,6
a4b2 (600ml/20l EMA y 1gr/l lv)	60,8	70,9

Elaborado por: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), 2013

Tabla A-13. Resultados del análisis Relación C/N al inicio de la fabricación de Bokashi

Tratamientos	Inicio Relación C/N
a1b1 (0ml EMA y 0gr lv)	24,9
a1b2 (0ml EMA y 1gr/ lv)	10,7
a2b1 (200ml/20l EMA y 0gr lv)	26,4
a2b2 (200ml/20l EMA y 1gr/l lv)	11
a3b1 (400ml/20l EMA y 0gr lv)	28,2
a3b2 (400ml/20l EMA y 1gr/l lv)	11,6
a4b1 (600ml/20l EMA y 0gr lv)	28,8
a4b2 (600ml/20l EMA y 1gr/l lv)	11,8

Elaborado por: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), 2013

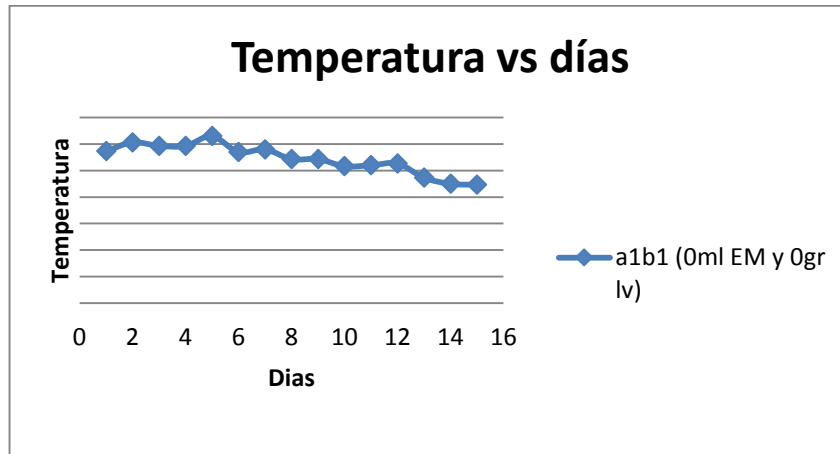
Tabla A-14. Resultados del análisis Relación C/N al final de la fabricación de Bokashi

Tratamientos	Relación C/N	
	FINAL	
	X	DESVEST
a1b1 (0ml EMA y 0gr lv)	15,23	0,25
a1b2 (0ml EMA y 1gr/ lv)	9,30	0,30
a2b1 (200ml/20l EMA y 0gr lv)	13,43	0,15
a2b2 (200ml/20l EMA y 1gr/l lv)	8,30	0,26
a3b1 (400ml/20l EMA y 0gr lv)	14,27	0,32
a3b2 (400ml/20l EMA y 1gr/l lv)	9,13	0,15
a4b1 (600ml/20l EMA y 0gr lv)	15,20	0,20
a4b2 (600ml/20l EMA y 1gr/l lv)	9,17	0,21

Elaborado por: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), 2013

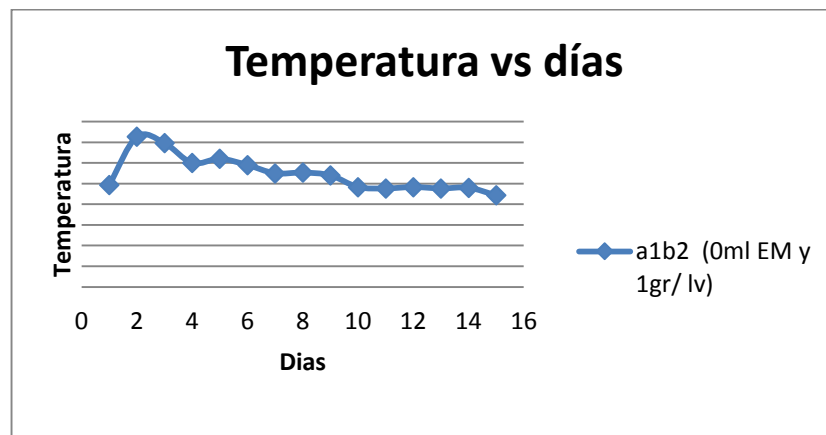
GRÁFICOS

Gráfico A-1. Temperaturas obtenidas durante la fabricación del Bokashi antes y después del volteo del tratamiento a1b1 (0ml de EMA y 0gr de levaduras)



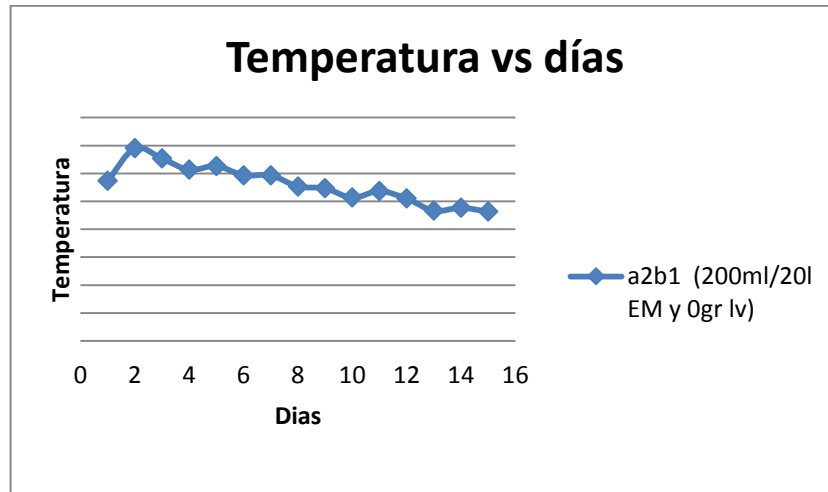
Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Gráfico A-2. Temperaturas obtenidas durante la fabricación del Bokashi antes y después del volteo tratamiento a1b2 (0ml de EMA y 1gr/l de levadura)



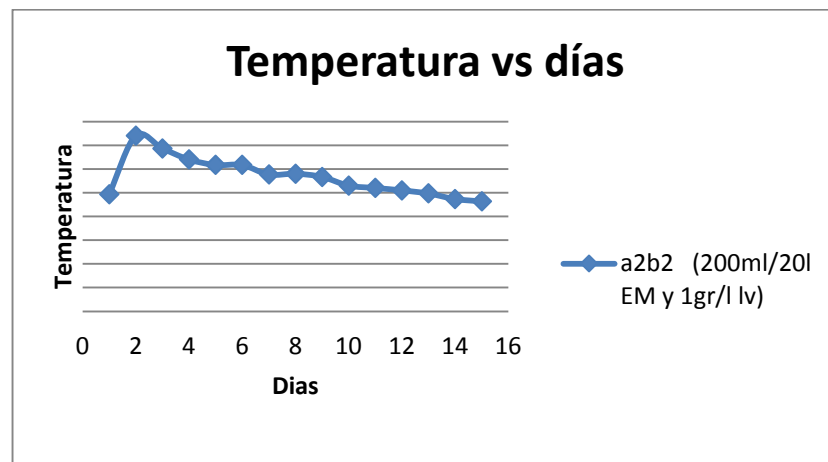
Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Gráfico A-3. Temperaturas obtenidas durante la fabricación del Bokashi antes y después del volteo tratamiento a2b1 (200ml/20l de EMA y 0gr de levadura)



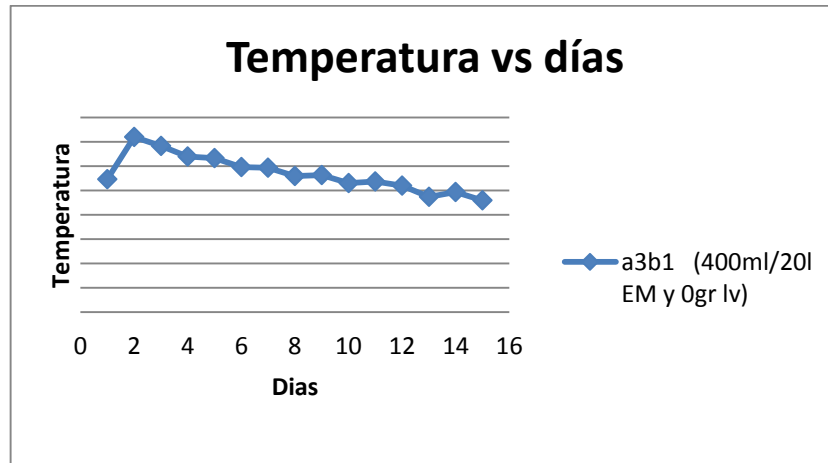
Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Gráfico A-4. Temperaturas obtenidas durante la fabricación del Bokashi antes y después del volteo tratamiento a2b2 (200ml/20l de EMA y 1gr/l de levadura)



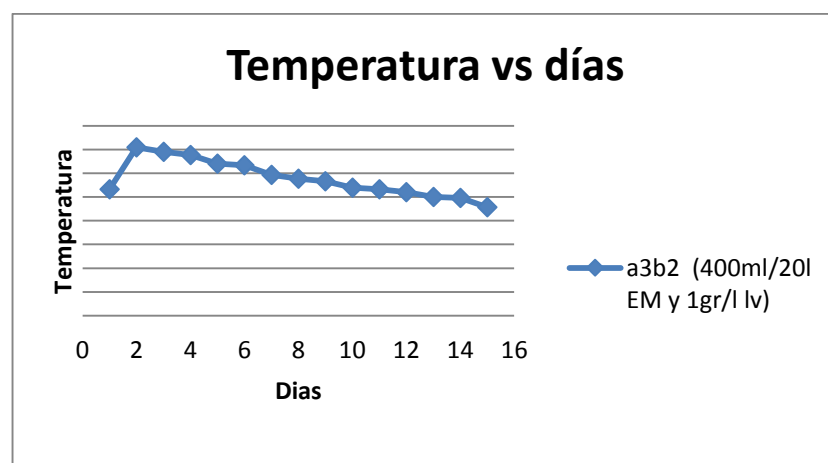
Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Gráfico A-5. Temperaturas obtenidas durante la fabricación del Bokashi antes y después del volteo tratamiento a3b1 (400ml/20l de EMA y 0gr) de levadura)



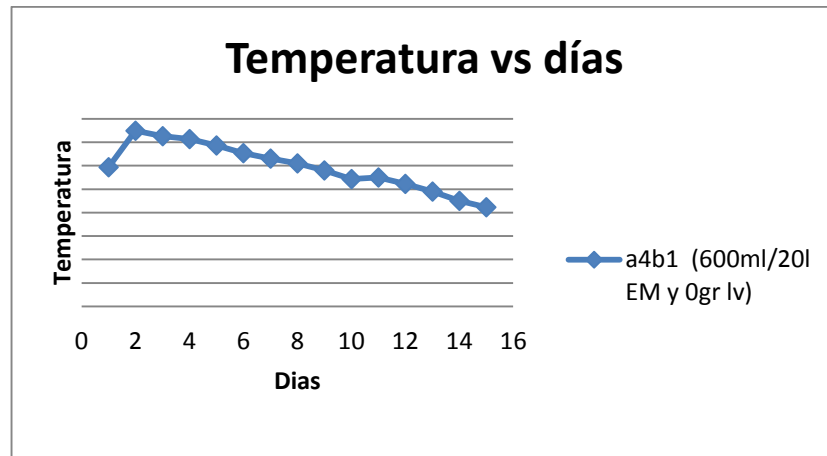
Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Gráfico A-6. Temperaturas obtenidas durante la fabricación del Bokashi antes y después del volteo tratamiento a3b2 (400ml/20l de EMA y 1gr/l de levadura)



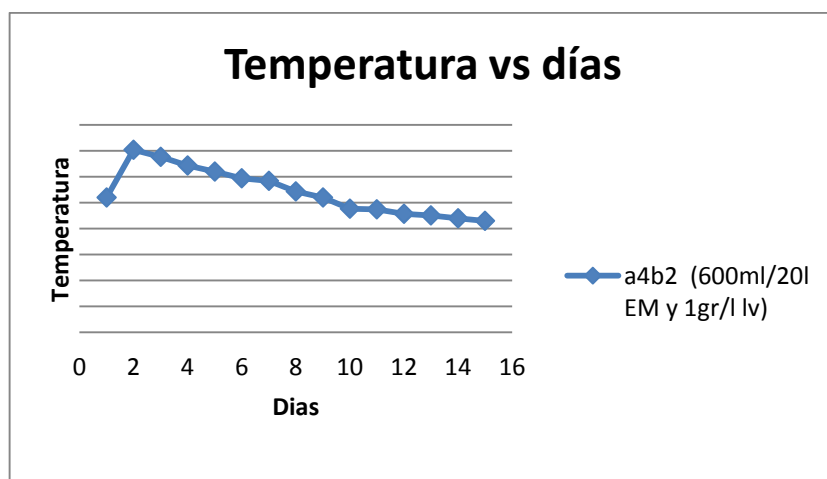
Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Gráfico A-7. Temperaturas obtenidas durante la fabricación del Bokashi antes y después del volteo tratamiento a4b1 (600ml/20l de EMA y 0gr de levadura)



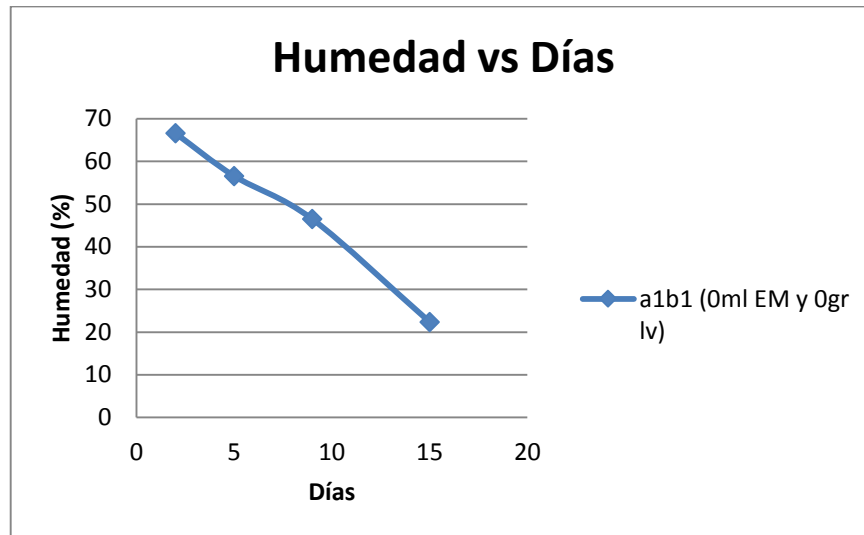
Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Gráfico A-8. Temperaturas obtenidas durante la fabricación del Bokashi antes y después del volteo tratamiento a4b2 (600ml/20l de EMA y 1gr/l de levadura)



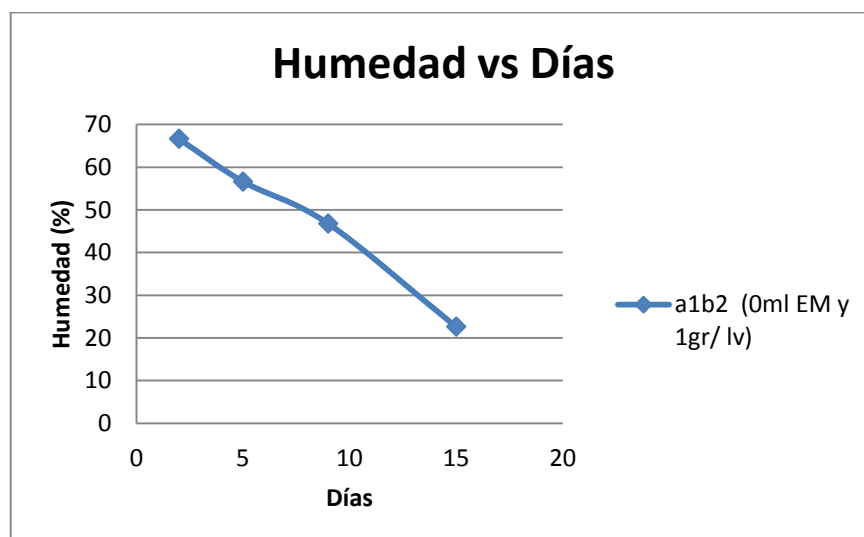
Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Gráfico A-9. Humedad obtenidas durante la fabricación del Bokashi tratamiento a1b1 (0ml de EMA y 0gr de levaduras)



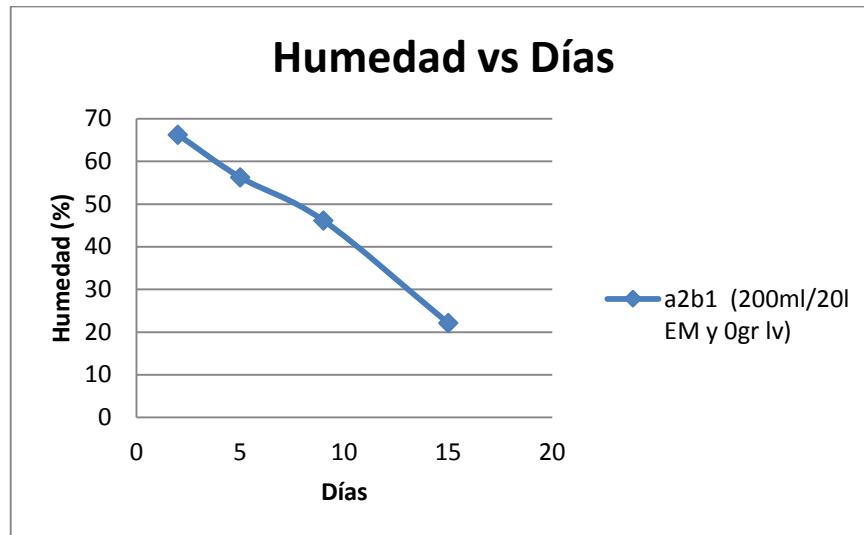
Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Gráfico A-10. Humedad obtenidas durante la fabricación del Bokashi tratamiento a1b2 (0ml de EMA y 1gr/l de levadura)



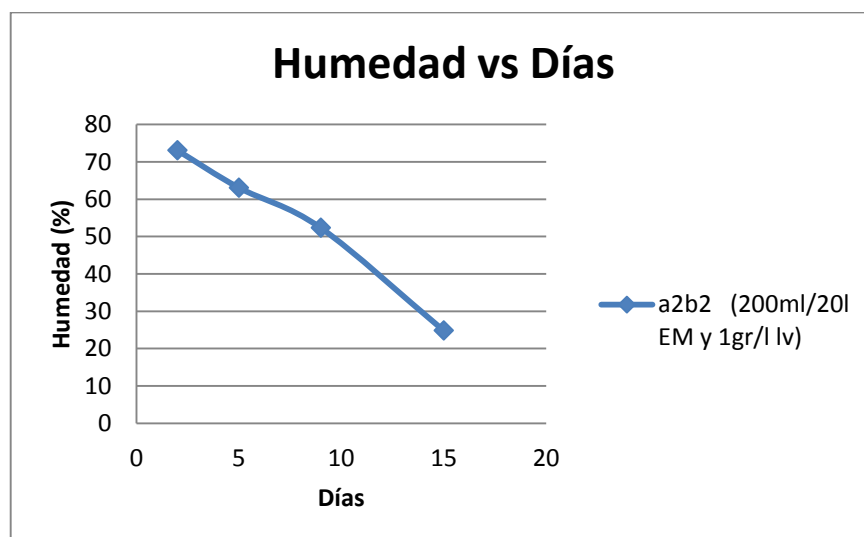
Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Gráfico A-11. Humedad obtenidas durante la fabricación del Bokashi tratamiento a2b1 (200ml/20l de EMA y 0gr de levadura)



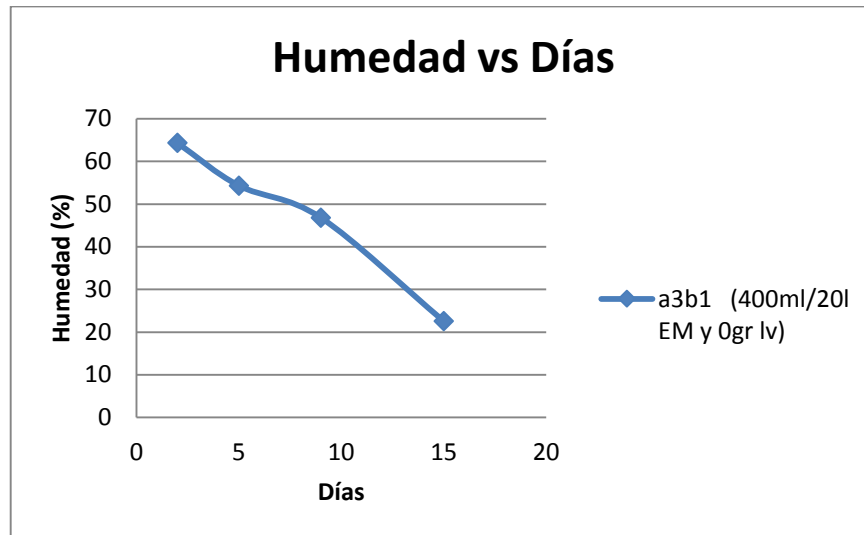
Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Gráfico A-12. Humedad obtenidas durante la fabricación del Bokashi tratamiento a2b2 (200ml/20l de EMA y 1gr/l de levadura)



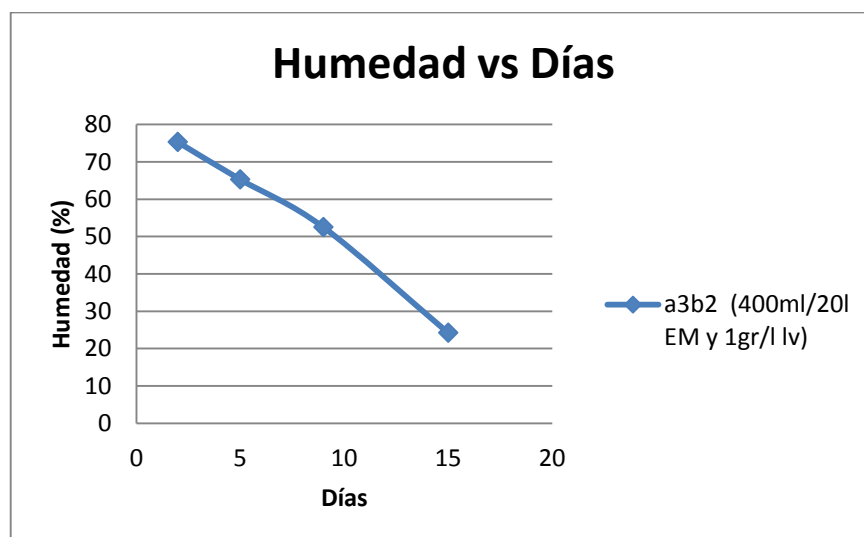
Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Gráfico A-13. Humedad obtenidas durante la fabricación del Bokashi tratamiento a3b1 (400ml/20l de EMA y 0gr de levadura)



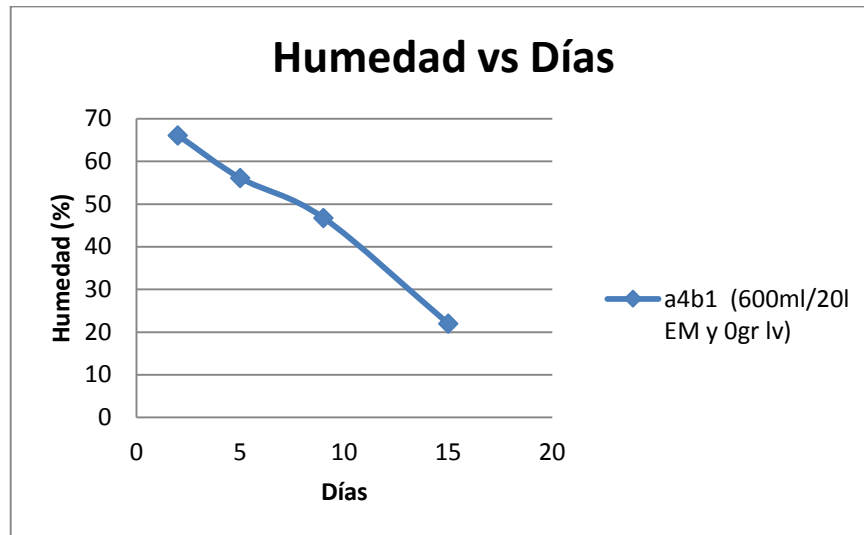
Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Gráfico A-14. Humedad obtenidas durante la fabricación del Bokashi tratamiento a3b2 (400ml/20l de EMA y 1gr/l de levadura)



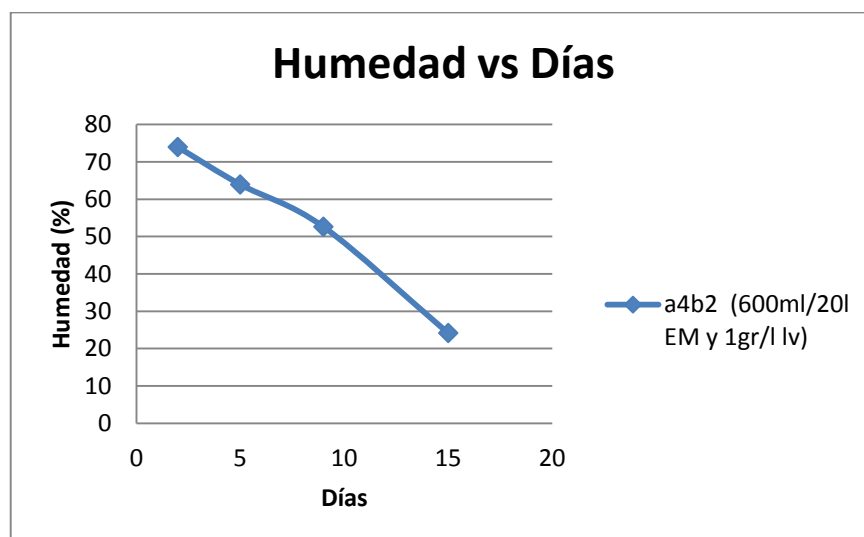
Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Gráfico A-15. Humedad obtenidas durante la fabricación del Bokashi tratamiento a4b1 (600ml/20l de EMA y 0gr de levadura)



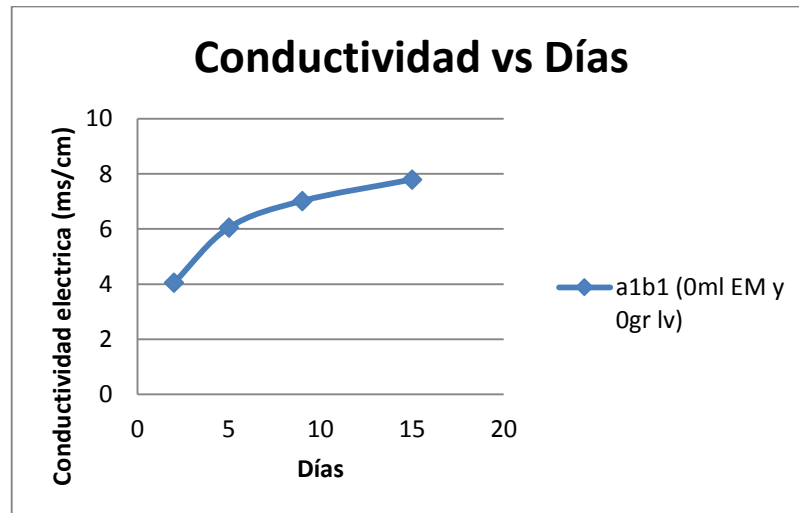
Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Gráfico A-16. Humedad obtenidas durante la fabricación del Bokashi tratamiento a4b2 (600ml/20l de EMA y 1gr/l de levadura)



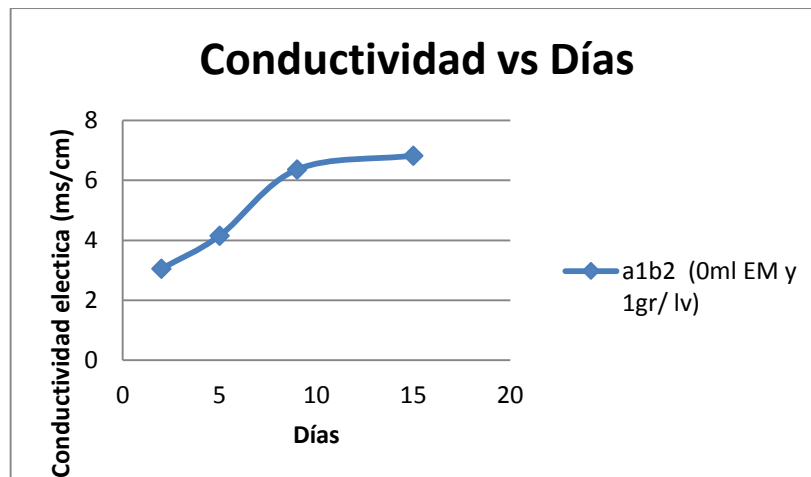
Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Gráfico A-17. Conductividad eléctrica obtenida durante la fabricación del Bokashi tratamiento a1b1 (0ml de EMA y 0gr de levaduras)



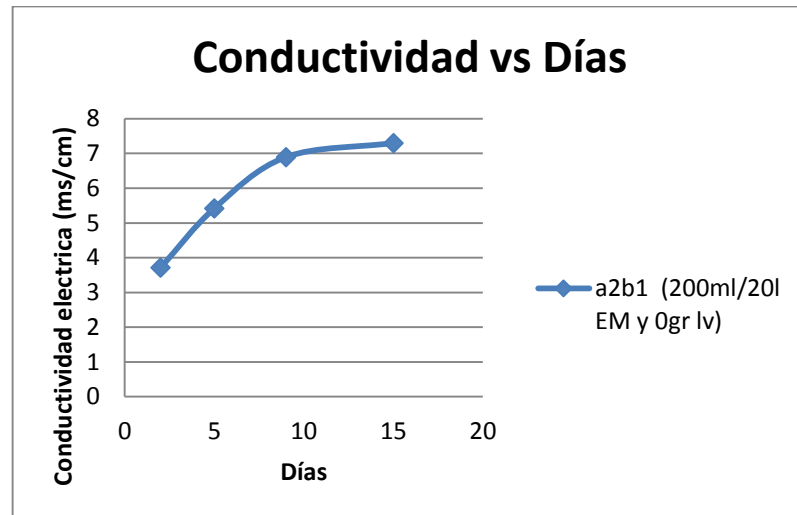
Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Gráfico A-18. Conductividad eléctrica obtenida durante la fabricación del Bokashi tratamiento a1b2 (0ml de EMA y 1gr/l de levadura)



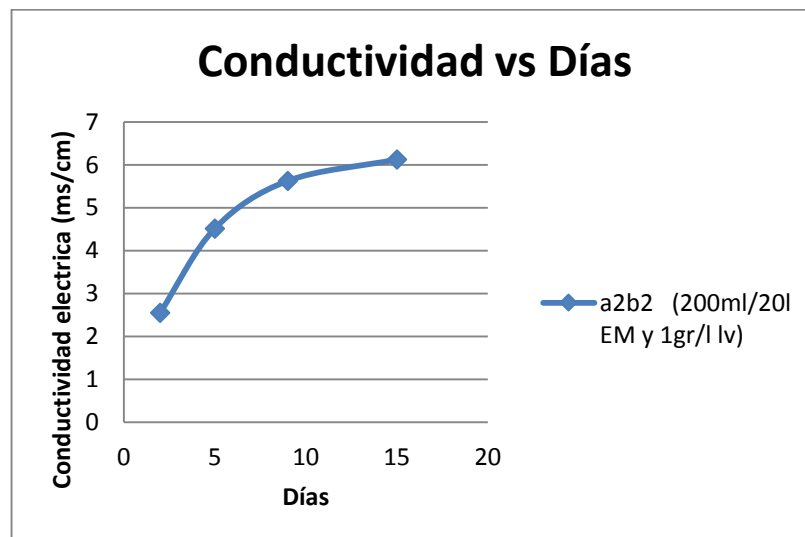
Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Gráfico A-19. Conductividad eléctrica obtenida durante la fabricación del Bokashi tratamiento a2b1 (200ml/20l de EMA y 0gr de levadura)



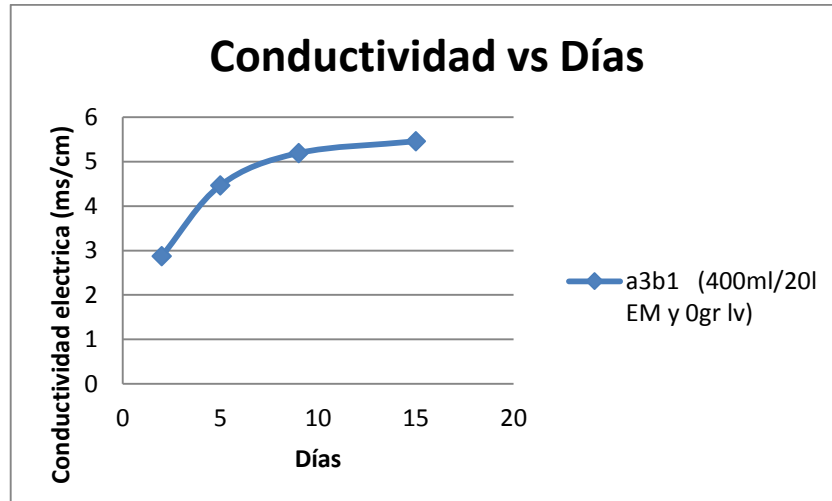
Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Gráfico A-20. Conductividad eléctrica obtenida durante la fabricación del Bokashi tratamiento a2b2 (200ml/20l de EMA y 1gr/l de levadura)



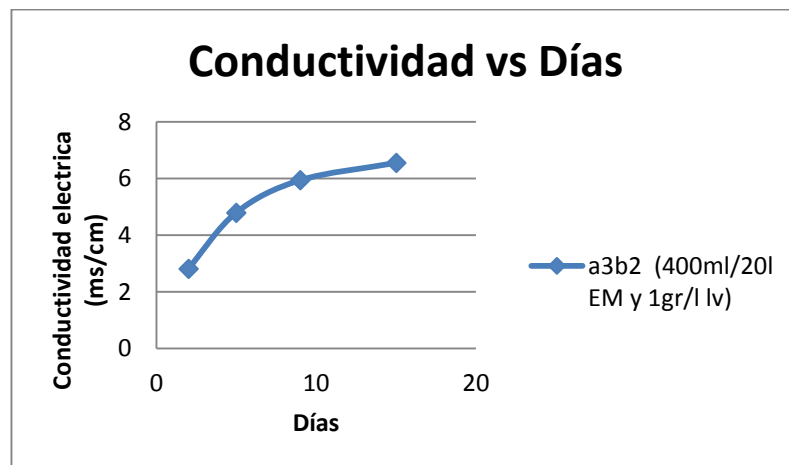
Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Gráfico A-21. Conductividad eléctrica obtenida durante la fabricación del Bokashi tratamiento a3b1 (400ml/20l de EMA y 0gr de levadura)



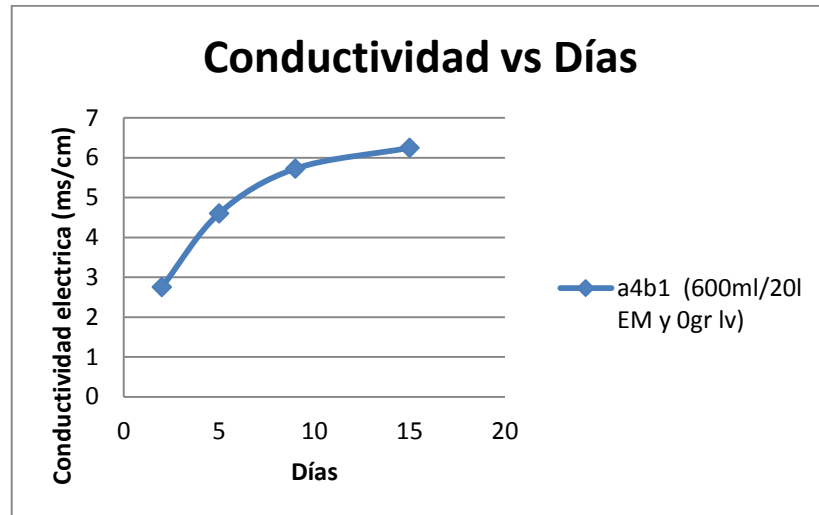
Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Gráfico A-22. Conductividad eléctrica obtenida durante la fabricación del Bokashi tratamiento a3b2 (400ml/20l de EMA y 1gr/l de levadura)



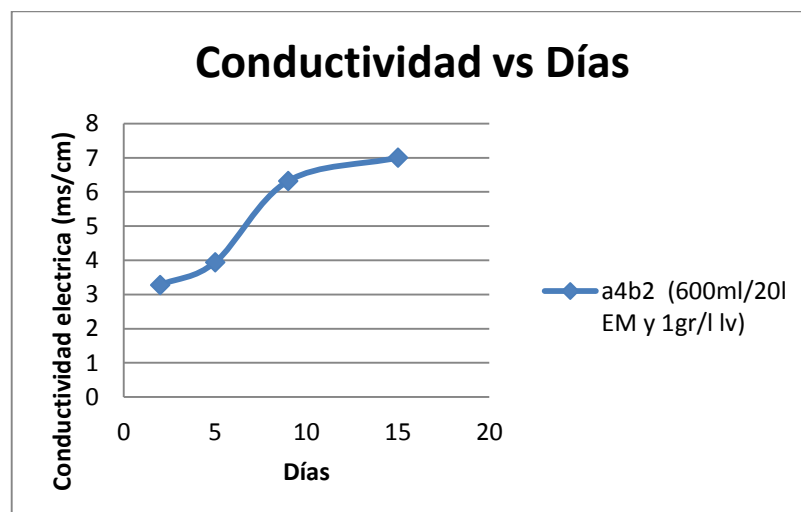
Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Gráfico A-23. Conductividad eléctrica obtenida durante la fabricación del Bokashi tratamiento a4b1 (600ml/20l de EMA y 0gr de levadura)



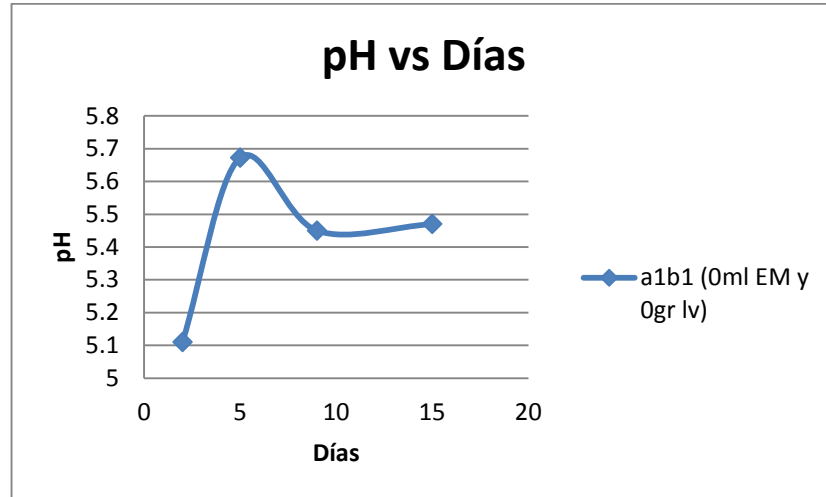
Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Gráfico A-24. Conductividad eléctrica obtenida durante la fabricación del Bokashi tratamiento a4b2 (600ml/20l de EMA y 1gr/l de levadura)



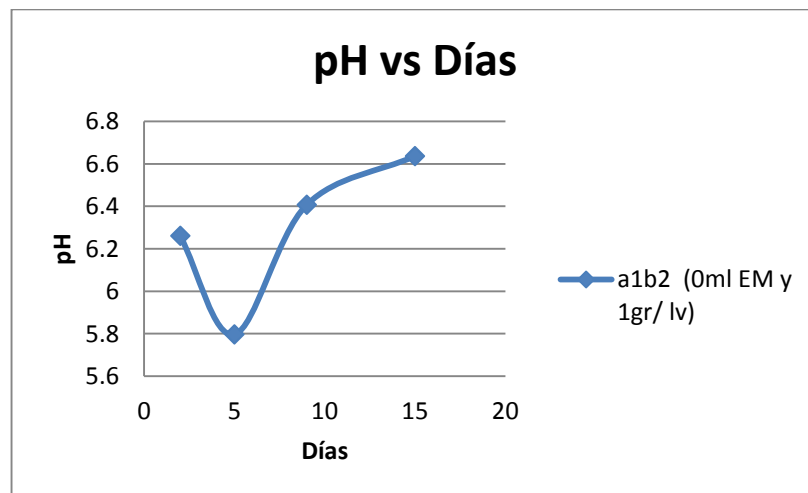
Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Gráfico A-25. pH obtenida durante la fabricación del Bokashi tratamiento a1b1 (0ml de EMA y 0gr de levaduras)



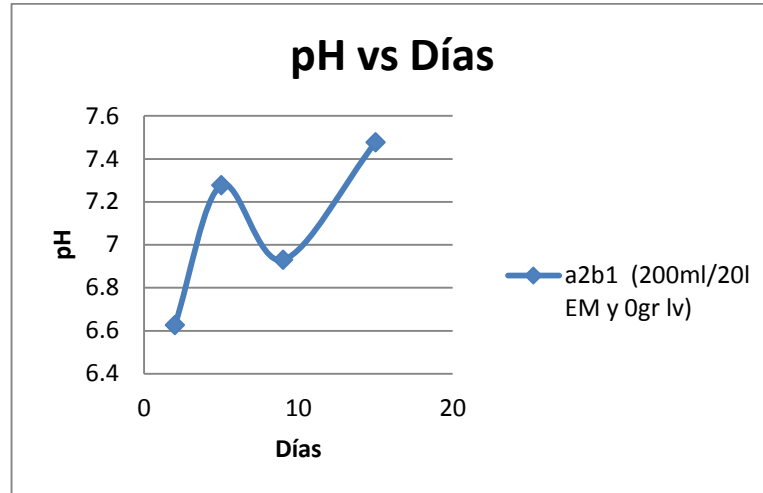
Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Gráfico A-26. pH obtenida durante la fabricación del Bokashi tratamiento a1b2 (0ml de EMA y 1gr/l de levadura)



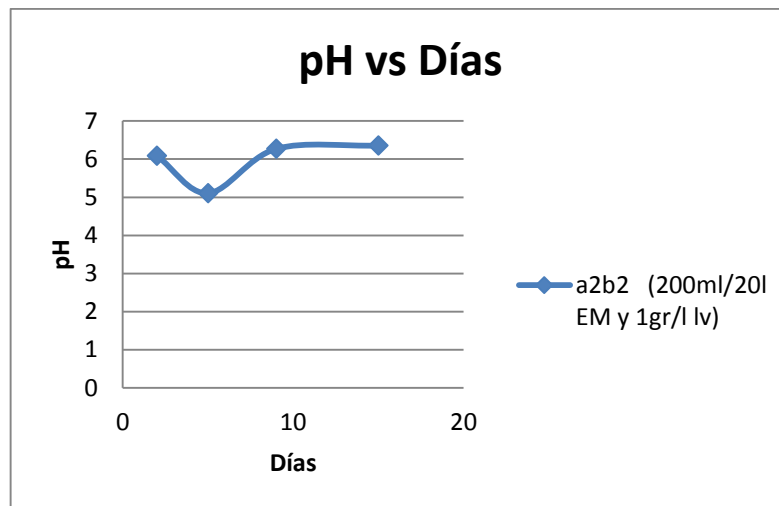
Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Gráfico A-27. pH obtenida durante la fabricación del Bokashi tratamiento a2b1 (200ml/20l de EMA y 0gr de levadura)



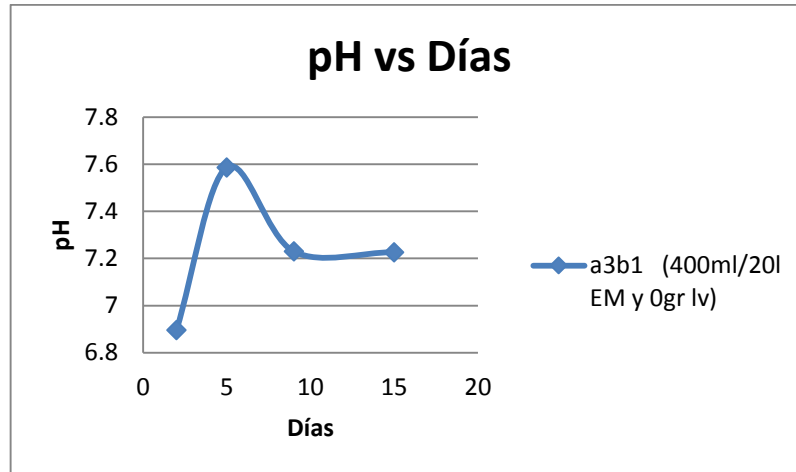
Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Gráfico A-28. pH obtenida durante la fabricación del Bokashi tratamiento a2b2 (200ml/20l de EMA y 1gr/l de levadura)



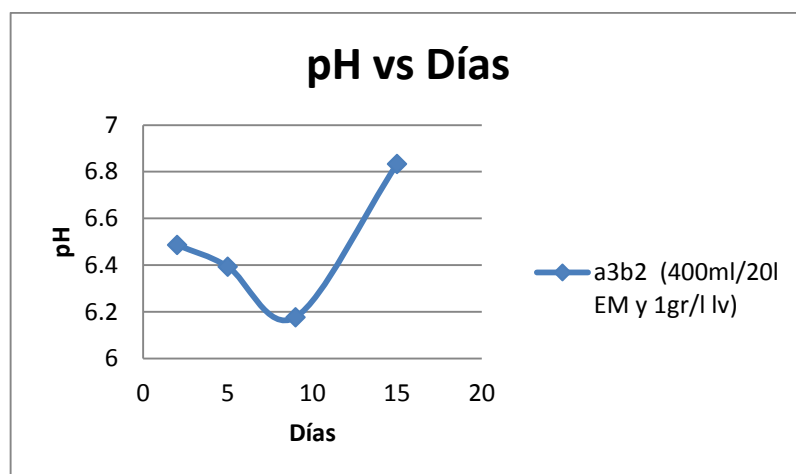
Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Gráfico A-29. pH obtenida durante la fabricación del Bokashi tratamiento a3b1 (400ml/20l de EMA y 0gr de levadura)



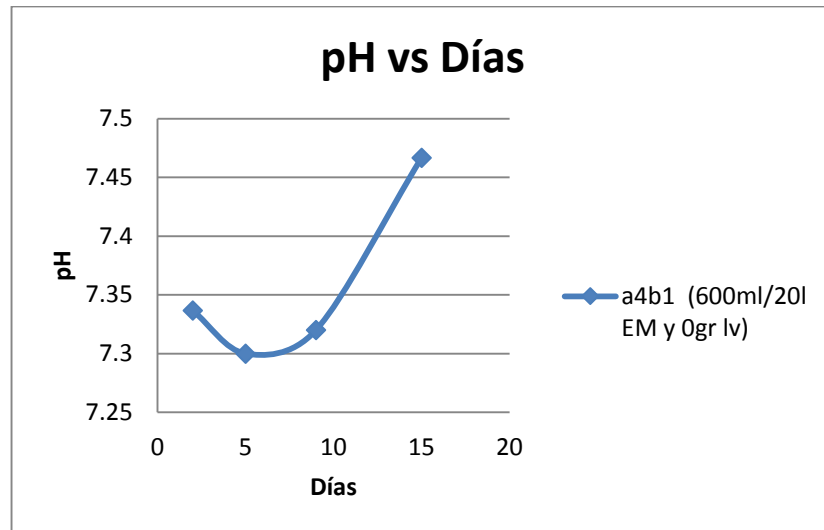
Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Gráfico A-30. pH obtenida durante la fabricación del Bokashi tratamiento a3b2 (400ml/20l de EMA y 1gr/l de levadura)



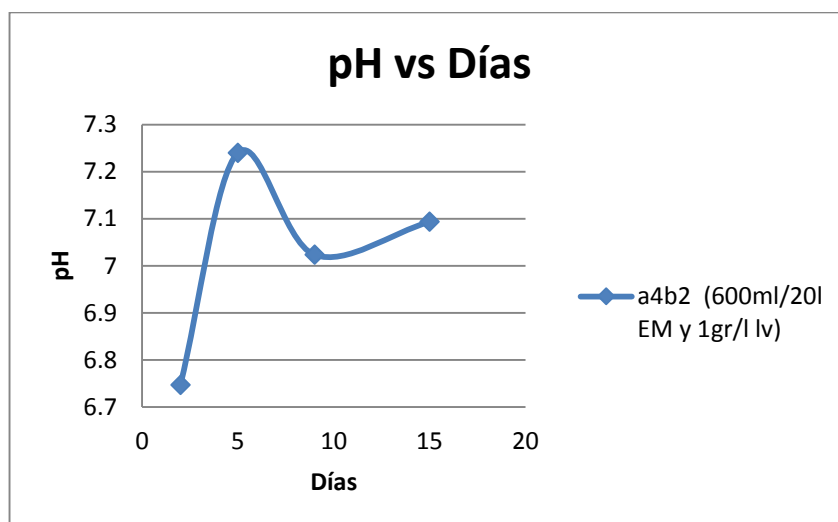
Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Gráfico A-31. pH obtenida durante la fabricación del Bokashi tratamiento a4b1 (600ml/20l de EMA y 0gr de levadura)



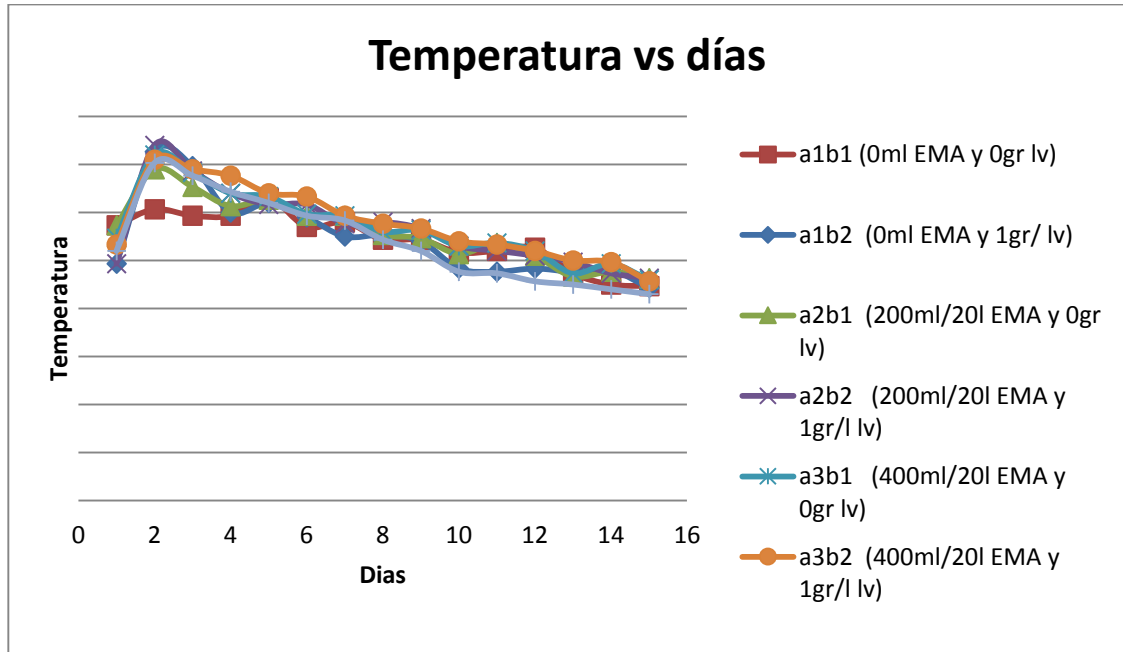
Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Gráfico A-32. pH obtenida durante la fabricación del Bokashi tratamiento a4b2 (600ml/20l de EMA y 1gr/l de levadura)



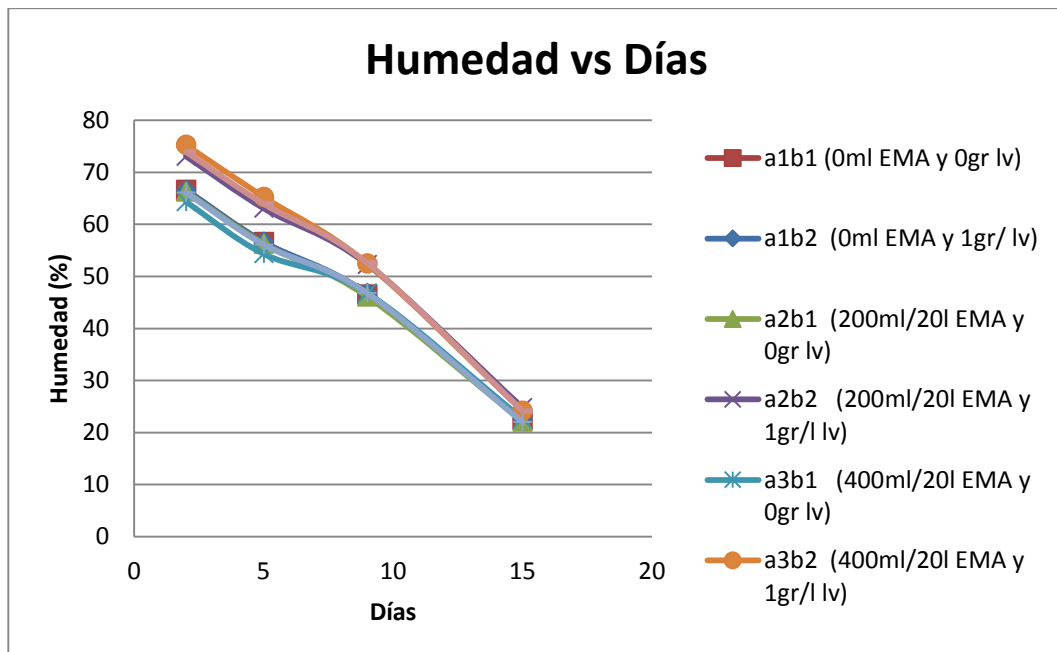
Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Gráfico A-33. Temperatura obtenida durante la fabricación del Bokashi con los tratamientos utilizados



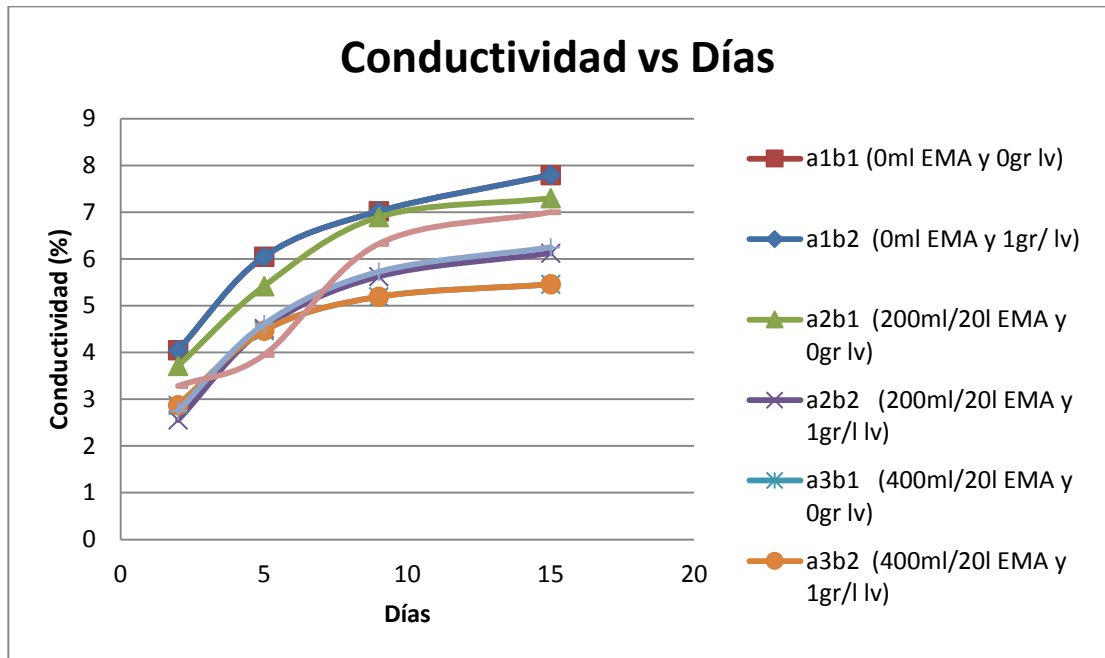
Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Gráfico A-34. Humedad obtenida durante la fabricación del Bokashi con los tratamientos utilizados



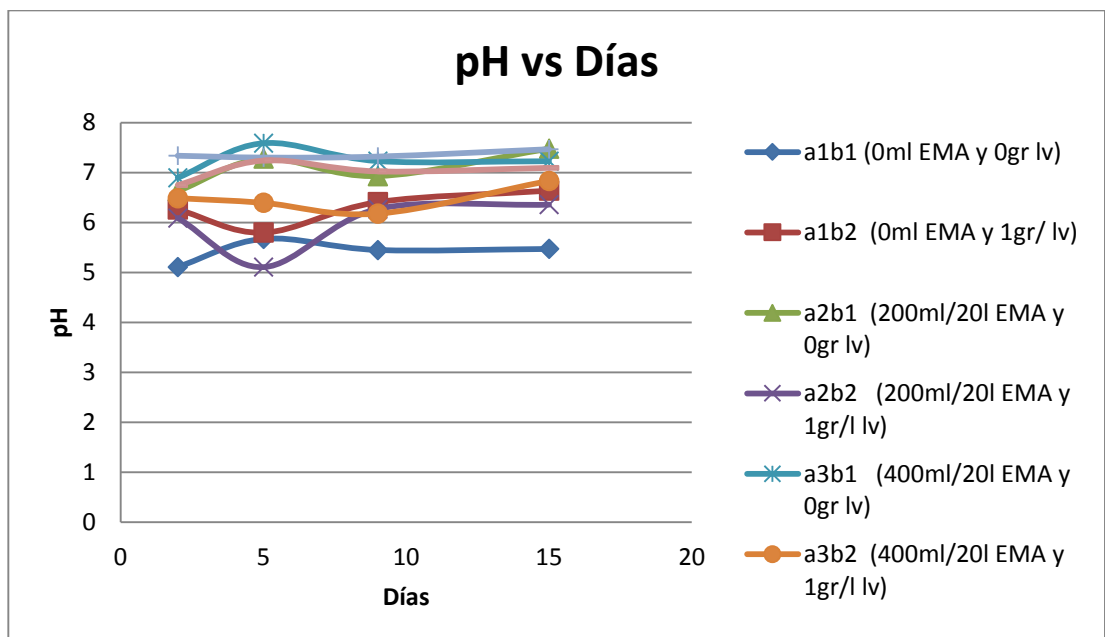
Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Gráfico A-35. Conductividad eléctrica obtenida durante la fabricación del Bokashi con los tratamientos utilizados



Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

Gráfico A-36. pH obtenida durante la fabricación del Bokashi con los tratamientos utilizados



Elaborado por: Silvana Córdova, 2013

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Tabla B-1. Análisis de varianza del peso.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso	24	0,99	0,99	1,00

Tabla B-2. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) del peso.

Fuente de Varianza	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Modelo	39,21	9	4,36	276,19	<0,0001
Replicas	0,17	2	0,08	5,26	0,0198
EM	27,96	3	9,32	590,88	<0,0001
Levaduras	5,51	1	5,51	349,34	<0,0001
EM*Levaduras	5,57	3	1,86	117,73	<0,0001
Error	0,22	14	0,02		
Total	39,43	23			

Tabla B-3. Prueba de Tukey para el peso.

Alfa=0,05 DMS=0,36183

Error: 0,0158 gl: 14

EM	Levaduras	Medias	n	E.E.	
200 ml/ 20l	1g g/l	11,07	3	0,07	A
400 ml/ 20l	1g g/l	11,87	3	0,07	B
600 ml/ 20l	0 gr	11,97	3	0,07	B
600 ml/ 20l	1g g/l	12,13	3	0,07	B C
400 ml/ 20l	0 gr	12,13	3	0,07	B C
200 ml/ 20l	0 gr	12,53	3	0,07	C
0 ml	1g g/l	13,30	3	0,07	D
0 ml	0 gr	15,57	3	0,07	E

Gráfico B-1. Gráfico estadístico del peso

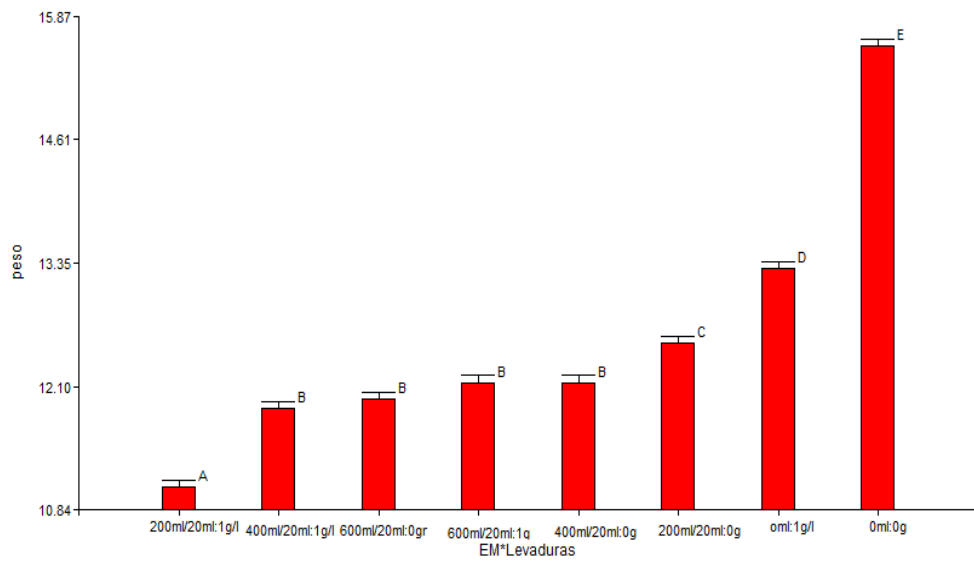


Tabla B-4. Análisis de varianza de la conductividad eléctrica.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Conductividad E	24	0,97	0,95	1,76

Tabla B-5. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) de la conductividad eléctrica.

Fuente de Varianza	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Modelo	6,76	7	0,75	50,94	<0,0001
Replicas	0,01	2	3,6R-03	0,25	0,7848
EM	1,67	3	0,56	37,66	<0,0001
Levaduras	1,66	1	1,66	112,82	<0,0001
EM*Levaduras	3,42	3	1,14	77,39	<0,0001
Error	0,21	14	0,01		
Total	6,97	23			

Tabla B-6. Prueba de Tukey para la conductividad eléctrica.

Alfa=0,05 DMS=0,34991

Error: 0,0148 gl: 14

EM	Levaduras	Medias	n	E.E.	
200 ml/ 20l	1 g/l	6,13	3	0,07	A
600 ml/ 20l	0 g	6,25	3	0,07	A B
400 ml/ 20l	1 g/l	6,55	3	0,07	B C
0 ml	1g/l	6,83	3	0,07	C D
600 ml/ 20l	1g/l	7,00	3	0,07	D E
400ml/20l	0 g	7,28	3	0,07	E
200 ml/ 20l	0 g	7,30	3	0,07	E
0ml	0 g	7,80	3	0,07	F

Gráfico B-2. Gráfico estadístico de la conductividad eléctrica

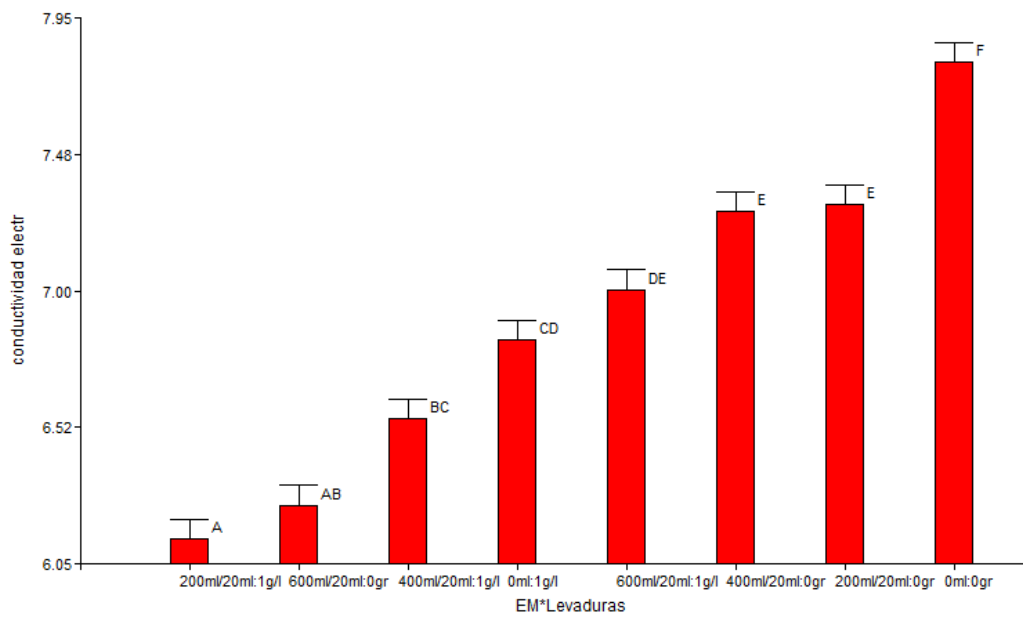


Tabla B-7. Análisis de varianza del pH.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH	24	0,99	0,98	0,74

Tabla B-8. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) del pH.

Fuente de Varianza	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Modelo	3,45	9	0,38	141,40	<0,0001
Replicas	0,01	2	2,9E-03	1,08	0,3671
EM	0,47	3	0,16	57,28	<0,0001
Levaduras	2,43	1	2,43	896,04	<0,0001
EM*Levaduras	0,54	3	0,18	66,96	<0,0001
Error	0,04	14	2,7 E-03		
Total	3,48	23			

Tabla B-9. Prueba de Tukey para el pH.

Alfa=0,05 DMS=0,14990

Error: 0,0027 gl: 14

EM	Levaduras	Medias	n	E.E.	
200 ml/ 20l	1 g/l	6,36	3	0,03	A
0 ml	1 g/l	6,64	3	0,03	B
400 ml/ 20l	1 g/l	6,83	3	0,03	C
600 ml/ 20l	1 g/l	7,09	3	0,03	D
400 ml/ 20l	0 g	7,23	3	0,03	D E
0 ml	0 g	7,29	3	0,03	E
600 ml/ 20l	0 g	7,47	3	0,03	F
200 ml/ 20l	0 g	7,48	3	0,03	F

Gráfico B-3. Gráfico estadístico del pH

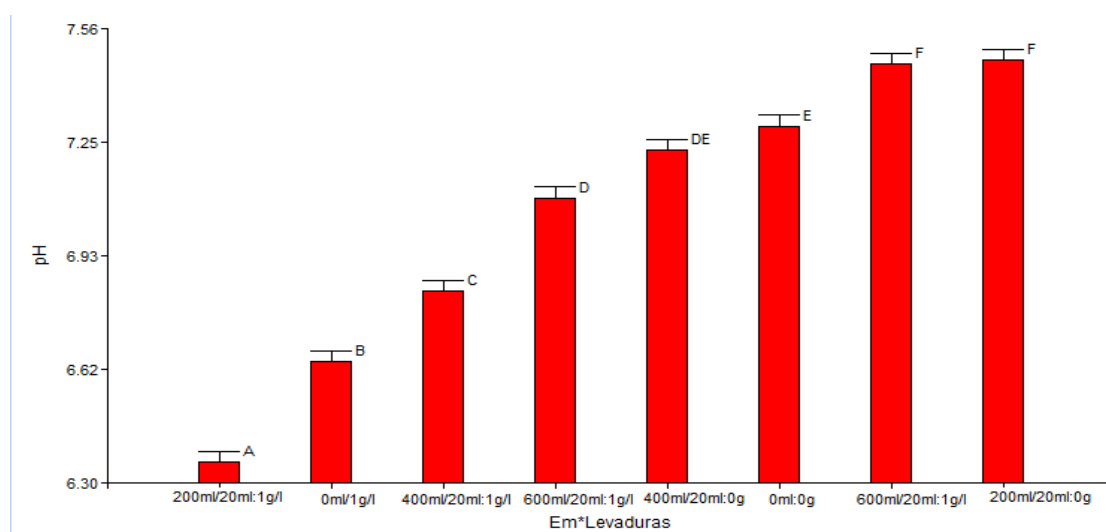


Tabla B-10. Análisis de varianza de la relación carbono/nitrógeno.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
C/N	24	1,00	0,99	1,90

Tabla B-11. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) de la relación carbono/nitrógeno.

Fuente de Varianza	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Modelo	194,10	9	21,57	432,88	<0,0001
Replicas	0,22	2	0,11	2,17	0,1515
EM	7,42	3	2,47	49,67	<0,0001
Levaduras	185,37	1	185,37	3720,70	<0,0001
EM*Levaduras	1,09	3	0,36	7,30	0,0035
Error	0,70	14	0,06		
Total	194,80	23			

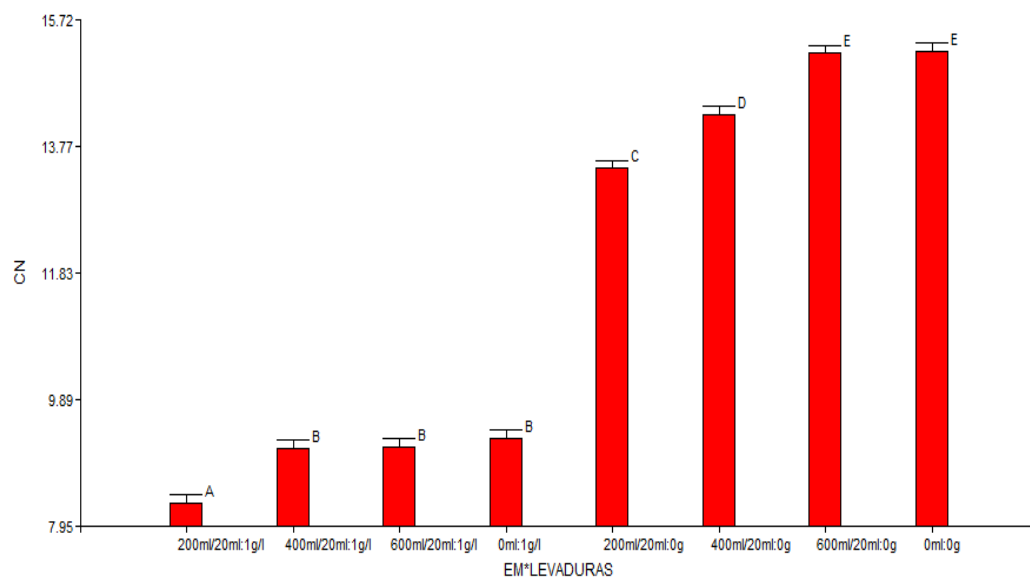
Tabla B-12. Prueba de Tukey para la relación carbono/nitrógeno.

Alfa=0,05 DMS=0,64305

Error: 0,0498 gl: 14

EM	Levaduras	Medias	n	E.E.	
200 ml/ 20l	1 g/l	8,30	3	0,13	A
400 ml/ 20l	1 g/l	9,13	3	0,13	B
600 ml/ 20l	1 g/l	9,17	3	0,13	B
0 ml	1 g/l	9,30	3	0,13	B
200 ml/ 20l	0 g	13,43	3	0,13	C
400 ml/ 20l	0 g	14,27	3	0,13	D
600 ml/ 20l	0 g	15,20	3	0,13	E
0ml	0 g	15,23	3	0,13	E

Gráfico B-4. Gráfico estadístico de la relación C/N



FOTOGRAFÍAS



Figura C-1. Tarrinas de captura de EMA



Figura C-2. Tarrina enterrada



Figura C-3. Invernadero



Figura C-4. Picada de residuos vegetales.



Figura C-5. Montón de residuos vegetales.



Figura C-6. Levaduras.



Figura C-7. Activación de EMA



Figura C-8. Mezcla de los residuo vegetales



Figura C-9. Toma de temperatura



Figura C-10. Después de transcurrir el tiempo, color.



Figura C-11. Tabla internacional de colores



Figura C-12. Conductivimetro



Figura C-13. Estufa



Figura C-14. Deseccador



Figura C-15. Peso para la obtención de la humedad



Figura C-16. Bokashi 0 ml de EM y 0 gr de levaduras



Figura C-17. Bokashi preparado con EMA y levadura

Abreviaturas

EM: Microorganismos Eficientes

S. cerevisiae: *Saccharomyces cerevisiae*

DBO: Demanda Biológica de Oxígeno

DQO: Demanda química de Oxígeno

EMA: Microorganismos Eficientes Autóctonos

N: Nitrógeno

C: Carbono

Kg: Kilogramo

L: litro

P: Fósforo

K: Potasio

Ca: Calcio

S: Azufre

Mg: Magnesio

Lb: Libra

ml: mililitro

NaCl: Cloruro de sodio