



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA ZOOTÉCNICA

“EVALUACIÓN DE DIFERENTES TIPOS DE MEDIOS DE CULTIVOS
BACTERIANOS (MICROORGANISMOS BENÉFICOS) EN LA ELABORACIÓN
DEL ABONO ORGÁNICO FERMENTADO (BOKASHI)”

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del título de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

AUTOR

MARIO FERNANDO CHAVARREA SELA

Riobamba - Ecuador

2010

Esta Tesis fue aprobada por el siguiente Tribunal

Ing. M.C. Hermenegildo Díaz Berrones.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Dr. Luís Rafael Fiallos Ortega. Ph.D.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. M.C. José María Pazmiño Guadalupe.
ASESOR DE TESIS

Riobamba, 8 de Febrero del 2010.

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo dedico con cariño, a mis padres Ángel y Sofía por ser símbolos de responsabilidad, respeto y trabajo, a mis hermanas Magdalena, Martha y Alicia (+), a mis hermanos Eduardo, Manuel, Alberto; a mis lindos sobrinos; quienes con sus consejos, apoyo y comprensión fueron imprescindibles para llegar a culminar con éxito mi más grande ilusión, la de ser Ingeniero Zootecnista.

A mis amig@s con quienes compartimos momentos gratos durante el ciclo estudiantil y a todos quiénes confiaron en mi.

AGRADECIMIENTO

Dejo constancia de mi más sincera gratitud a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, especialmente a la Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela de Ingeniería Zootécnica, por haberme permitido conseguir una profesión dinámica, de igual manera al Dr. Luis Fiallos Ortega Director de Tesis, Ing. José Pazmiño Guadalupe Asesor, quienes me supieron guiar y transmitir sus valiosos conocimientos para culminar con éxito la presente investigación.

CONTENIDO

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Lista de Cuadros	vii
Lista de Gráficos	viii
Lista de anexos	ix
I. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
II. <u>REVISIÓN DE LITERATURA</u>	3
A. BOKASHI	3
1. <u>Origen del bokashi</u>	3
2. <u>Aspectos generales</u>	3
3. <u>Ventajas del proceso de elaboración del bokashi</u>	4
4. <u>Elaboración del abono orgánico fermentado bokashi</u>	5
5. <u>Factores a tomar en cuenta en la preparación del bokashi</u>	6
a. La temperatura	6
b. El pH (acidez)	6
c. La humedad	
d. La aireación	7
e. El tamaño de las partículas de los ingredientes	7
f. Relación carbono-nitrógeno	7
6. <u>Ingredientes básicos en la preparación del bokashi</u>	8
a. La gallinaza	8
b. La cascarilla de arroz	8
c. Afrecho de arroz o semolina	9
d. El carbón	9
e. Melaza de caña	10
f. Suelo	10
g. Cal agrícola	10

h.	Desechos vegetales	10
i.	Levadura	11
j.	Yogurt	11
k.	Suero o acido láctico	11
l.	Agua	11
B.	ACELERADOR DE LA DESCOMPOSICIÓN DE LOS DERECHOS ORGÁNICOS (MICROORGANISMOS EFICACES)	13
1.	<u>Generalidades</u>	13
2.	<u>Efectos del EM</u>	13
3.	Principales microorganismos en el EM y su acción en los suelos	14
a.	Bacteria Fotosintética (bacteria Fototrófica)	14
b.	Bacterias ácido lácticas	14
c.	Levaduras	15
d.	Actinomicetes	15
e.	Hongos de fermentación	15
4.	<u>Preparación del abono orgánico bokashi utilizando microorganismos eficaces (EM)</u>	15
a.	Pasos para la preparación del bokashi	15
5.	<u>Propiedades físicas, químicas y microbiológicas del bokashi</u>	17
a.	Propiedades físicas	17
b.	Propiedades químicas	18
c.	Propiedades microbiológicas	18
C.	OTRAS INVESTIGACIONES REALIZADAS	18
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	20
A.	LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO	20
B.	UNIDADES EXPERIMENTALES	20
C.	MATERIALES EQUIPOS E INSTALACIONES	21
1.	<u>Materiales</u>	21
2.	<u>Equipos</u>	21
3.	<u>Instalaciones</u>	21

D.	TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL	22
1.	<u>Esquema del experimento</u>	22
E.	MEDICIONES EXPERIMENTALES	23
F.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y PRUEBA DE SIGNIFICANCIA	23
G.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	24
H.	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	25
IV.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	28
A.	RESPUESTA A LA EVALUACIÓN DE DIFERENTES TIPOS DE MEDIOS DE CULTIVOS BACTERIANOS (MICROORGANISMOS BENÉFICOS) EN LA ELABORACIÓN DEL ABONO ORGÁNICO FERMENTADO BOKASHI.	28
1.	<u>Carga microbiana (ufc/g)</u>	28
2.	<u>Tiempo de elaboración del bokashi (días)</u>	30
3.	<u>Calidad del bokashi con respecto a nutrientes (%)</u>	31
a.	Calidad del bokashi con respecto a nitrógeno (%)	31
b.	Calidad del bokashi con respecto a fósforo (%)	34
c.	Calidad del bokashi con respecto a potasio (%)	37
4.	<u>Temperaturas internas y externas en el proceso de elaboración del bokashi (°C)</u>	41
a.	Temperatura externa (°C)	41
b.	Temperatura interna (°C)	43
5.	<u>pH del sustrato</u>	43
6.	<u>Humedad del sustrato (%)</u>	45
7.	<u>Tiempo de estabilización del bokashi (días)</u>	48
B.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CORRELACIÓN PARA TODAS LAS VARIABLES	48
C.	EVALUACIÓN ECONÓMICA DE BENEFICIO/COSTO (USD)	50
V.	<u>CONCLUSIONES</u>	52
VI.	<u>RECOMENDACIONES</u>	53
VII.	<u>LITERATURA CITADA</u>	54
	ANEXOS	

RESUMEN

En el Programa de Lombricultura y Abonos Orgánicos de la Facultad de Ciencias Pecuarias ESPOCH, se evaluó diferentes tipos de medios de cultivos bacterianos (microorganismos benéficos), en la elaboración del abono orgánico fermentado (bokashi), T1 Levadura 0 + Cultivo 0, T2 Levadura 0.5 lbs. + Melaza 4 lts., T3 Levadura 0.5 lbs. + Yogurt 4 lts., T4 Levadura 0.5 lbs. + Leche 4 lts., bajo un Diseño Completamente al Azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Los mejores resultados se obtuvieron con los tratamientos T2 y T4, existiendo diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$), con el resto de tratamientos; la mayor población de bacterias (ufc/g), se reportó en el T2 con 18 400 millones, la mayor población de actinomicetes (ufc/g), en el T4 con 506 millones, la mayor población de nematodos (50 g) se encuentra en el T1 con 9, el menor tiempo de estabilización y elaboración en el T2 con 19.33 y 21.33 días respectivamente, el mejor porcentaje de N, P y K en el T4 con 1.22, 1.29 y 2.1% respectivamente, la mayor temperatura externa en el T2 con 33.63 °C, la mayor temperatura interna en el T4 con 37.06 °C, el mayor pH en el T1 con 7.06, el mejor beneficio/costo se obtuvo en el T4 con un indicador de 1.10 dólares. Recomendándose utilizar el T4 ya que con este se logra una carga microbiana alta, un buen contenido de macronutrientes y un considerable beneficio/costo.

ABSTRACT

In the worm culture and organic fertilizer program of the Cattle and Livestock Science Faculty, ESPOCH, different types of bacterial culture media (beneficial microorganisms) were evaluated in the elaboration of fermented organic fertilizer (bokashi), T1 leaven 0 + Culture 0, T2 leaven 0.5 pounds + molasses 4l, T3 0.5 leaven pounds + 4l yogurt, and T4 0.5 pounds leaven + 4l milk, under a completely at random design with four treatments and three replications. The best results were obtained with treatments T2 and T4, existing highly significant differences ($p \leq 0.01$). With the rest of treatments the highest bacteria population (ufc/g) was reported in T2 with 18 400 million. The highest actinomycete population (ufc/g) in the T4 with 506 million. The highest nematode population (50g) was found in T1 with 9. The lowest stabilization and elaboration time in T2 with 19.33 and 21.33 days respectively. The best N,P,K percentage in the T4 with 1.22, 1.29 and 2.1% respectively. The highest external temperature in T2 with 33.63 °C. The highest internal temperature in T4 with 37.06 °C. The highest pH in T1 with 7.06. The best benefit-cost was obtained in T4 with an indicator of 1.10 USD. It is recommended to use T4 as with it a high microbial load, a good macronutrient content and a considerable benefit-cost are attained.

LISTA DE CUADROS

Nº		Pág.
1.	INGREDIENTES USADOS PARA PREPARAR 50 KG. DE ABONO ORGÁNICO (BOKASHI).	12
2.	CONTENIDO DE MACRO Y MICRONUTRIENTES DEL BOKASHI Y DEL ESTIERCOL BOVINO.	12
3.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL BOKASHI.	17
4.	CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE LA ESPOCH.	20
5.	ESQUEMA DEL EXPERIMENTO.	22
6.	ESQUEMA DEL ADEVA.	24
7.	RESPUESTA A LA EVALUACIÓN DE DIFERENTES TIPOS DE MEDIOS DE CULTIVOS BACTERIANOS (MICROORGANISMOS BENÉFICOS) EN LA ELABORACIÓN DEL ABONO ORGÁNICO FERMENTADO BOKASHI.	29
8.	BENEFICIO/COSTO DE LA EVALUACIÓN DE DIFERENTES TIPOS DE MEDIOS DE CULTIVOS BACTERIANOS (MICROORGANISMOS BENÉFICOS) EN LA ELABORACIÓN DE BOKASHI.	51

LISTA DE GRÁFICOS

Nº		Pág.
1	Tiempo de elaboración del bokashi con diferentes medios de cultivos bacterianos.	32
2	Calidad del bokashi con respecto a nitrógeno (%) utilizando diferentes medios de cultivos bacterianos.	33
3	Análisis de regresión lineal del contenido de nitrógeno (%), por efecto de la temperatura interna en la elaboración del bokashi	35
4	Calidad del bokashi con respecto a fósforo (%) utilizando diferentes medios de cultivos bacterianos.	36
5	Análisis de regresión lineal del contenido de fósforo (%), por efecto de la temperatura interna en la elaboración del bokashi	38
6	Calidad del bokashi con respecto a potasio (%) utilizando diferentes medios de cultivos bacterianos.	39
7	Análisis de regresión lineal del contenido de potasio (%), por efecto de la temperatura interna en la elaboración del bokashi	40
8	Temperatura externa (°C) en la elaboración de bokashi utilizando diferentes medios de cultivos bacterianos.	42
9	Temperatura interna (°C) en la elaboración de bokashi utilizando diferentes medios de cultivos bacterianos.	44
10	pH del sustrato en la elaboración de bokashi utilizando diferentes medios de cultivos bacterianos.	46
11	% de humedad en la elaboración de bokashi utilizando diferentes medios de cultivos bacterianos.	47
12	Tiempo de estabilización del bokashi (días) utilizando diferentes medios de cultivos bacterianos.	49

LISTA DE ANEXOS

Nº

1. Tiempo de elaboración del bokashi (días), utilizando diferentes medios de cultivos bacterianos T1 (levadura 0 + cultivo 0), T2 (levadura 0.5 lbs. + melaza 4 lts.), T3 (levadura 0.5 lbs. + yogurt 4 lts.), T4 (levadura 0.5 lbs. + leche 4 lts.).
2. Contenido de nitrógeno en el bokashi (%), utilizando diferentes medios de cultivos bacterianos T1 (levadura 0 + cultivo 0), T2 (levadura 0.5 lbs. + melaza 4 lts.), T3 (levadura 0.5 lbs. + yogurt 4 lts.), T4 (levadura 0.5 lbs. + leche 4 lts.).
3. Contenido de fósforo en el bokashi (%), utilizando diferentes medios de cultivos bacterianos T1 (levadura 0 + cultivo 0), T2 (levadura 0.5 lbs. + melaza 4 lts.), T3 (levadura 0.5 lbs. + yogurt 4 lts.), T4 (levadura 0.5 lbs. + leche 4 lts.).
4. Contenido de potasio en el bokashi (%), utilizando diferentes medios de cultivos bacterianos T1 (levadura 0 + cultivo 0), T2 (levadura 0.5 lbs. + melaza 4 lts.), T3 (levadura 0.5 lbs. + yogurt 4 lts.), T4 (levadura 0.5 lbs. + leche 4 lts.).
5. Temperatura externa durante el proceso de elaboración del bokashi ($^{\circ}\text{C}$), por efecto de la utilización de diferentes medios de cultivos bacterianos T1 (levadura 0 + cultivo 0), T2 (levadura 0.5 lbs. + melaza 4 lts.), T3 (levadura 0.5 lbs. + yogurt 4 lts.), T4 (levadura 0.5 lbs. + leche 4 lts.).
6. Temperatura interna durante el proceso de elaboración del bokashi ($^{\circ}\text{C}$), por efecto de la utilización de diferentes medios de cultivos bacterianos T1 (levadura 0 + cultivo 0), T2 (levadura 0.5 lbs. + melaza 4 lts.), T3 (levadura 0.5 lbs. + yogurt 4 lts.), T4 (levadura 0.5 lbs. + leche 4 lts.).
7. pH del sustrato durante el proceso de elaboración del bokashi, por efecto de la utilización de diferentes medios de cultivos bacterianos T1 (levadura 0 + cultivo 0), T2 (levadura 0.5 lbs. + melaza 4 lts.), T3 (levadura 0.5 lbs. + yogurt 4 lts.), T4 (levadura 0.5 lbs. + leche 4 lts.).
8. Tiempo de estabilización del bokashi (días), por efecto de la utilización de diferentes medios de cultivos bacterianos T1 (levadura 0 + cultivo 0), T2 (levadura 0.5 lbs. + melaza 4 lts.), T3 (levadura 0.5 lbs. + yogurt 4 lts.), T4 (levadura 0.5 lbs. + leche 4 lts.).
9. Análisis estadístico de correlación para todas las variables, por efecto de la utilización de diferentes medios de cultivos bacterianos.

I. INTRODUCCIÓN

Los abonos orgánicos tienen un gran repunte en la actividad agropecuaria pues se ha comprobado que mejoran la productividad del suelo suministrando nutrientes a las plantas y a los microorganismos que habitan en él, lo que a mediano y largo plazo se establece como un ciclo ideal de producción, transformación, aprovechamiento e intercambio entre las plantas los microorganismos y el medio ambiente.

La elaboración de abonos orgánicos reduce la contaminación ambiental que existe en el planeta, a partir de la descomposición de materiales vegetales, estiércol de animales y sub productos de la industria los mismos que bajo condiciones controladas de humedad, temperatura y pH son capaces de proporcionar abono de excelente calidad.

La sierra de nuestro país y en particular nuestra provincia dispone de grandes superficies de tierra las mismas que pueden ser dedicadas a la actividad agropecuaria, pero lamentablemente estos suelos se encuentran degradados con bajos niveles de materia orgánica y fertilidad, razón por la cual se ve la necesidad de incorporar bokashi por ser una alternativa económica, de fácil elaboración, corto tiempo entre su elaboración y utilización, además de ser un mejorador de varias características del suelo como la aireación, retención de humedad, color, etc. lo que podría dar la pauta para que los agricultores modifiquen sus prácticas tradicionales de cultivo hacia una agricultura de tipo orgánico que les permitan obtener alimentos sanos, de alta calidad y lo más importante sin poner en peligro su vida y el ecosistema.

El bokashi es un abono orgánico fermentado que se caracteriza por poseer en su composición química un alto contenido de macro y micronutrientes, asociados a una enorme cantidad de microorganismos benéficos que asegura una correcta fertilización de los cultivos y lo más importante devolver la vida y la productividad a los suelos.

El desconocimiento y la falta de capacitación técnica de varios campesinos no les

permiten optimizar los recursos disponibles en su finca para transformar los residuos vegetales los sub productos de la industria y las excretas animales en un valioso abono como es el bokashi, y tomando en cuenta que la presente investigación es la primera en su tipo y estuvo orientada a utilizar medios de cultivos bacterianos con la finalidad de reducir el tiempo de elaboración, determinar el mejor medio de cultivo bacteriano, carga bacteriana y obtener el mejor beneficio costo al elaborar el abono orgánico fermentado bokashi. Por lo mencionado se plantea los siguientes objetivos:

- Evaluar el mejor medio de cultivo bacteriano en la elaboración del abono orgánico fermentado (bokashi).
- Reducir el tiempo de elaboración del abono orgánico fermentado (bokashi) utilizando diferentes medios de cultivos bacterianos (MB).
- Contrastar la carga microbiana, calidad y cantidad de nutrientes del bokashi elaborado con microorganismos benéficos en relación con el tratamiento testigo.
- Conocer el mejor tratamiento económico mediante el análisis de beneficio/costo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

A. BOKASHI

1. Origen del bokashi

Restrepo, J. (1996), manifiesta que el bokashi es un biofertilizante de origen Japonés, del que deriva su nombre “bo-ca-shi”, que significa fermentación. El cual en la antigüedad los japoneses utilizaban sus propios excrementos para elaborarlo y abonar sus arrozales se trata de un abono orgánico fermentado parcialmente estable, económico y de fácil preparación.

Según <http://caminosrurales.blogspot.com/2008/06/qu-es-bohashi.html> - 68k -, explica que el bokashi es una palabra japonesa que significa “materia orgánica fermentada”, en este caso abono orgánico fermentado, tradicionalmente los agricultores japoneses usan materias orgánicas como la semolina de arroz, torta de soja, harina de pescado y suelo de bosque como inoculante de microorganismos. Estos suelos tienen grandes cantidades de microorganismos que aceleran la preparación del abono. El bokashi ha sido utilizado por los agricultores japoneses para aumentar la diversidad microbiana, mejorar la condición física y química del suelo, previene enfermedades del suelo y lo suple de nutrientes para el desarrollo de los cultivos.

2. Aspectos generales

http://www.simas.org.ni/_publicacion/Manual%20Practico%20ABC%20Agricultura%20Cap%201%20-%202015-80.pdf. (s/a), indica que la elaboración del abono orgánico fermentado bokashi se puede entender como un proceso de semi descomposición aeróbica (con presencia de oxígeno) de residuos orgánicos por medio de poblaciones de microorganismos, quimioorganotróficos, que existen en los propios residuos, con condiciones controladas, y que producen un material parcialmente estable de lenta descomposición en condiciones favorables y que son capaces de fertilizar a las plantas y al mismo tiempo nutrir la tierra.

3. Ventajas del proceso de elaboración del bokashi

Restrepo, J. (1996), expone cuales son las ventajas al elaborar el abono orgánico fermentado bokashi:

- No se forman gases tóxicos ni surgen malos olores debido a los controles que se realizan en cada etapa del proceso de fermentación, evitándose cualquier inicio de putrefacción.
- Se facilita el manejo del volumen de abono, almacenamiento, transporte y la disposición de los materiales para elaborarlo (se puede elaborar en pequeños o grandes volúmenes, de acuerdo con las condiciones económicas y con las necesidades de cada productor).
- Se pueden elaborar en la mayoría de los ambientes y climas donde se realicen actividades agropecuarias.
- Se autorregulan “agentes patogénicos” en la tierra, por medio de la inoculación biológica natural, principalmente de bacterias, actinomicetes, hongos y levaduras, entre otros.
- Se da la posibilidad de utilizar el producto final en los cultivos, en un período relativamente corto y a costos muy bajos.
- Por medio de la inoculación y reproducción de microorganismos nativos presentes en los suelos locales y levaduras, los materiales se transforman gradualmente en nutrientes de excelente calidad disponibles para la tierra, las plantas y la propia retroalimentación de la actividad biológica.
- El crecimiento de las plantas es estimulado por una serie de fitohormonas y fitorreguladores naturales que se activan a través de los abonos fermentados.
- Los abonos orgánicos activan una serie de rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas y de bio-protección.
- No exige inversiones económicas muy altas en obras de infraestructura rural.
- Los materiales con los que se elaboran son muy conocidos por los productores y fáciles de conseguir localmente.
- Los diferentes materiales que se encuentran disponibles en las diversas zonas de trabajo, más la creatividad de los campesinos, hace que se puedan

variar las formulaciones o las recetas, haciéndolas más apropiadas a cada actividad agropecuaria o condición rural.

4. Elaboración del abono orgánico fermentado bokashi

Según <http://www.colprocah.com/docsPDF/Secciones/ProduccionAbonoOrg.pdf>. (s/a), la elaboración del abono tipo bokashi se basa en procesos de descomposición aeróbica de los residuos orgánicos, a temperaturas controladas a través de poblaciones de microorganismos existentes en los propios residuos, que en condiciones favorables producen un material parcialmente estable de lenta descomposición.

Según <http://www.fundases.com/p/pub-compostaje01.html>. (s/a), existen tres fases dentro del proceso de fermentación, estas son: Mesófila, termófila y enfriamiento.

En la fase mesófila, los materiales se encuentran a temperatura ambiente, los microorganismos mesófilos comienzan a alimentarse y a multiplicarse, aumentando considerablemente la temperatura de la pila. En esta fase es indispensable una adecuada aireación para evitar que la temperatura sobrepase los 45 °C y por ende se limite la acción microbiana.

La fase termófila, se caracteriza por la muerte de los microorganismos iniciales a temperaturas superiores a 55 °C; en su lugar, proliferan microorganismos resistente a altas temperaturas, como bacterias esporígenas y actinomicetos, que se encargan de descomponer la celulosa, hemicelulosa, y otros compuestos.

La fase de enfriamiento, inicia cuando los microorganismos termófilos han degradado todos los materiales compuestos de celulosa, hemicelulosa y afines, desapareciendo y dando paso a nuevos grupos de microorganismos mesófilos que terminan de degradar cualquier material sin descomponer y la temperatura disminuye paulatinamente equiparándose a la del medio ambiente.

5. Factores a tomar en cuenta en la preparación del bokashi

Para preparar el abono orgánico bokashi se debe controlar los siguientes factores:

a. La temperatura

Restrepo, J. (1996), manifiesta que la temperatura está en función del incremento de la actividad microbológica del abono, que comienza después de la etapa de la mezcla de todos los ingredientes. Aproximadamente, después de catorce horas de haberlo preparado, el abono debe presentar temperaturas que pueden superar fácilmente los 50 °C, lo que es una buena señal para continuar con las demás etapas del proceso. La actividad microbológica puede ser perjudicada por la falta de oxigenación y el exceso o escasez de humedad.

b. El pH (acidez)

<http://www.colprocah.com/docsPDF/Secciones/ProduccionAbonoOrg.pdf>. (s/a), reporta que en la elaboración de este tipo de abono requiere que el pH oscile entre un 6 y un 7,5, ya que los valores extremos inhiben la actividad microbológica durante el proceso de la degradación de los materiales. Sin embargo, al inicio de la fermentación el pH es bien bajo, pero gradualmente se va auto-corrigiendo con la evolución de la fermentación o maduración del abono.

c. La humedad

http://www.simas.org.ni/_publicacion/Manual%20Practico%20ABC%20Agricultura%20Cap%201%20-%202015-80.pdf. (s/a), indica que la humedad óptima para lograr la máxima eficiencia del proceso de la fermentación del abono, oscila entre el 50% y el 60% (en peso) o sea, los materiales están vinculados a una fase de oxidación. Cuando la humedad es inferior al 35%, se da una descomposición aeróbica muy lenta de los materiales orgánicos que hacen parte del compuesto. Por otro lado, cuando la humedad supera el 60%, la cantidad de poros que están libres de agua son muy pocos, lo que dificulta la oxigenación de la fermentación, resultando un proceso anaeróbico putrefacto, el cual está vinculado a una fase de

reducción de la materia orgánica, que no es lo deseado ni lo ideal para obtener un abono de buena calidad.

d. La aireación

Rodríguez, F. (2000), reporta que la presencia del oxígeno o una buena aireación es necesaria para que no existan limitaciones en el proceso aeróbico de la fermentación del abono. Se calcula que como mínimo debe existir de un 6 al 10% de concentración de oxígeno en los macroporos de la masa. Sin embargo, cuando los microporos se encuentran en estado anaeróbico (sin oxígeno) debido a un exceso de humedad, ello puede perjudicar la aireación del proceso y en consecuencia, se obtiene un producto de mala calidad.

e. El tamaño de las partículas de los ingredientes

Restrepo, J. (1996), sostiene que reducir el tamaño de las partículas de los componentes del abono puede presentar la ventaja de aumentar la superficie para su descomposición microbiológica. Sin embargo, el exceso de partículas muy pequeñas puede llevar fácilmente a una compactación que favorece el desarrollo de un proceso anaeróbico, lo que no es ideal para obtener un buen abono orgánico fermentado. En algunos casos, este fenómeno se corrige mezclando al abono materiales de relleno de partículas mayores, como son pedazos picados de maderas, carbón vegetal grueso, etc. Por otro lado, la forma de preparar el bokashi es variada y se ajusta a las condiciones y a los materiales que cada campesino dispone en su finca o comunidad. Es decir, no existe una única receta o fórmula para hacer los abonos; lo más importante es el entusiasmo y la disponibilidad del tiempo para ser creativo y así intentar superar la crisis que los campesinos heredaron de la agricultura convencional de los venenos y los fertilizantes químicos altamente solubles.

f. Relación carbono-nitrógeno

http://www.simas.org.ni/_publicacion/Manual%20Practico%20ABC%20Agricultura%20Cap%201%20-%202015-80.pdf. (s/a), considera que la relación teórica e ideal

para la fabricación de un buen abono de rápida fermentación se calcula que es de 1 a 25-35. Las relaciones menores pueden traer pérdidas considerables de nitrógeno por volatilización, en cambio una relación mayor alarga el proceso de fermentación.

6. Ingredientes básicos en la preparación del bokashi

Esta composición del bokashi puede variar considerablemente y se ajusta a las condiciones y materiales existentes en la comunidad o que cada productor dispone en su finca; es decir, no existe una fórmula o receta fija para su elaboración. Lo más importante es el entusiasmo, creatividad y la disponibilidad de tiempo por parte del fabricante. Entre los ingredientes que pueden formar parte de la descomposición del abono orgánico fermentado están los siguientes:

a. La gallinaza

Restrepo, J. (1996), considera que es la principal fuente de nitrógeno en la elaboración del bokashi. El aporte consiste en mejorar las características de la fertilidad del suelo con nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro. Dependiendo de su origen, puede aportar otros materiales orgánicos en mayor o menor cantidad. La mejor gallinaza es de crías de gallinas ponedoras bajo techo y con piso cubierto. La gallinaza de pollos de engorde presenta residuos de coccidiostáticos y antibióticos que interfieren en el proceso de fermentación. También pueden sustituirse o incorporarse otros estiércoles: de bovinos, cerdos, caballos y otros, dependiendo de las posibilidades en la comunidad o finca.

b. La cascarilla de arroz

<http://www.colprocah.com/docsPDF/Secciones/ProduccionAbonoOrg.pdf>. (s/a), indica que la cascarilla de arroz mejora la estructura física del abono orgánico, facilitando la aireación, absorción de la humedad y la filtración de nutrientes en el suelo, también favorece el incremento de la actividad macro y microbiológica del abono y de la tierra al mismo tiempo estimula el desarrollo uniforme y abundante

del sistema radical de las plantas. La cascarilla de arroz es una fuente rica en sílice, lo que confiere a los vegetales mayor resistencia contra el ataque de plagas insectos y enfermedades. A largo plazo se convierte en una constante fuente de humus. En la forma de cascarilla carbonizada, aporta principalmente fósforo y potasio, y al mismo tiempo ayuda a corregir la acidez de los suelos. La cascarilla de arroz puede alcanzar en muchos casos, hasta una tercera parte del total de los componentes de los abonos orgánicos. En caso de no estar disponible, puede ser sustituido por cascarilla de café, paja, abonos verdes, residuos de cosechas de granos básicos u hortalizas.

c. Afrecho de arroz o semolina

http://www.simas.org.ni/_publicacion/Manual%20Practico%20ABC%20Agricultura%20Cap%201%20-%2015-80.pdf. (s/a), considera que estas sustancias favorecen en alto grado la fermentación del abono y que es incrementada por el contenido de calorías que proporcionan a los microorganismos y por la presencia de vitaminas en el afrecho de arroz. El afrecho aporta nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio. En caso de no disponer el afrecho de arroz, puede ser sustituido por concentrado para cerdos de engorde.

d. El carbón

Según <http://em.iespana.es/manuales/apnan/apnan.html> - 82k -. (s/a), el carbón mejora las características físicas del suelo en cuanto a aireación, absorción de humedad y calor. Su alto grado de porosidad beneficia la actividad macro y microbiológica del abono y de la tierra; al mismo tiempo funciona como esponja con la capacidad de retener, filtrar y liberar gradualmente nutrientes útiles de la planta, disminuyendo la pérdida y lavado de los mismos en el suelo.

Se recomienda que las partículas o pedazos del carbón sean uniformes de 1 a 2 cm. de diámetro y largo respectivamente. Cuando se usa el bokashi para la elaboración de almácigos, el carbón debe ser semi pulverizado para permitir el llenado de las bandejas y un buen desarrollo de las raíces.

e. Melaza de caña

Rodríguez, F. (2000), indica que la melaza es la mayor fuente de energía de los microorganismos que participan en la fermentación del abono orgánico, favoreciendo la actividad microbiológica. La melaza es rica en potasio, calcio, magnesio y contiene micronutrientes principalmente boro.

f. Suelo

Shintani, M. (2000), hace notar que el suelo es componente que nunca debe faltar en la formulación de un abono orgánico fermentado. En algunos casos puede ocupar hasta la tercera parte del volumen total del abono. Es el medio para iniciar el desarrollo de la actividad microbiológica del abono, también tiene la función de dar una mayor homogeneidad física al abono y distribuir su humedad.

Otra función del suelo es servir de esponja, por tener la capacidad de retener, filtrar y liberar gradualmente los nutrientes a las plantas de acuerdo a sus necesidades. El suelo dependiendo de su origen puede variar en el tamaño de partículas, composición química de nutrientes e inoculación de microorganismos. Las partículas grandes del suelo como piedras terrones y pedazos de palo deben ser eliminados. El suelo debe obtenerse a una profundidad no mayor de 30 cm., en las orillas de las labranzas y calles internas.

g. Cal agrícola

http://mayacert.com/boletines/Econotas_dic07.pdf. (s/a), sostiene que la función principal de la cal es regular el nivel de acidez durante todo el proceso de fermentación, cuando se elabora el abono orgánico. Dependiendo del origen, puede contribuir con otros minerales útiles de la planta la cual puede ser aplicada al tercer día después de haber iniciado la fermentación.

h. Desechos vegetales

Rodríguez, F. (2000), reporta que los desechos vegetales constituyen una fuente rica de nutrientes y alimento de los microorganismos. Son diversas las fuentes

que se podrían emplear como materia prima entre ellas están: rastrojos de cultivos hortícola (repollo, zanahoria, lechuga).

i. Levadura

<http://www.colprocah.com/docsPDF/Secciones/ProduccionAbonoOrg.pdf>. (s/a), manifiesta que la levadura constituye la principal fuente de inoculación microbiológica, para la fabricación de abonos orgánicos, además produce sustancias bioactivas tales como hormonas y enzimas que promueven la división celular y la división de las raíces.

j. Yogurt

Rodríguez, F. (2000), reporta que el yogurt es un producto lácteo fermentado, semilíquido que ayuda en la fermentación del bokashi por poseer cultivos de dos bacterias, *Lactobacillus acidophilus* y *Streptococcus thermophilus*.

k. Suero o ácido láctico

http://www.simas.org.ni/_publicacion/Manual%20Practico%20ABC%20Agricultura%20Cap%201%20-%2015-80.pdf. (s/a), sostiene que el suero es un derivado de la leche, es un fuerte esterilizante y supresor de microorganismos nocivos. Además posee propiedades hormonales y fungistáticas, es buen descomponedor de materia orgánica.

l. Agua

http://www.simas.org.ni/_publicacion/Manual%20Practico%20ABC%20Agricultura%20Cap%201%20-%2015-80.pdf. (s/a), considera que el efecto del agua es crear, las condiciones favorables para el desarrollo de la actividad y reproducción microbiológica durante el proceso de la fermentación.

También tiene la propiedad de homogeneizar la humedad de todos los ingredientes que componen el abono. Tanto el exceso como la falta de humedad

son perjudiciales para la obtención de un buen abono orgánico fermentado. La humedad ideal, se logra gradualmente agregando cuidadosamente el agua a la mezcla de los ingredientes. La forma más práctica para probar el contenido de humedad, es a través de la prueba del puño, la cual consiste en tomar con la mano una cantidad de mezcla y apretarla, no deberán salir gotas de agua de entre los dedos pero se deberá formar un terrón quebradizo en la mano. Cuando tenga un exceso de humedad, lo más recomendable es aumentar la cantidad de cascarilla de arroz o cascarilla de café a la mezcla, cuadro 1; cuadro 2.

Cuadro 1. INGREDIENTES USADOS PARA PREPARAR 50 KG. DE ABONO ORGÁNICO FERMENTADO (BOKASHI).

Ingrediente	Unidad	Cantidad
Gallinaza	Kg	13.64
Cascarilla de arroz	Kg	13.64
Tierra de bosque	Kg	13.64
Carbón molido	Kg	3.40
Abono orgánico	Kg	1.14
Cal o ceniza vegetal	Kg	0.45
Melaza	Lts	4
Levadura o EM	Kg	0.23
Agua	Lts	30

Fuente: Chavarrea, F. (2008).

Cuadro 2. CONTENIDO DE MACRO Y MICRONUTRIENTES DEL BOKASHI Y DEL ESTIERCOL BOVINO.

ABONO	N	K	Ca	Mg	P	Fe	Cu	Zn	Mn
%				ppm.....			
Bokashi	1.2	2.9	1.2	0.6	0.3	7828	39	94	595
Estiércol	1.3	0.6	1.5	0.4	0.3	6140	31	66	772

Fuente: Cedeño, J y Soto, F. (1996).

B. ACELERADOR DE LA DESCOMPOSICIÓN DE LOS DESECHOS ORGÁNICOS (MICROORGANISMOS EFICACES)

1. Generalidades

El concepto de Microorganismos Eficaces (EM) fue desarrollado por el Profesor Teruo Higa (1991), Universidad de Ryukyus, Okinawa, Japón. EM son una cultura mixta de microorganismos benéficos (fundamentalmente bacterias fotosintéticas y productoras de ácido láctico, levaduras, actinomicetes y hongos fermentadores) que pueden aplicarse como inoculante para incrementar la diversidad microbiana de los suelos. Esto a su vez aumenta la calidad y la salud de los suelos, lo que a su vez aumenta el crecimiento, la calidad y el rendimiento de los cultivos.

El EM no es un pesticida, y aunque no está compuesto por químicos puede ser utilizada como tal, el EM es un inoculante microbiano que funciona como un controlador biológico para la supresión y/o el control de plagas a través de la introducción de microorganismos benéficos al medio ambiente de las plantas. Así, plagas y patógenos se suprimen o controlan mediante procesos naturales debido al incremento de las actividades de competitividad y antagonismo de los microorganismos contenidos en los inoculantes EM.

2. Efectos del EM

Según <http://em.iespana.es/manuales/apnan/apnan.html> - 82k -. (s/a), Los siguientes son algunos de los efectos benéficos de la aplicación del EM:

- Promueve la germinación, la floración, el desarrollo de los frutos y la reproducción de las plantas.
- Mejora física, química y biológicamente el ambiente de los suelos, y suprime los patógenos y plagas que promueven enfermedades.
- Aumenta la capacidad fotosintética de los cultivos.
- Asegura una mejor germinación y desarrollo de las plantas.
- Incrementa la eficacia de la materia orgánica como fertilizante.

Como consecuencia de estos efectos beneficiosos del EM, se incrementa el rendimiento y la calidad de los cultivos.

3. Principales microorganismos en el EM y su acción en los suelos

a. Bacteria Fotosintética (bacteria Fototrófica)

Según http://www.proexant.org.ec/Abonos_Org%C3%A1nicos.html. (s/a), explica que estas bacterias son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico y el bióxido de carbono en moléculas orgánicas tales como aminoácidos y carbohidratos, también sintetizan sustancias biactivas. Llevan a cabo una fotosíntesis incompleta, lo cual hace que la planta genere nutrimentos, carbohidratos, aminoácidos, sin necesidad de la luz solar, eso permite que la planta potencialice sus procesos completos las 24 horas del día.

b. Bacterias ácido lácticas

<http://em.iespana.es/manuales/apnan/apnan.html> - 82k -. (s/a), señala que las bacterias ácido lácticas producen ácidos a partir de azúcares y otros carbohidratos provenientes de las bacterias fotosintéticas y las levaduras. Esta es la razón por la que ciertas comidas o bebidas, tales como el yogurt o los pickles se fabrican utilizando éstas bacterias lácticas desde hace un largo tiempo. El ácido láctico es un potente esterilizador. Como tal, combate los microorganismos perjudiciales y acelera la descomposición de las materias orgánicas. Por otra parte las bacterias ácido lácticas facilitan la fermentación de materiales tales como la celulosa y los troncos evitando así causar perjuicios similares a los que se originan cuando estos materiales entran en descomposición.

La bacteria ácido láctica tiene la habilidad de suprimir la propagación del *fusarium* (microorganismo patógeno que produce problemas de enfermedades en los cultivos). Generalmente el incremento en las poblaciones de *fusarium* debilita las plantas. A su vez esta condición de debilidad produce el incremento en las poblaciones de nematodos. La presencia de éstos nematodos, a medida que las bacterias ácido lácticas actúan suprimiendo los *fusarium*, disminuye

progresivamente hasta desaparecer.

c. Levaduras

Según http://www.proexant.org.ec/Abonos_Org%C3%A1nicos.html. (s/a), reporta que las levaduras degradan proteínas complejas y carbohidratos. Producen sustancias bioactivas (vitaminas, hormonas, enzimas) que pueden estimular el crecimiento y actividad de otras especies de EM, así como de plantas superiores.

d. Actinomicetes

http://www.proexant.org.ec/Abonos_Org%C3%A1nicos.html. (s/a), indica que los actinomicetes funcionan como antagonista de muchas bacterias y hongos patógenos de las plantas debido a que producen antibióticos (efectos biostáticos y biocidas). Benefician el crecimiento y actividad del azotobacter y de las micorrizas.

e. Hongos de fermentación

Higa, T. (1991), manifiesta que los hongos de fermentación como el *Aspergillus* y el *Penicilina* actúan descomponiendo rápidamente la materia orgánica para producir alcohol, esteres y sustancias antimicrobianas. Esto es lo que produce la desodorización y previene la aparición de insectos perjudiciales y gusanos.

4. Preparación del abono orgánico bokashi utilizando microorganismos eficaces (EM)

Hay varios tipos de bokashi, dependiendo del tipo de materia orgánica utilizada.

a. Pasos para la preparación del bokashi

Según la pagina <http://em.iespana.es/manuales/apnan/apnan.html> - 82k -. (s/a), se debe proceder de la siguiente manera para elaborar el bokashi.

- Mezcle bien primero todos los elementos sólidos.
- Disuelva la melaza en agua (1:100). Utilice preferentemente agua caliente para facilitar la mezcla.
- Agregue EM a la solución diluida del agua y la melaza.
- Agregar la mezcla anterior a la materia orgánica, mezclando bien. Realizar el agregado del líquido gradualmente, revolviendo bien verificando la humedad de la mezcla. No deberá haber drenaje de líquido. El contenido de líquido de la mezcla debe ser del orden del 30 al 40%.
- La humedad puede verificarse tomando un puñado del material y apretándolo con la mano. Al abrir la mano éste debe quedar formando un solo puñado, el cual debe deshacerse presionándolo un poco con el dedo índice.
- Coloque la mezcla sobre un piso firme (preferentemente de cemento), y tápela con un saco de yute, una cortina de paja o algún elemento similar. Evite la exposición del material a la lluvia.
- Bajo la condición aeróbica, el bokashi producido con EM fermenta rápidamente. Así, la temperatura se incrementa en cuestión de horas, y el bokashi necesitara atención constante y permanente. En condiciones ideales, la temperatura deberá ser mantenida entre los 35 y 45 °C. Por eso, es necesario verificarla regularmente utilizando un termómetro común. Si la temperatura alcanzara los 50° C, mezcle bien la pila de bokashi con el propósito de airearla. Si aún así no lograra bajar la temperatura, intente hacer la pila más pequeña para reducir el peso y la aislación térmica.
- El período que deberá transcurrir para que se produzca la fermentación será en clima templado 3 a 4 días en verano, 7 a 8 días en invierno, mientras que en clima cálido será de más 3 a 4 días.
- El bokashi aeróbico estará listo para ser utilizado cuando presente un olor dulzón fermentado, y puedan observarse formaciones de moho de color blanco. Si presentara un olor rancio o agrio y a materia descompuesta, el mismo se habrá malogrado y podremos agregarlo a los otros materiales cuando preparemos nuevamente bokashi aeróbico.
- Preferentemente, deberemos utilizar el bokashi aeróbico una vez preparado. Si se requiriera almacenarlo, deberá esparcírsele sobre una superficie de

concreto y dejarlo secar bien a la sombra, para luego guardarlo en bolsas plásticas.

- La eficacia del bokashi aeróbico preparado a una temperatura superior a los 50 °C es un 50% menor que la del preparado dentro del rango de temperaturas indicadas anteriormente. Esto se debe a la pérdida de energía en forma de calor a altas temperaturas, y a la producción de ácido butírico y otras sustancias putrefactivas. Por eso debe prestarse mucha atención al control de la temperatura durante el proceso. Si no pudiera dedicarle atención de tiempo completo a la fabricación del bokashi deberá optarse por el método anaeróbico en lugar del aeróbico, cuadro 3.

Cuadro 3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL BOKASHI.

ELEMENTO	CANTIDAD	UNIDAD
N	0.93 – 1.20	%
P	0.44 – 0.70	%
K	0.47 – 0.51	%
Ca	2.00 – 2.58	%
Mg	0.20 – 0.21	%
Fe	2300 – 4300	Ppm
Mn	495 – 530	Ppm
Zn	60 – 205	Ppm
Cu	19 – 33	Ppm
B	8 – 14	Ppm

Fuente: Cedeño, J y Godoy, N. (2002).

5. Propiedades físicas, químicas y microbiológicas del bokashi

Según http://suelosbananeros.catie.ac.cr/docs/enmiendas/hoja_divulgativa.pdf – (s/a), la influencia de estas propiedades sobre el suelo y las plantas son:

a. **Propiedades físicas**

Por el color oscuro del abono 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. Crea más permeabilidad del suelo por influir en el drenaje y aireación de éste. Disminuye la erosión. Aumentan la retención de agua absorbiendo más agua cuando llueve, beneficiando las épocas de sequía.

b. Propiedades químicas

Las características químicas, aumentan el poder tampón del suelo, y en consecuencia reducen las oscilaciones de pH de éste. Mejoran la capacidad de Intercambio Catiónico del suelo, con lo que aumenta la fertilidad. Libera nutrientes lentamente a lo largo del tiempo.

c. Propiedades microbiológicas

Las características biológicas, favorece la aireación y oxigenación del suelo, ganando mayor actividad radicular y mayor actividad de los microorganismos aerobios. Constituyen una fuente de energía para los microorganismos, por lo que se multiplican rápidamente.

C. OTRAS INVESTIGACIONES REALIZADAS EN BOKASHI

<http://orton.catie.ac.cr>. (2005), citado por Cerrato. M, hace referencia al contenido de nitrógeno de 2.5%, de fosforo 0.8%, de potasio 1.2%, una relación carbono nitrógeno de 15 al elaborar bokashi en diferentes fincas del trópico húmedo de Costa Rica.

<http://www.cafedehonduras.org>. (2004), referido por Fúnez. R, Trejo. A, Pineda. A, al elaborar bokashi encontraron que el pH era de 7.6 y el contenido de materia orgánica del 22.3%, el contenido de nitrógeno de 1.12%, al realizar un manejo integrado para el sostenimiento de la fertilidad de los suelos y la nutrición de las plantas.

Vásquez, D. (2008), al producir y evaluar cuatro tipos de bioabonos entre estos el bokashi encontró los siguientes parámetros: carga de mesófilos totales ufc/g de 633 333, hongos y levaduras ufc/g de 32 000, un pH de 8.23, materia orgánica de 79.33, un contenido de nitrógeno de 2.83%, un contenido de fósforo de 0.26%, un contenido de potasio de 1.30%, una relación carbono nitrógeno de 16.26.

Rodríguez, F. (2000), al realizar un abono orgánico fermentado tipo bokashi obtiene lo siguiente: Un tiempo máximo de elaboración de 24 días, un % de humedad ideal de 50 a 60%.

<http://usi.earth.ac.cr/tierratropical>. (2006), citado por Cerrato. M, Lablanc. W, Cruz. W. Genao. A, al medir el tiempo de elaboración de bokashis elaborados en fincas de la Universidad de Herat, encontraron lo siguiente: Que los bokashis elaborados en Fincas Comerciales tenían un menor tiempo de estabilización de alrededor de 18 a 24 días, en cambio los bokashis elaborados en Fincas Pecuarias Integradas tiene un tiempo de estabilización de 45 a 48 días.

Arias, C. (2007), al estudiar dos grupos de microorganismos como agentes aceleradores de descomposición de los desechos sólidos orgánicos, reporta lo siguiente: Aeróbicos totales (ufc/g) 5.5×10^4 , Anaeróbicos totales (ufc/g) 2×10^5 , Hongos (ufc/g) < 10 , Levaduras 3.2×10^3 , Actinomicetes (ufc/g) < 10 . Un pH de 6.67, una temperatura interna del sustrato de 36.58°C , un contenido de nitrógeno de 0.12%.

Fundación MCCH. Fertilización orgánica en su sección elaboración de bokashi determina un tiempo de elaboración de 30 días.

www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/.../CAPITULOS.doc. (s/a), al elaborar bokashi para fertilizar el banano determino algunos parámetros: Temperatura interna promedio del sustrato de 35.8°C utilizando EM (Microorganismos eficaces), un % de humedad promedio de 55.25, un pH promedio de 6.55, un contenido de nitrógeno de 0.8, fosforo 2.0% y potasio 1%, a demás un tiempo de elaboración de 28 días.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

La presente investigación se realizó en el programa de Lombricultura y Abonos Orgánicos de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, ubicada en el Km 1 1/2 Panamericana Sur de la ciudad de Riobamba. El ensayo tuvo una duración de 120 días distribuidos de la siguiente manera: 90 días para elaboración del bokashi y 30 días para la realización de los análisis de laboratorio.

Las condiciones meteorológicas que existen en el medio son las que se indican en el cuadro 4.

Cuadro 4. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE LA ESPOCH.

Parámetro	Promedio
Temperatura °C	13.8
Altitud m.s.n.m.	2838
Latitud	1°38'25.4" S
Longitud	78°40'47.8" W
Humedad Relativa %	48.8
Precipitación mm/año	43.2
Heliofania horas/luz	162.1
Viento m/s	2.5 N/E

Fuente: Estación meteorológica de la ESPOCH. (2008).

B. UNIDADES EXPERIMENTALES

La presente investigación estuvo compuesta en su totalidad por 12 unidades experimentales correspondientes a 50 kg de bokashi por unidad experimental, distribuidas de la siguiente manera:

Tratamientos: 3 tipos de medios de cultivos bacterianos T2 (levadura 0.5 lbs. + melaza 4 lts.), T3 (levadura 0.5 lbs. + yogurt 4 lts.), T4 (levadura 0.5 lbs. + leche 4 lts.), frente a un medio de cultivo control T1 (levadura 0 + cultivo 0).

Repeticiones (3).

C. MATERIALES EQUIPOS E INSTALACIONES

En la presente investigación se utilizó el siguiente equipo:

1. Materiales

- Lampa
- Azadón
- Gallinaza
- Cascarilla de arroz
- Tierra de bosque
- Abono fresco de bovino
- Carbón molido
- Cal
- Yogurt
- Melaza
- Leche
- Levadura
- Papel tornasol
- Agua
- Libreta de campo

2. Equipos

- Balanza
- Termómetro
- Cámara fotográfica

3. Instalaciones

- Invernadero de 3m x 4m

D. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Los tratamientos experimentales estuvieron conformados por 3 medios de cultivos bacterianos (melaza 4 lts. + levadura 0.5 lbs., yogurt 4 lts. + levadura 0.5 lbs., leche 4 lts. + levadura 0.5 lbs.), más un tratamiento referencial de control, es decir correspondiente al nivel cero medio de cultivo. Se utilizó un diseño Completamente al Azar, con 4 tratamientos y 3 repeticiones; con un tamaño de la unidad experimental (TUE) de 50 Kg. Este diseño se ajusta al siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor del parámetro en determinación

μ = Media general

T_i = Efecto de los tratamientos

ϵ_{ij} = Efecto del error experimental

a. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO

El esquema del experimento es el que se presenta en el cuadro 5.

Cuadro 5. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO.

TRATAM.	Código	Repeticiones	T.U.E	Nº Kg.
T1 Testigo	Levadura 0 + cultivo 0	3	50	150
T2	Levadura 0.5 lbs. + melaza 4 lts.	3	50	150
T3	Levadura 0.5 lbs. + yogurt 4 lts.	3	50	150
T4	Levadura 0.5 lbs. + leche 4 lts.	3	50	150
Total Kg.				600

Fuente: Chavarrea, F. (2008).

T.U.E: Tamaño de la unidad experimental, 50 Kg. por tratamiento.

E. MEDICIONES EXPERIMENTALES

- Carga microbiana
- Tiempo de elaboración del bokashi
- Calidad del bokashi con respecto a nutrientes
- Temperaturas internas y externas del sustrato en el proceso de elaboración del bokashi (8:00, 12:00 y 16:00)
- pH del sustrato
- % de humedad
- Tiempo de estabilización del proceso de fermentación
- Evaluación económica de beneficio/costo

F. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y PRUEBA DE SIGNIFICANCIA

Los resultados que se obtuvieron fueron sometidos a los siguientes análisis estadísticos:

- Análisis de varianza (ADEVA).
- Comparación ortogonal.
- Separación de medias según Duncan, a un nivel de significancia $p < 0,05$ $p < 0,01$.
- Análisis de regresión y correlación.

A continuación se da a conocer el esquema utilizado para el análisis de varianza en esta investigación, cuadro 6.

Cuadro 6. ESQUEMA DEL ADEVA.

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD
Total	11
Tratamientos	3
T1 Vs T2 T3 T4	1
T2 Vs T3 T4	1
T3 Vs T4	1
Error	8

Fuente: Chavarrea, F. (2008).

G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.

1. Descripción del experimento

- En primer lugar se construyó un invernadero el mismo que protegerá el abono contra el viento y la lluvia, en el piso se colocó plástico para facilitar la mezcla de los ingredientes y reducir pérdidas de nutrientes por filtración.
- Se disolvió en agua fría la levadura con melaza, yogurt, leche y se lo dejó reposar por unos tres minutos, para posteriormente ir colocando uniformemente mientras se va mezclando los materiales.
- Se colocó los materiales por capas hasta una altura máxima de 50 cm, teniendo en cuenta que los materiales voluminosos como cascarilla de arroz, tierra de bosque, gallinaza deben ir en la base ya que retienen de mejor manera la humedad siendo más fácil su posterior mezcla con el estiércol bovino, carbón, cal, etc.
- Se comprobó que la humedad sea la ideal (50 o 60% del volumen total a elaborar) por medio de la prueba del puño, cogiendo un poco de la masa y apretándola, la mano debe quedar húmeda y la masa quebradiza. Si existe mucha humedad se debe colocar más cascarilla de arroz.
- Se volteó las rumas dos o tres veces para homogenizar completamente las

materias primas y la humedad, se tapa con plástico o costales de yute y se lo deja reposar.

- Se controla la temperatura diariamente dando tres volteos de las rumas los cinco primeros días para disminuir la temperatura del sustrato, a partir del sexto hasta el quinceavo día dos volteos y del dieciséis día hasta el final un solo volteo.
- Se monitorea periódicamente la humedad del sustrato si está reseco se incorpora agua hasta que su humedad sea la ideal.
- Se cosecha el bokashi entre los 20 o 25 días, cuando su temperatura se haya estabilizado por tres días y su olor sea a tierra.
- El bokashi se someterá a diferentes análisis de laboratorio principalmente para identificar la cantidad de microorganismos presentes en el mismo, calidad del bokashi respecto a micro y macro nutrientes, etc.

H. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

a. Carga microbiana (ufc/g)

Para obtener la carga microbiana se sometió una muestra representativa de cada tratamiento (1kg) a un análisis de laboratorio en el departamento de microbiología de la Escuela de Agronomía, el mismo que nos reportó la cantidad de microorganismos benéficos presentes por tratamiento y que fueron registrados en una tabla de resultados para una posterior evaluación.

b. Tiempo de elaboración del bokashi (días)

Para calcular el tiempo de elaboración del bokashi se tuvo que ir registrando en la libreta de campo los días que transcurrieron desde la mezcla de los ingredientes hasta el día en que se cosecha dicho abono.

c. Calidad del bokashi con respecto a nutrientes (%)

Para determinar los macro y micronutrientes presentes en el bokashi se sometió una muestra representativa de cada unidad experimental a un análisis de laboratorio en el departamento de suelos y drenajes de la Escuela de Agronomía, registrándose los datos en una tabla para su posterior evaluación.

d. Temperaturas internas y externas en el proceso de elaboración del bokashi (°C)

Se registraron las variaciones de temperatura tanto interna como externa del sustrato (8:00, 12:00 y 16:00), mediante el uso de un termómetro, con la finalidad de mantener la temperatura dentro de los rangos normales durante todo el proceso de fermentación del mismo.

e. pH del sustrato

Se registraron cada tres días los cambios de tonalidad del sustrato mediante el uso de papel tornasol, el mismo que se evaluó para establecer si los microorganismos se multiplican de mejor manera en un ambiente ácido o básico.

f. % de humedad

El % de humedad ideal del sustrato los primeros días se evaluó utilizando una técnica sencilla de campo denominada prueba del puño, la cual consiste en tomar con la mano una cantidad de la mezcla y apretarla, de la cual no deberán salir gotas de agua entre los dedos y se deberá formar un terrón quebradizo en la mano. Los días posteriores únicamente se fue incorporando agua de acuerdo a la resequead del sustrato.

g. Tiempo de estabilización del proceso de fermentación (días)

Para determinar este parámetro debemos registrar el número de días transcurridos desde la preparación del bokashi hasta cuando la temperatura ha

permanecido estable por lo menos dos días.

h. Evaluación económica de beneficio/costo (USD)

Cada unidad experimental fue sometida a un análisis económico de beneficio/costo para determinar que tratamiento es el mejor.

El beneficio/costo se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$B/C = \frac{\text{Beneficio USD}}{C.T}$$

Donde:

B/C= Beneficio costo

Beneficio= Ingresos totales – Costos totales

C.T= Costos totales (Todos los gastos realizados en la elaboración del bokashi).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. RESPUESTA A LA EVALUACIÓN DE DIFERENTES TIPOS DE MEDIOS DE CULTIVOS BACTERIANOS (MICROORGANISMOS BENÉFICOS) EN LA ELABORACIÓN DEL ABONO ORGÁNICO FERMENTADO BOKASHI.

1. Carga microbiana (ufc/g)

Al evaluar la variable carga microbiana (bacterias) por gramo de suelo seco (ufc/g) por efecto de la utilización de diferentes medios de cultivos bacterianos, se encontró que el tratamiento T2 (Levadura 0.5 lbs. + melaza 4 lts.) fue superior con 1.84×10^{10} , el tratamiento referencial T1 (levadura 0 + cultivo 0) es inferior con 1.8×10^7 , mientras que el tratamiento T3 (levadura 0.5 lbs. + yogurt 4 lts.) con 1.62×10^{10} y el tratamiento T4 (levadura 0.5 lbs. + leche 4 lts.) con 1.20×10^{10} se muestran similares, ver cuadro 7.

El número de unidades formadoras de colonias por gramo de suelo seco (ufc/g) reportadas por Arias, C. (2007), y Vásquez, D. (2008), de 550 000 y 633 333 (ufc/g) respectivamente son tremendamente bajos, comparados con los 18 400 millones (ufc/g) identificados; lo que ratifica que la utilización de medios de cultivos bacterianos incrementan la población de microorganismos benéficos en el bokashi. Esta diferencia extraordinaria se debe según <http://www.colprocah.com/docsPDF/Secciones/ProduccionAbonoOrg.pdf>. (s/a) y <http://www.simas.org.ni/publicación/Manual%20Practico%20ABC%20Agricultura%20Cap%201%20-%2015-80.pdf>. (s/a), a que se inoculo microorganismos a través de la tierra de bosque, levadura y leche; los mismos que bajo condiciones ideales de temperatura humedad y pH fueron capaces de colonizar rápidamente el sustrato y multiplicarse admirablemente.

La mayor población de actinomicetes por gramo de suelo corresponde al T4 (levadura 0.5 lbs. + leche 4 lts.) con 5.06×10^8 , el tratamiento con menor población fue el T2 (levadura 0.5 lbs. + melaza 4 lts.) con 1.61×10^8 . Los tratamientos T1 (levadura 0 + cultivo 0) y T3 (levadura 0.5 lbs. + yogurt 4lts.) con 3.95×10^8 y 3.70×10^8 respectivamente presentan pequeñas diferencias

Cuadro 7. RESPUESTA A LA EVALUACIÓN DE DIFERENTES TIPOS DE MEDIOS DE CULTIVOS BACTERIANOS (MICROORGANISMOS BENÉFICOS) EN LA ELABORACIÓN DEL ABONO ORGÁNICO FERMENTADO BOKASHI.

Variables	MEDIOS DE CULTIVOS BACTERIANOS								
	T1		T2		T3		T4	Prob	
Carga microbiana bacterias (ufc/g)	1.8x10 ⁷		1.84x10 ¹⁰		1.62x10 ¹⁰		1.20x10 ¹⁰		
Carga microbiana actinomicetes (ufc/g)	3.95x10 ⁸		1.61x10 ⁸		3.70x10 ⁸		5.06x10 ⁸		
Carga microbiana hongos (g/g)	1.94x10 ⁻³		1.60x10 ⁻³		2.31x10 ⁻³		3.70x10 ⁻⁴		
Carga microbiana nematodos (50g)	9		6		4		5		
Tiempo de elaboración (días)	23.33	a	21.33	a	22.67	a	22.00	A	0.613
Calidad del bokashi N (%)	0.89	c	1.08	b	1.17	ab	1.22	A	0.0007
Calidad del bokashi P ₂ O ₅ (%)	0.77	b	0.83	b	1.17	a	1.29	A	0.0000
Calidad del bokashi K ₂ O (%)	1.67	b	1.76	b	2.03	a	2.10	A	0.0019
Temperatura externa (°C)	30.62	b	33.63	a	33.55	a	33.62	A	0.004
Temperatura interna (°C)	33.42	b	36.83	a	36.67	a	37.06	A	0.0453
pH	7.06	a	6.90	a	7.01	a	6.95	A	0.417
% de humedad	50.15		46.35		46.88		50.34		
Tiempo de estabilización (días)	21.33	a	19.33	a	20.67	a	20.67	A	0.555

Fuente: Chavarrea, F. (2009).

Letras iguales no difieren significativamente según Duncan al 5%.

Prob: Probabilidad calculada.

** : Diferencias altamente significativas (P < 0.01).

* : Diferencia significativa (P < 0.05).

Tratamientos: T1 referencial (Levadura 0 + cultivo 0), T2 (levadura 0.5 lbs. + melaza 4 lts.), T3 (levadura 0.5 lbs. + yogurt 4lts.), T4 (levadura 0.5 lbs. + leche 4 lts.).

numéricas. <http://www.fundases.com/p/pub-compostaje01.html>. (s/a), reporta que temperaturas superiores a 55°C, estimulan la proliferación de actinomicetes, los mismos que se encargan de la descomposición de celulosa y hemicelulosa, de los ingredientes del bokashi.

En lo que se refiere a la masa de hongos por gramo de suelo se puede notar que el mejor tratamiento fue el T3 (levadura 0.5 lbs. + yogurt 4 lts.) con 2.31×10^{-3} , mientras que el tratamiento que registro la menor masa de hongos corresponde al tratamiento T4 (levadura 0.5 lbs. + leche 4 lts.) con 3.70×10^{-4} , el tratamiento T1 (levadura 0 + cultivo 0) con 1.94×10^{-3} y el T2 (levadura 0.5 lbs. + melaza 4 lts.) con 1.60×10^{-3} solo demuestran pequeñas diferencias numéricas. El contenido de hongos y levaduras por gramo de suelo seco (ufc/g) reportado por Arias, C. (2007), y Vásquez, D. (2008), de 3.200 y 32.000 respectivamente son muy altos a los encontrados en esta investigación (0.00231), lo cual no concuerda con Rodríguez, F. (2000), quien indica que las levaduras y el yogurt son buenas fuentes microbianas, especialmente de hongos que contribuyen a la fermentación y descomposición de la materia orgánica.

La mayor población de nematodos por cada 50g de suelo se reporta en el tratamiento referencial T1 (levadura 0 + cultivo 0) con 9 y la menor población de nematodos en el tratamiento T3 (levadura 0.5 lbs. + yogurt 4 lts.) con 4; los tratamientos T2 (levadura 0.5 lbs. + melaza 4 lts.) y T4 (levadura 0.5 lbs. + leche 4 lts.) con 6 y 5 nematodos respectivamente, no difieren notablemente. La mayor población de nematodos del tratamiento referencial T1, se debe a que en este tratamiento la temperatura interna fue inferior a 55°C, lo que concuerda con Shintani, M. (2000), quien manifiesta que temperaturas superiores a 55°C resultan contraproducentes para el normal desarrollo de gusanos especialmente los nematodos.

2. Tiempo de elaboración del bokashi (días)

El tiempo de elaboración del bokashi no presento diferencias estadísticas ($P \geq 0.05$), entre las medias por efecto de la utilización de diferentes medios de cultivos bacterianos, únicamente existieron diferencias numéricas, siendo los

tratamientos T1 (levadura 0 + cultivo 0) y T3 (levadura 0.5 lbs. + yogurt 4 lts.) los que presentan mayor tiempo de elaboración con 23.33, 22.67 días respectivamente, mientras que los tratamientos T2 (levadura 0.5 lbs. + melaza 4 lts) y T4 (levadura 0.5 lbs. + leche 4 lts) registran los menores tiempos de elaboración con 21.33 y 22.00 días respectivamente, como se ve en el cuadro 7 y gráfico 1.

Al hacer la comparación ortogonal podemos advertir que no existen diferencias estadísticas ($P \geq 0.05$), entre el tratamiento referencial (T1) y el resto de tratamientos (T2, T3, T4), tampoco si comparamos el tratamiento T2 con T3 y T4 no existe diferencias estadísticas ($P \geq 0.05$), y finalmente al contrastar el tratamiento T3 con T4 no se registran diferencias estadísticas ($P \geq 0.05$).

Los datos descritos por Arias, C. (2007), www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/.../CAPITULOS.doc -. (s/a), Rodríguez, F. (2008), de 30, 28, 24 días respectivamente para elaborar bokashi difieren con los 23 días utilizados al incorporar diferentes medios de cultivos bacterianos. Restrepo, J. (1996), sostiene que reducir el tamaño de las partículas de los ingredientes del abono, presenta la ventaja de aumentar la superficie de descomposición microbiana, lo que favorece el proceso de fermentación, reduciendo el tiempo de elaboración del bokashi.

3. Calidad del bokashi con respecto a nutrientes (%)

a. Calidad del bokashi con respecto a nitrógeno (%)

El contenido de nitrógeno registro diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), entre las medias por efecto de la utilización de diferentes tipos de medios de cultivos bacterianos, siendo el tratamiento T4 (levadura 0.5 lbs. + leche 4 lts.) el que aporta mayor contenido de nitrógeno con 1.22% y el tratamiento referencial T1 (levadura 0 + cultivo 0) el que menor contenido de nitrógeno demuestra con 0.89%, como se observa en el cuadro 7 y gráfico 2.

Al hacer la comparación ortogonal podemos ver que existen diferencias altamente

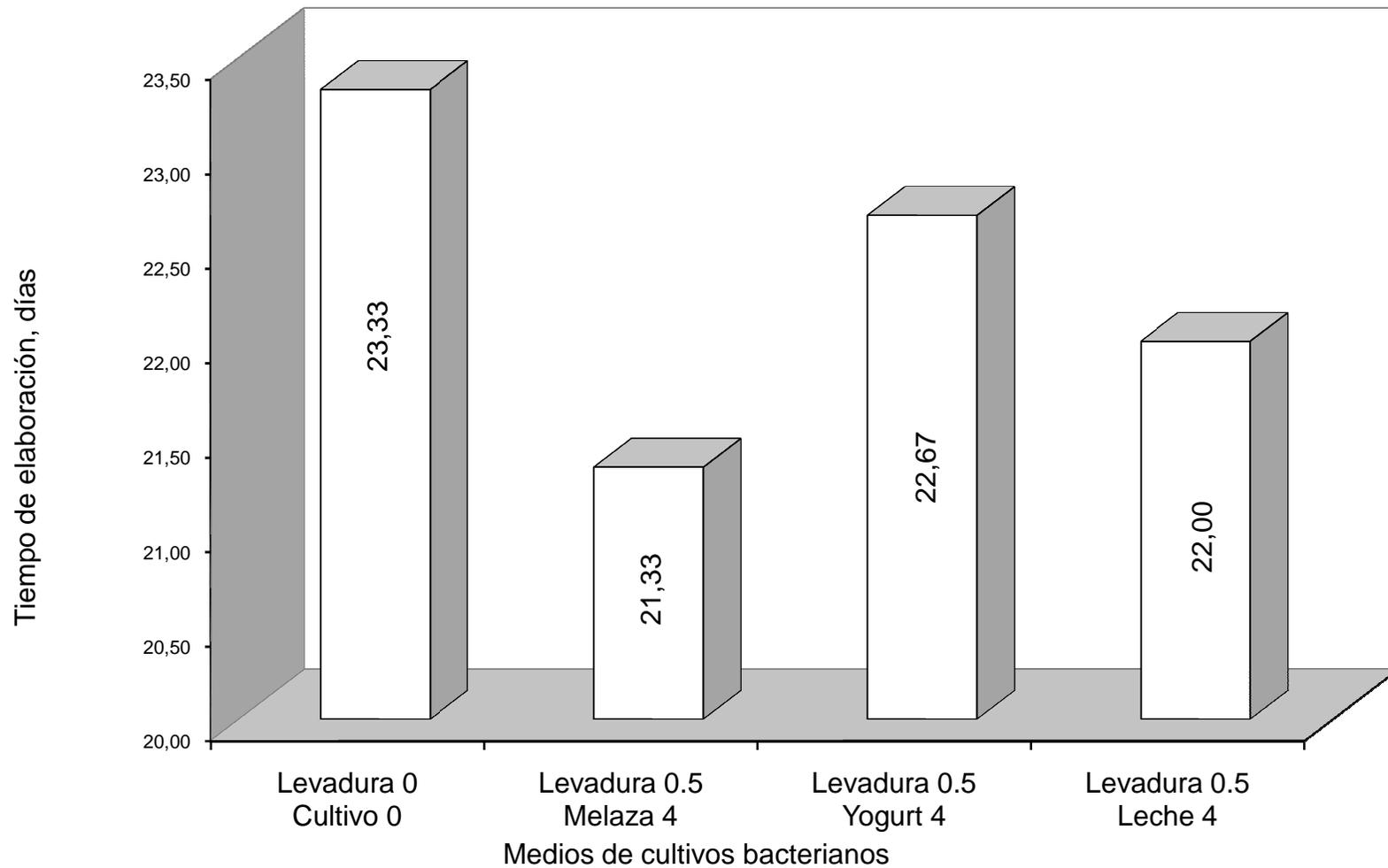


Gráfico 1. Tiempo de elaboración del bokashi (días), utilizando diferentes medios de cultivos bacterianos.

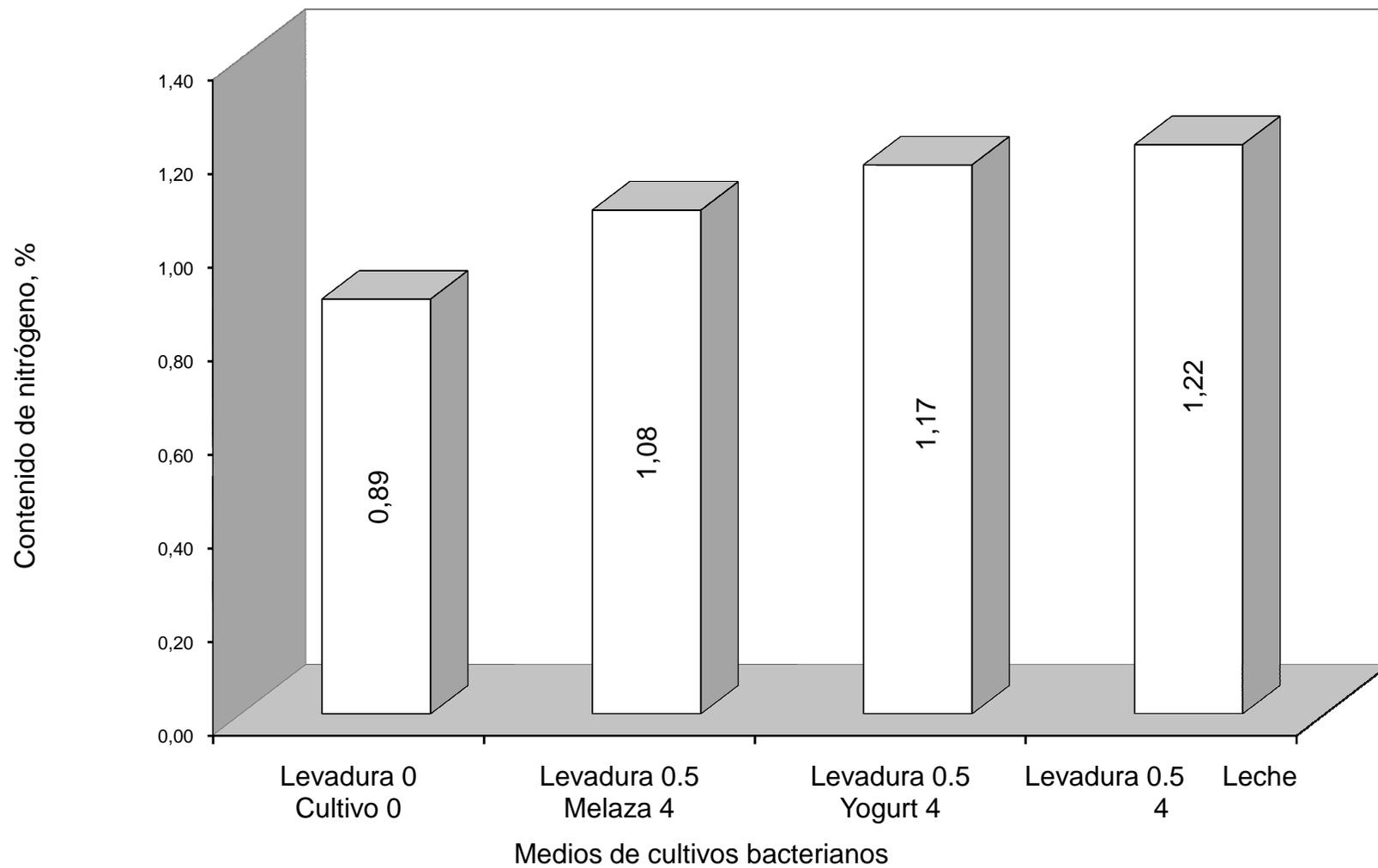


Gráfico 2. Calidad del bokashi con respecto a nitrógeno (%), utilizando diferentes medios de cultivos bacterianos.

significativas ($P \leq 0.01$), entre el tratamiento referencial T1 y los tratamientos T2, T3, T4, al comparar el tratamiento T2 con T3 y T4 obtenemos diferencias significativas ($P \leq 0.05$), y si comparamos el tratamiento T3 con T4 no se registran diferencias estadísticas ($P \geq 0.05$).

Al realizar el análisis de regresión lineal gráfico 3, del contenido de nitrógeno (%) en relación con la temperatura interna de fermentación del bokashi, se estableció una tendencia altamente significativa ($P < 0,006$), que indica que a medida que se incrementa la temperatura interna del sustrato, el contenido de nitrógeno también se debe incrementar en 0,0536 % por cada unidad de cambio de la variable independiente, con un coeficiente de determinación (R^2), de 54.4%.

Al comparar el contenido de nitrógeno de 1.22%, con <http://orton.catie.ac.cr> (2005), citado por Cerrato, M. y Vásquez, D. (2008), de 2.5 y 2.83% respectivamente, se aprecia que es muy bajo. Según la pagina <http://www.simas.org.ni/publicación/Manual%20Practico%20ABC%20Agricultura%20Cap%201%20-%2015-80.pdf>. (s/a), las altas temperaturas de fermentación del bokashi provocan pérdidas de nitrógeno, además se asocia el contenido de este elemento a los ingredientes utilizados en la preparación de este abono.

b. Calidad del bokashi con respecto a fósforo (%)

La calidad del bokashi con respecto a fósforo, presento diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), entre las medias por efecto de la utilización de diferentes medios de cultivos bacterianos, registrándose que el tratamiento T4 (levadura 0.5 lbs. + leche 4 lts.), exhibió el mejor contenido con 1.29% en oposición el tratamiento referencial T1 (levadura 0 + cultivo 0) aporta únicamente 0.77%, ver cuadro 7 y gráfico 4.

Al hacer la comparación ortogonal podemos ver que existen diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), entre el tratamiento referencial T1 y los tratamientos T2, T3, T4; al comparar el tratamiento T2 con T3, T4 de igual manera obtenemos diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), y si contrastamos el tratamiento T3 con T4 no se registran diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

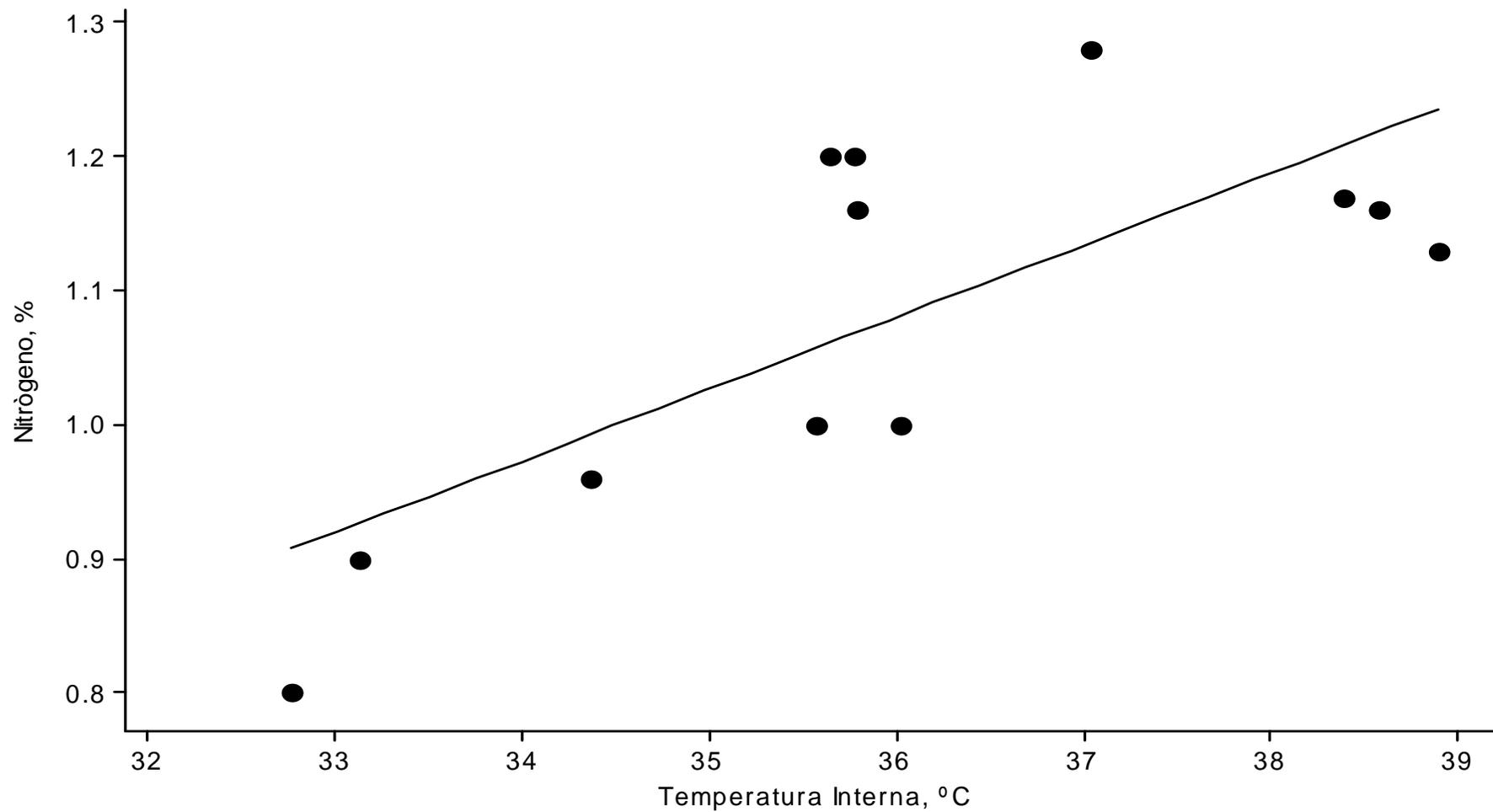


Gráfico 3. Análisis de regresión lineal del contenido de nitrógeno, por efecto de la temperatura interna en la elaboración del bokashi.

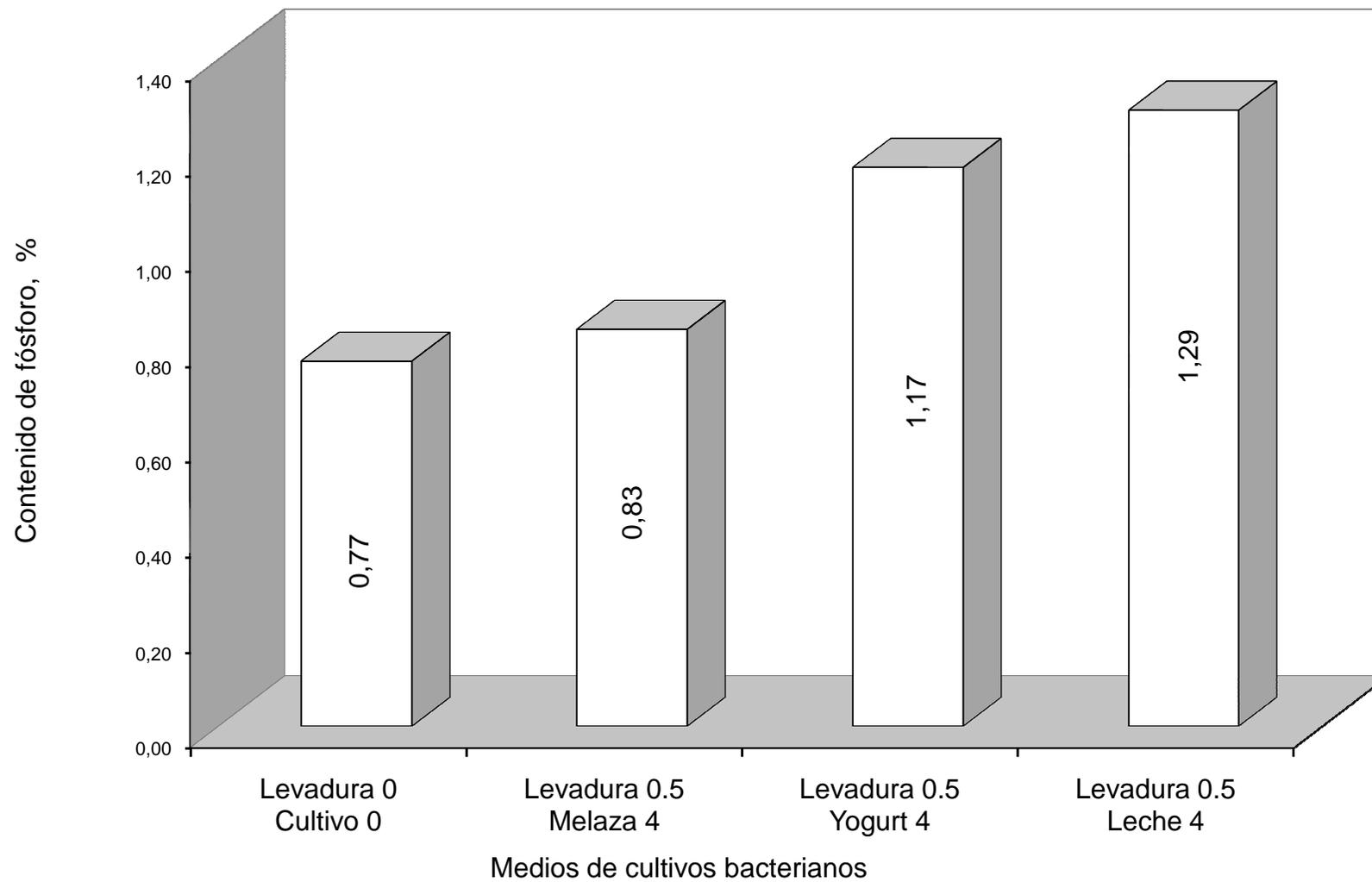


Gráfico 4. Calidad del bokashi con respecto a fósforo (%), utilizando diferentes medios de cultivos bacterianos.

El análisis de regresión lineal gráfico 5, del contenido de fósforo (%) con respecto a la temperatura interna de fermentación del bokashi, determinó una regresión no significativa ($P > 0,179$), que indica que a medida que se incrementa la temperatura interna del sustrato, el contenido de fósforo se incrementa tan sólo en 0,0502% por cada unidad de cambio de la variable independiente, con un coeficiente de determinación (R^2), de 17.3%.

El contenido de fósforo descrito en la página <http://orton.catie.ac.cr>. (2005), citado por Cerrato. M, de 0.8% y Vásquez, D. (2008), de 0.26%, son bajos comparados con los encontrados en la investigación de 1.29 % y 0.767 %. <http://www.colprocah.com/docsPDF/Secciones/ProduccionAbonoOrg.pdf>. (s/a), los ingredientes básicos para la preparación del bokashi generalmente está compuesta de por lo menos la tercera parte de cascarilla de arroz, que al fermentarse y descomponerse aportan principalmente fósforo, de allí su alto contenido de este elemento.

c. Calidad del bokashi con respecto a potasio (%)

La calidad del bokashi con respecto a potasio presento diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), entre las medias por efecto de la utilización de diferentes tipos de medios de cultivos bacterianos, encontrándose que el mejor tratamiento fue el T4 (levadura 0.5 lbs. + leche 4 lts.) con 2.10% y el de menor aporte el tratamiento referencial T1 (levadura 0 +cultivo 0) con 1.34%, como se ve en el cuadro 7 y gráfico 6.

Al hacer la comparación ortogonal podemos ver que existen diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), entre el tratamiento referencial T1 y los tratamientos T2, T3, T4; si comparamos el tratamiento T2 con T3 y T4 de igual manera obtenemos diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), y si confrontamos el tratamiento T3 con T4 no se registran diferencias estadísticas ($P \geq 0.05$).

El análisis de regresión lineal gráfico 7, del contenido de potasio (%) con referencia a las diferentes temperaturas internas de fermentación del bokashi, determinó una regresión no significativa ($P > 0,0543$), que indica que a medida

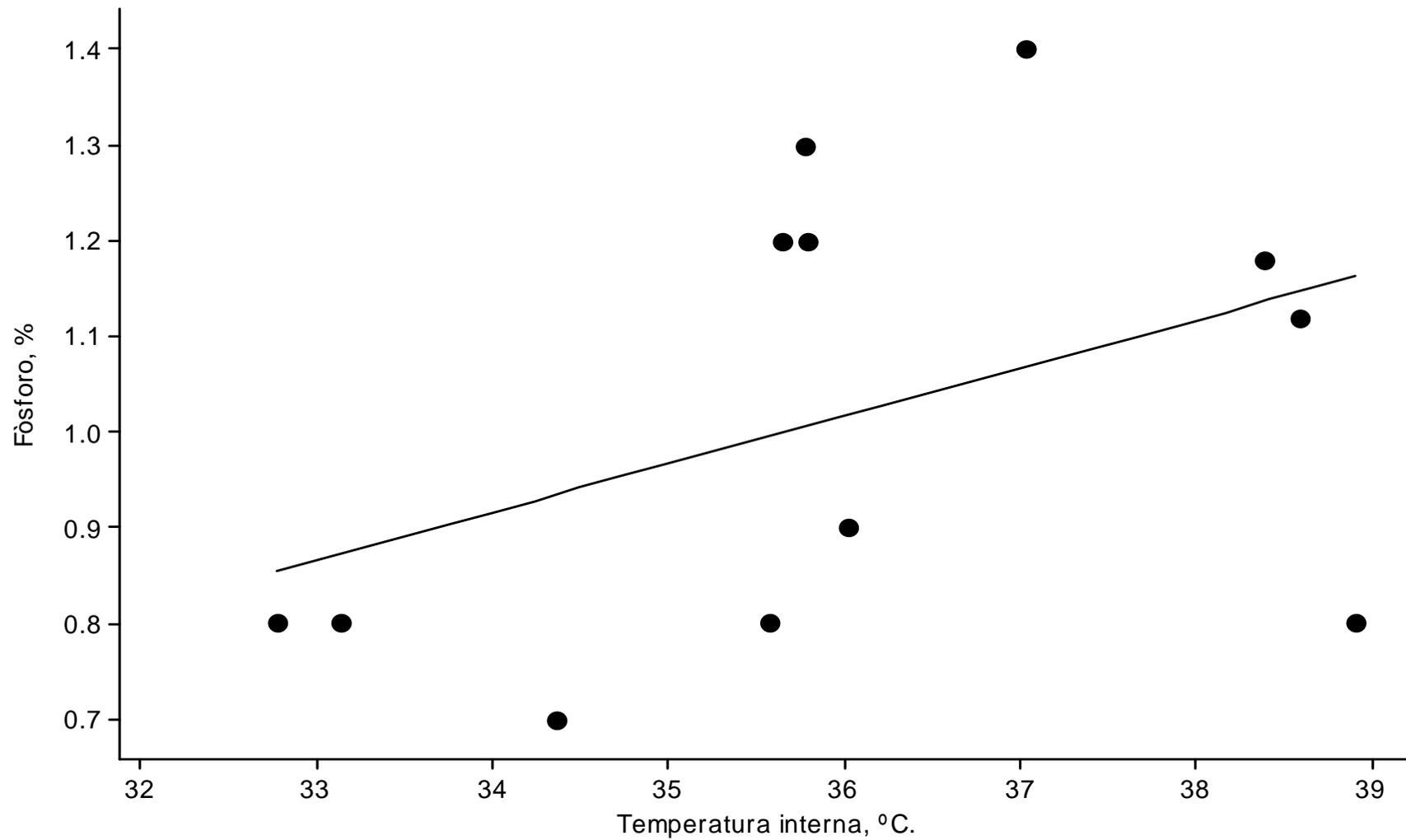


Gráfico 5. Análisis de regresión lineal del contenido de fósforo, por efecto de la temperatura interna en la elaboración del bokashi.

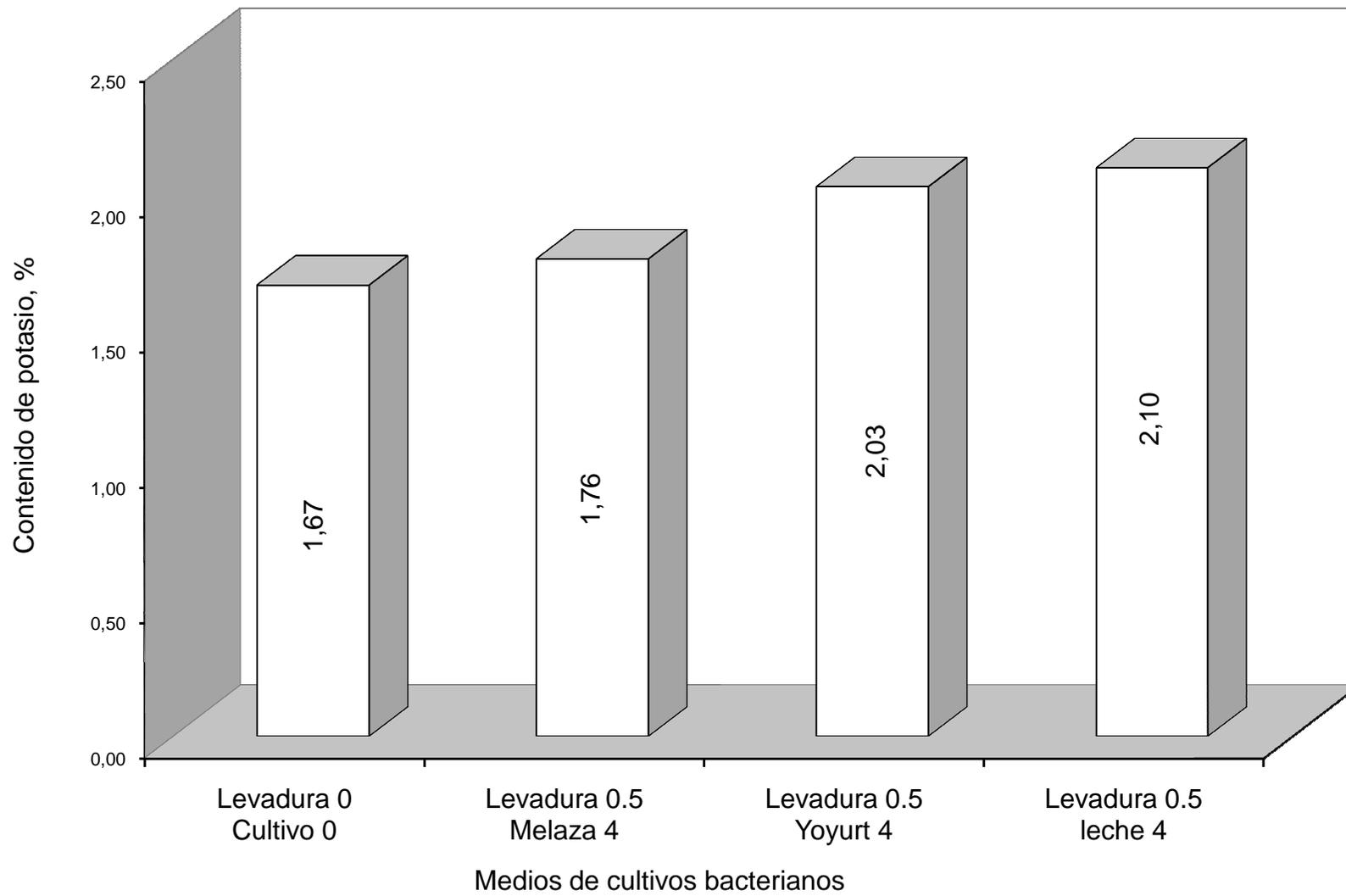


Gráfico 6. Calidad del bokashi con respecto a potasio (%), utilizando diferentes medios de cultivos bacterianos.

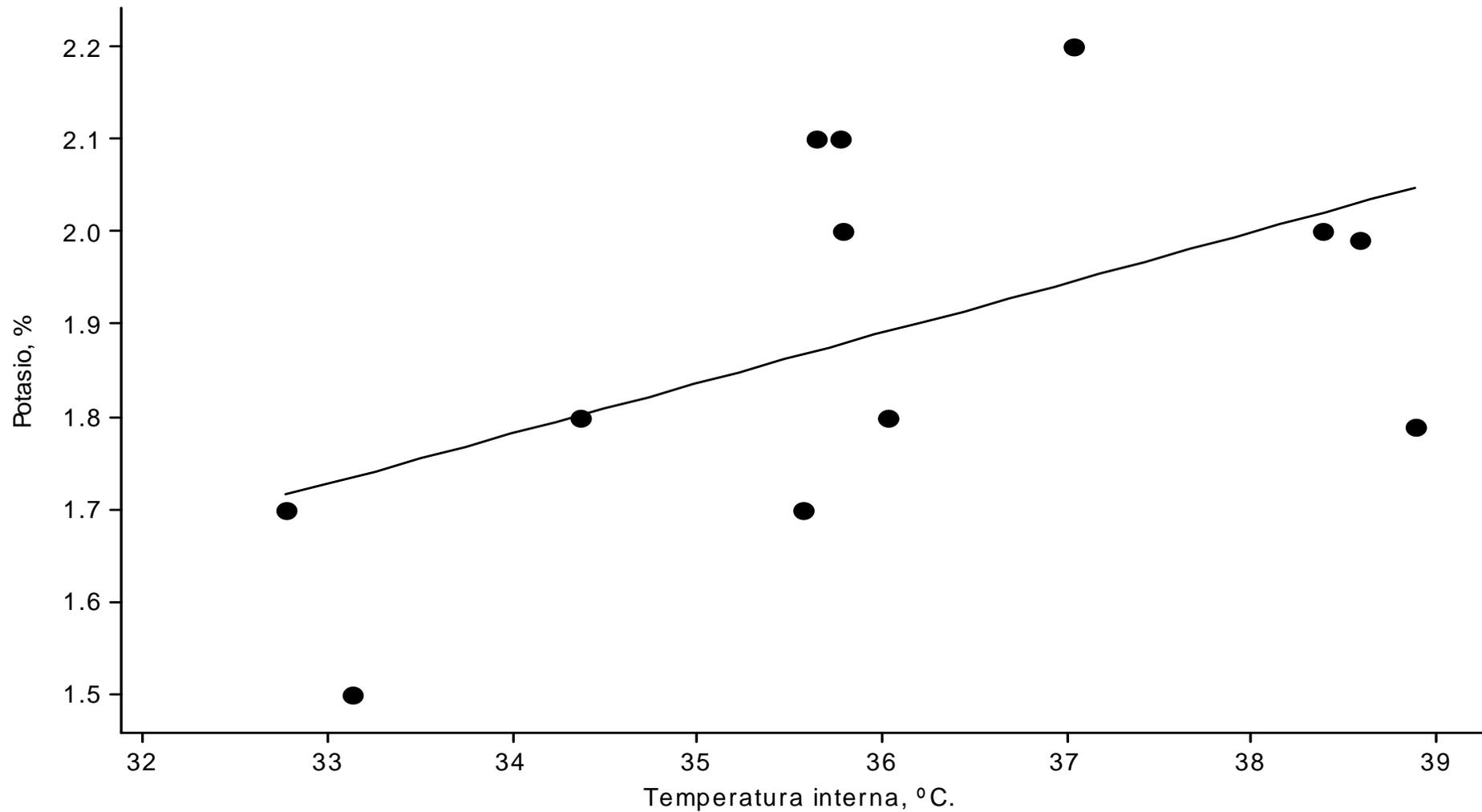


Gráfico 7. Análisis de regresión lineal del contenido de potasio, por efecto de la temperatura interna en la elaboración del bokashi.

que se incrementa la temperatura interna del sustrato, el contenido de potasio se incrementa únicamente en 0,0502% por cada unidad de cambio de la variable independiente, con un coeficiente de determinación (R^2), de 27.4%.

El contenido de potasio descrito por Vásquez, D. (2008), y [\(2005\)](http://orton.catie.ac.cr), citado por Cerrato, M. de 1.3 y 1.2% respectivamente resultan ser bajos comparado con los obtenidos en la investigación. <http://www.colprocah.com/docsPDF/Secciones/ProduccionAbonoOrg.pdf>. (s/a), reporta que la cascarilla de arroz puede integrar hasta la tercera parte de los ingredientes del abono, que al fermentarse aporta gran cantidad de potasio, además la incorporación de carbón a cada uno de los tratamientos influyeron positivamente en el incremento de este elemento.

4. Temperaturas internas y externas en el proceso de elaboración del bokashi (°C)

a. Temperatura externa (°C)

La temperatura externa en la elaboración del bokashi presentó diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), entre las medias al utilizar diferentes medios de cultivos bacterianos, encontrándose como la más alta temperatura correspondiente al tratamiento T2 (levadura 0.5 lbs. + melaza 4 lts.) con 33.63 °C, mientras que la menor temperatura presentó el tratamiento referencial T1 (levadura 0 + cultivo 0) con 30.62 °C, ver cuadro 7 y gráfico 8.

Al realizar la comparación ortogonal entre el tratamiento referencial T1 con T2, T3 y T4 existen diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), mientras que al hacer la comparación entre el tratamiento T2 con T3 y T4 no se registran diferencias estadísticas ($P \geq 0.05$), y finalmente al contrastar el tratamiento T3 con T4 no se obtienen diferencias estadísticas ($P \geq 0.05$).

La temperatura externa promedio del sustrato descrito en la página <http://em.iespana.es/manuales/apnan/apnan.html> - 82k -. (s/a), debe oscilar entre los 35 y 45 °C la misma que concuerda con la obtenida en la investigación,

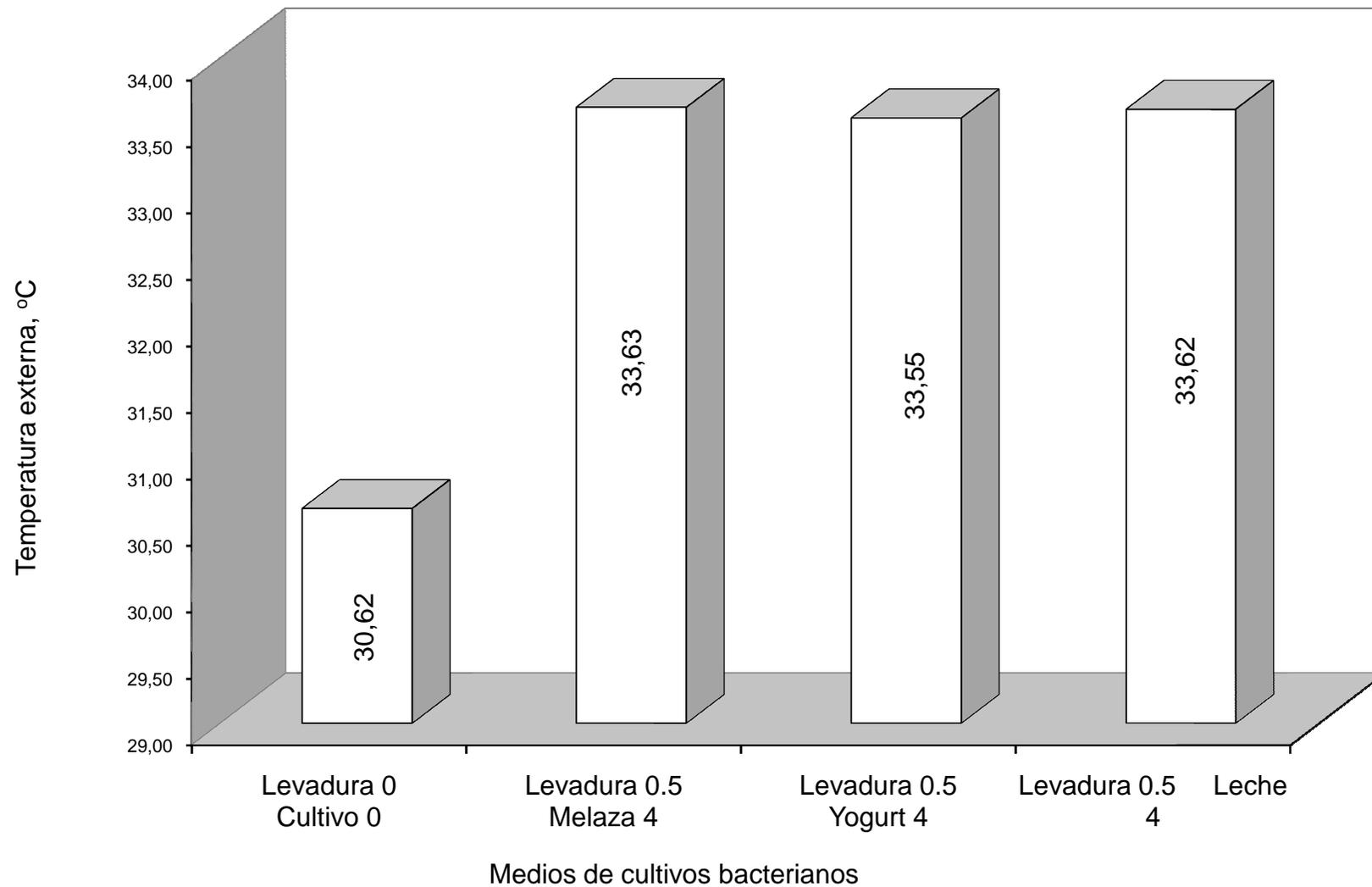


Gráfico 8. Temperatura externa (°C), en la elaboración del bokashi utilizando diferentes medios de cultivos bacterianos.

debiéndose a la menor pérdida térmica del material por encontrarse en forma de ruma, lo que permite retener en forma efectiva el calor producido. Además el invernadero crea un ambiente protegido que impide que se produzca cambios bruscos durante el día y la noche manteniendo la temperatura estable durante el proceso de fermentación.

b. Temperatura interna (°C)

En lo referente a la temperatura interna durante el proceso de elaboración del bokashi existieron diferencias significativas ($P \leq 0.05$), entre las medias utilizando diferentes medios de cultivos bacterianos pudiendo indicarse que el tratamiento T4 (levadura 0.5 lbs. + leche 4 lts.) alcanzó la mayor temperatura con 37.06 °C, en oposición la menor temperatura durante todo el proceso de fermentación corresponde al tratamiento referencial T1 (levadura 0 + cultivo 0) con 33.42 °C, como se puede ver en el cuadro 7 y gráfico 9.

Al hacer la comparación ortogonal relacionando el tratamiento referencial T1 con T2, T3 y T4 se obtuvo diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), en cambio al relacionar el tratamiento T2 con T3 y T4 no se registran diferencias significativas ($P \leq 0.05$), de igual manera sucede al comparar el tratamiento T3 con T4 no se evidencian diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

La temperatura interna promedio descrita en la página, www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/.../CAPITULOS.doc - (s/a), y Arias, C. (2007), de 35.8 y 36.58 °C respectivamente, es similar a la obtenida (35.99 °C). Esto se debe según Restrepo, J. (1996), la alta actividad microbiana y la temperatura interna del invernadero influyen en el incremento acelerado de la temperatura interna del sustrato, favoreciendo la descomposición de los ingredientes que forman parte del bokashi, consiguiéndose una mayor liberación de macronutrientes útiles para las plantas.

5. pH del sustrato

Con respecto al pH del sustrato durante todo el proceso de elaboración del

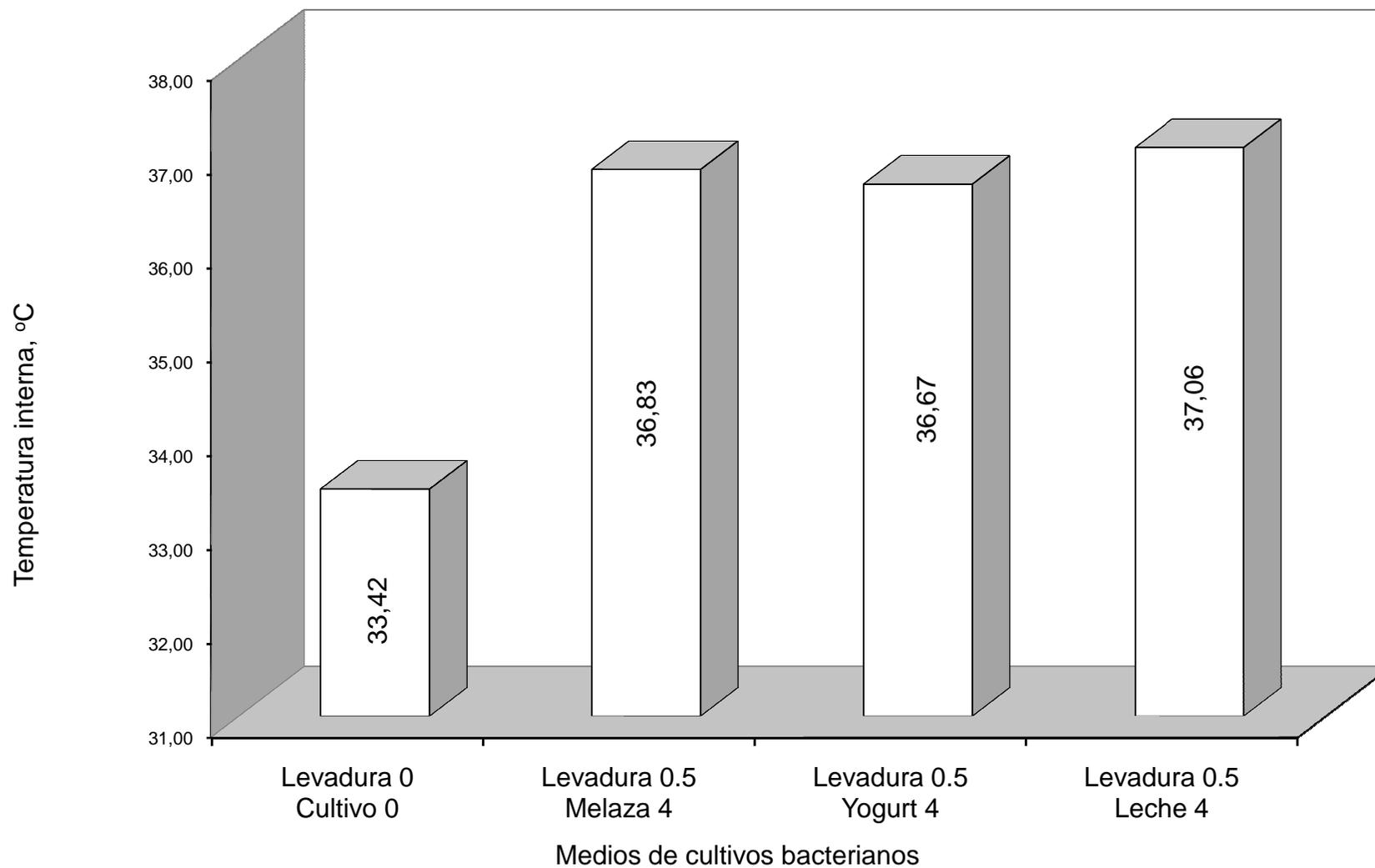


Gráfico 9. Temperatura interna (°C), en la elaboración del bokashi utilizando diferentes medios de cultivos bacterianos.

bokashi, se puede indicar que no existieron diferencias estadísticas ($P \geq 0.05$), entre las medias por efecto de la utilización de diferentes medios de cultivos bacterianos, aun considerando que se utilizaron diferentes medios de cultivos bacterianos que podían alcalinizar o acidificar el sustrato, únicamente se registraron diferencias numéricas correspondiendo el mayor pH al tratamiento referencial T1 (levadura 0 + cultivo 0) con 7.06 y el menor pH presentó el tratamiento T2 (levadura 0.5 lbs. + melaza 4 lts.) con 6.90, ver el cuadro 7 y gráfico 10.

Al hacer la comparación ortogonal se demostró que no existieron diferencias estadísticas ($P \geq 0.05$), al comparar el tratamiento referencial T1 con T2, T3 y T4.

Los resultados obtenidos por Arias, C. (2007), Fúnez, R. (2004), Vásquez, D. (2008), de 6.67, 7.6 y 8.23 respectivamente resultan ser ligeramente superiores a los obtenidos en esta investigación. Esto se debe según <http://www.colprocah.com/docsPDF/Secciones/ProduccionAbonoOrg.pdf>, (s/a), a medida que el abono se va fermentando, posee la capacidad de auto-corregirse el pH manteniéndose prácticamente neutro el mismo que es un indicador de buena calidad del bokashi. Del mismo modo <http://mayacert.com/boletines/Econotas dic07.pdf>, (s/a), reporta que la incorporación de cal tiene como función regular el nivel de acidez durante todo el proceso de fermentación del bokashi.

6. % de humedad

En lo referente al % de humedad por efecto de la utilización de diferentes medios de cultivos bacterianos, se encontró que los sustratos que más humedad contienen corresponden a los tratamientos T1 (levadura 0 + cultivo 0) y T4 (levadura 0.5 lbs. + leche 4 lts.) con 50.15% y 50.34% respectivamente, en contraste los menores contenidos de humedad corresponden a los tratamientos T2 (levadura 0.5 lbs. + melaza 4 lts.) y T3 (levadura 0.5 lbs. + yogurt 4 lts.) con 46.35% y 46.88%, como se puede observar en el cuadro 7 y gráfico 11.

www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/./CAPITULOS.doc, (s/a), reporta una humedad del sustrato de 55.25%, el mismo que resulta ser ligeramente

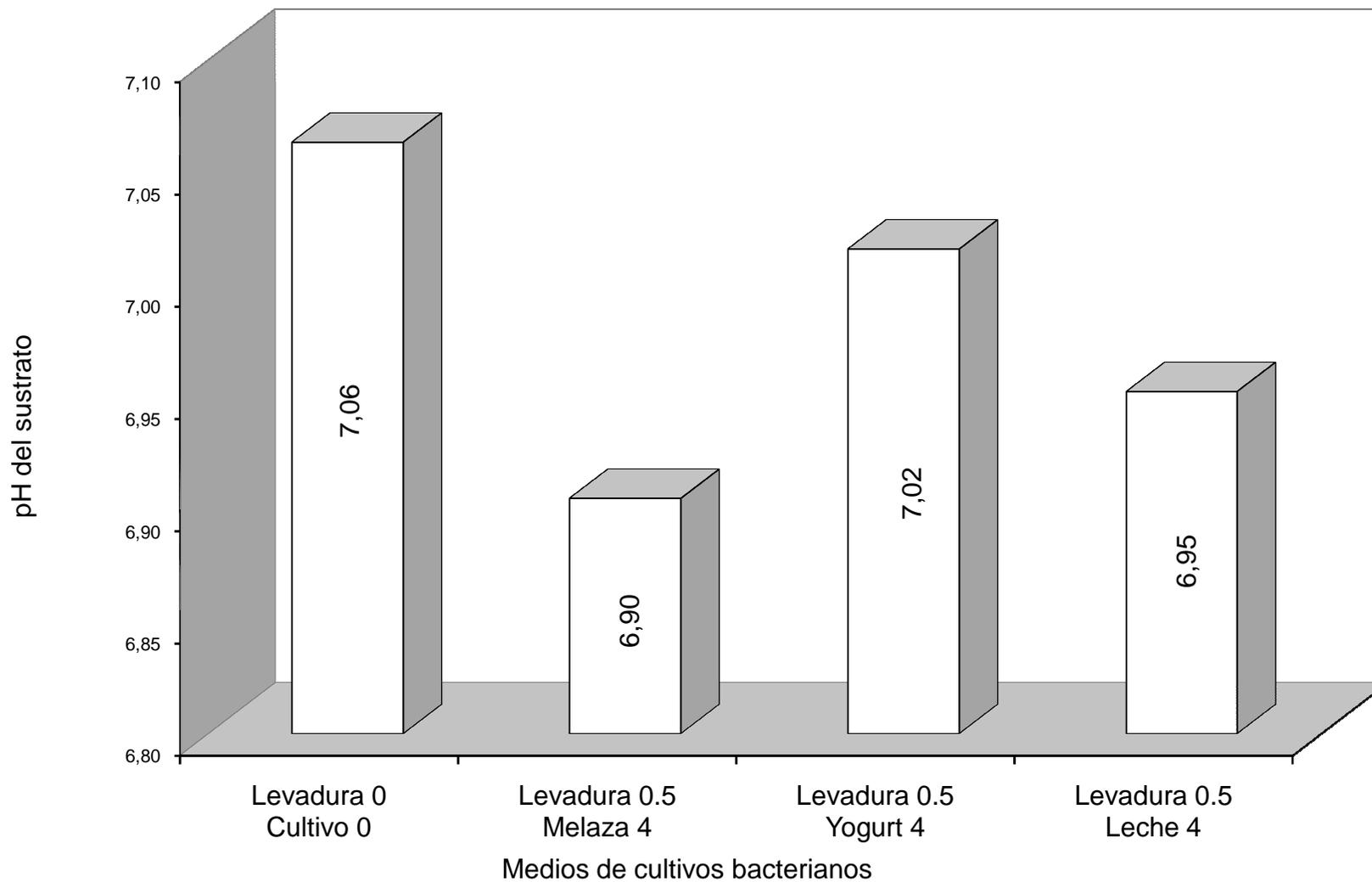


Gráfico 10. pH del sustrato en la elaboración de bokashi utilizando diferentes medios de cultivos bacterianos.

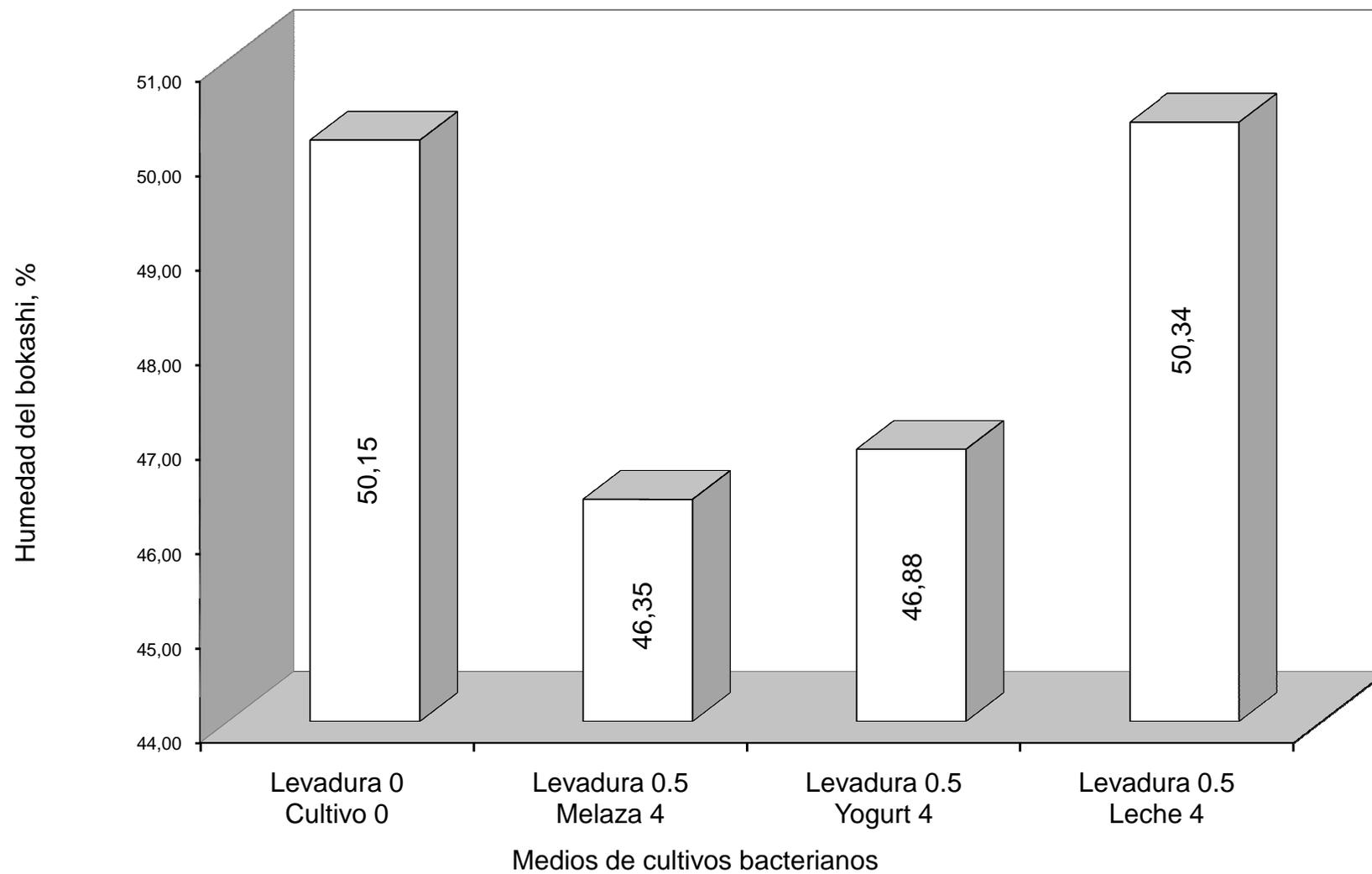


Gráfico 11. Porcentaje de humedad en la elaboración del bokashi utilizando diferentes medios de cultivos bacterianos.

superior al obtenido en esta investigación. Según Rodríguez, F. (2000), y <http://www.simas.org.ni/publicación/Manual%20Practico%20ABC%20Agricultura%20Cap%201%20-%2015-80.pdf>. (s/a), la humedad óptima para lograr la máxima eficiencia del proceso de fermentación del abono oscila entre el 50 y 60%, considerando que la falta de humedad retrasa los procesos de fermentación, descomposición y el exceso de humedad dificulta la normal oxigenación de la fermentación ocasionando procesos de putrefacción.

7. Tiempo de estabilización del bokashi (días)

El tiempo de estabilización no tuvo diferencias estadísticas ($P \geq 0.05$), entre las medias por efecto de la utilización de diferentes tipos de medios de cultivos bacterianos, encontrándose que el mayor tiempo de estabilización corresponde al tratamiento referencial T1 (levadura 0 + cultivo 0) con 21.33 días, mientras que el menor tiempo corresponde al tratamiento T2 (levadura 0.5 lbs. + melaza 4 lts.) con 19.33 días, como se puede ver en el cuadro 7 y gráfico 12.

Al hacer la comparación ortogonal no existen diferencias estadísticas ($P \geq 0.05$), al comprar el tratamiento referencial T1 con T2, T3 y T4.

Los datos descritos en la página web <http://usi.earth.ac.cr/tierratropical>. (2006), citado por Cerrato, M. donde se especifica que en Fincas Pecuarias Integradas el tiempo de estabilización es de 18 a 24 días, resultan ser similares a los registrados en esta investigación. Mientras que en Fincas Comerciales se registran tiempos de estabilización de 45 a 48 días, los que son muy superiores a los obtenidos en esta investigación. Según Restrepo, J. (1996), esto se debe al menor tamaño de las partículas de los ingredientes, los mismos que son fáciles de descomponerse por la alta carga microbiana al fermentarse disminuyéndose el tiempo de estabilización del abono.

B. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN PARA LAS VARIABLES

El análisis de correlación demuestra que existen diferencias altamente significativas entre la carga microbiana, contenido de nitrógeno, temperatura

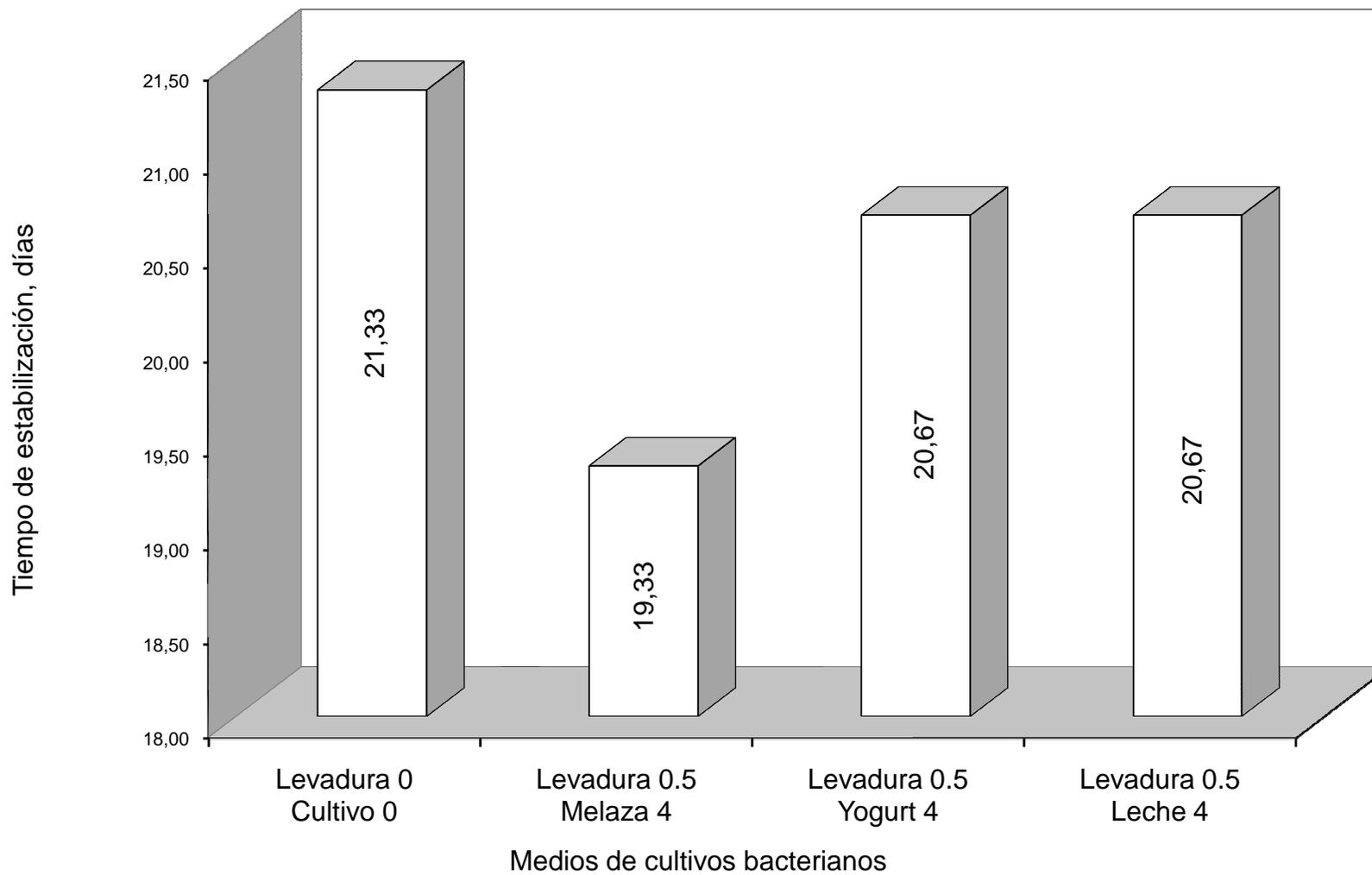


Gráfico 12. Tiempo de estabilización del bokashi (días), utilizando diferentes medios de cultivos bacterianos.

interna, temperatura externa, humedad; es decir que conforme aumenta el contenido de estas variables el tiempo de estabilización y elaboración tiende a disminuir. Al relacionar la carga microbiana con humedad, temperatura interna, temperatura externa identificamos diferencias altamente significativas, deduciéndose que la actividad microbial influye positivamente en incrementar la temperatura y el contenido de macronutrientes. Además se identifico diferencias altamente significativas entre nitrógeno con temperatura externa e interna del sustrato, es decir que a medida que se incrementa la temperatura del sustrato también se debería esperar que se incremente el contenido de macronutrientes por una mayor degradación de los materiales que forman parte del bokashi.

C. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE BENEFICIO/COSTO (USD)

Al realizar la valoración económica de beneficio/costo (USD) utilizando diferentes tipos de medios de cultivos bacterianos en la elaboración de bokashi, se encontró que los mejores índices de beneficio/costo corresponden a los tratamientos T4 (levadura 0.5 lbs. + leche 4 lts.), T1 (levadura 0 + cultivo 0), T2 (levadura 0.5 lbs. + melaza 4 lts.), con 1.10, 1.06, 1.02 respectivamente y el menor índice de beneficio costo corresponde al tratamiento T3 (levadura 0.5 lbs. + yogurt 4 lts.), con 0.92.

En los tratamientos T4, T1, T2, obtenemos una rentabilidad de 10, 6 y 2 centavos por cada dólar invertido, en oposición con el tratamiento T3, tenemos una pérdida de 8 centavos por cada dólar invertido, esta pérdida se puede asumir por el alto costo que representa utilizar 4 litros de yogurt para elaborar 50 kg de bokashi, ver cuadro 8.

Cuadro 8. BENEFICIO/COSTO DE LA EVALUACIÓN DE DIFERENTES TIPOS DE MEDIOS DE CULTIVOS BACTERIANOS (MICROORGANISMOS BENÉFICOS) EN LA ELABORACIÓN DE BOKASHI.

CONCEPTO	TRATAMIENTOS				
	T1	T2	T3	T4	
<u>EGRESOS</u>					
Mano de obra	1	3.1	3.1	3.1	3.1
Materias primas materiales e insumos	2	2.71	6.08	7.18	5.38
Servicios básicos	3	0.10	0.10	0.10	0.10
Depreciación de invernadero y materiales de campo	4	0.84	0.84	0.84	0.84
TOTAL EGRESOS		6.75	10.12	11.22	9.42
<u>INGRESOS</u>					
Venta de bokashi	5	7.15	10.35	10.35	10.35
TOTAL INGRESOS		7.15	10.35	10.35	10.35
BENEFICIO/COSTO USD		1.06	1.02	0.92	1.10

Fuente: Chavarrea, F. (2009).

1: Mano de obra 8 USD/jornal.

2: Costo de materias primas, materiales e insumos.

3: Agua.

4: Depreciación de azadón, lampa, termómetro, invernadero.

5: Precio de 50kg de bokashi (http://www.Abonos Orgánicos BOKASHI - ABONO ORGANICO de Bokashi E_U en ecuador.htm).

V. CONCLUSIONES

1. El tratamiento T2 (levadura 0.5 lbs. + melaza 4 lts.), obtuvo la mayor población microbiana con 18 400 millones de bacterias, 161 millones de actinomicetes, 5 nematodos; lo que permite que al ser incorporado al suelo los procesos de degradación de la materia orgánica, humificación y mineralización sean más eficientes.
2. El mejor contenido de N, P, K se reporta en el tratamiento T4 (levadura 0.5 lbs. + leche 4 lts.), con 1.22%, 1.29% y 2.10% respectivamente.
3. El tratamiento T2 (levadura 0.5 lbs. + melaza 4 lts.) registra el menor tiempo de elaboración con 21.33 días, debido a su alta carga microbiana, permitió que exista una mayor temperatura del sustrato facilitando la biodegradación de los ingredientes que forman parte del bokashi.
4. El pH del sustrato no se modificó manteniéndose neutro (6.90 a 7.06) debido principalmente a la adición de cal que tiende a regular el pH lo que evidenció una alta carga microbiana en los análisis microbiológicos.
5. El tratamiento T4 (levadura 0.5 lbs. + leche 4 lts.) registra la mayor temperatura interna con 37.07 °C, hecho que permitió que exista una mayor biodegradación de las materias primas utilizadas en la elaboración del bokashi, reflejándose posteriormente en un mayor contenido de N, P y K.
6. El mejor beneficio/costo se obtuvo con el tratamiento T4 (levadura 0.5 lbs. + leche 4 lts.) con un indicador de 1.10; lo que quiere decir que por cada dólar invertido se tiene una rentabilidad de 10 centavos.

VI. RECOMENDACIONES

1. En base al análisis microbiológico, químico y económico se debe utilizar el tratamiento T4 (levadura 0.5 lbs. + leche 4 lts.) por que se logra una carga microbiana alta, un buen contenido de macronutrientes y un considerable beneficio/costo al elaborar el abono orgánico fermentado bokashi.
2. Evaluar el suero de leche como un medio de cultivo bacteriano por ser barato, factible de utilizar en la fermentación microbiana el mismo que nos permitiría alcanzar un mejor beneficio costo al elaborar el abono orgánico fermentado bokashi.
3. Replicar la investigación utilizando otros ingredientes como alfalfa, rastrojos de hortalizas, roca fosfórica, estiércol de cerdo, humus, ceniza, etc., para puntualizar si existen diferencias en el tiempo de estabilización, elaboración, carga microbiana y contenido de macro nutrientes principalmente nitrógeno, fósforo y potasio.
4. Usar este tipo de biodegradación de la materia orgánica, desechos vegetales y sub productos de la industria a nivel rural por ser económica, de fácil preparación, breve tiempo entre la elaboración y utilización.

VII. LITERATURA CITADA

1. ARIAS, C. 2007. Estudio de 2 grupos de microorganismos como agentes aceleradores de descomposición de los desechos sólidos orgánicos originados en los Comederos de ESPOL, Tesis de grado previo a la obtención del título de INGENIERO AGROPECUARIO, Guayaquil Ecuador. pp 18 - 37.
2. CEDEÑO, J; GODOY, N. 2002. Descripción del sistema de producción y determinación del contenido de macro y micro nutrientes del bokashi de lechería EARTH. Guácimo, Costa Rica. p 6.
3. <http://caminosrurales.blogspot.com/2008/06/qu-es-el-bokashi.html> – 68k.
4. <http://em.iespana.es/manuales/apnan/apnan.html> – 82 k.
5. <http://mayacert.com/boletines/Econotas dic07.pdf>.
6. http://suelosbananeros.catie.ac.cr/docs/enmiendas/hoja_divulgativa.pdf –.
7. <http://usi.earth.ac.cr/tierratropical>. 2006. Cerrato, M. Leblanc, H. Cruz, W. Genao, A. Tiempo de estabilización de bokashis elaborados en fincas de la Universidad Herat.
8. http://www.Abonos Orgánicos BOKASHI-ABONO ORGANICO de Bokashi E_U en ecuador.html.
9. <http://www.cafedehonduras.org>. 2004. Fúnez, R. Trejo, A. Pineda, A. Un enfoque de manejo integrado para el sostenimiento de la fertilidad de los suelos y la nutrición de los cultivos.
10. <http://www.colprocah.com/docsPDF/Secciones/ProduccionAbonoOrg.pdf>.
11. <http://www.fundases.com/p/pub-compostaje01.html>.

12. <http://www.orton.catie.ac.cr>. 2005. Leblanc, H. Cerrato, M. Vélex, L. Comparación del contenido de nutrientes de bokashis elaborados con desechos de fincas del tópico húmedo de Costa Rica.
13. http://www.proexant.org.ec/Abonos_Org%C3%A1nicos.html.
14. <http://www.reboreda.es/castellano/PorTeruoHiga.doc>.
15. <http://www.simas.org.ni/publicación/Manual%20Practico%20ABC%20Agricoltura%20Cap%201%20-%2015-80.pdf>.
16. RESTREPO, J. 1996. Abonos orgánicos fermentados. Experiencias de Agricultores de Centroamérica y Brasil. Edit. Simas. pp 10 - 51.
17. RODRIGUEZ, F. 2000. Producción de abonos orgánicos fermentados, secretaria de agricultura y ganadería (SAG), Tegucigalpa, M.D.C. Honduras. pp 3 - 11.
18. SHINTANI, M. 2000. Bokashi (Abono Orgánico Fermentado), Limón, Costa Rica. Edit. Earth. pp. 10 - 18.
19. SOTO, F. 1996; CEDEÑO, A. 2002. Comparación del contenido macro y micronutrientes del bokashi y estiércol bovino de lecherías EARTH. p 75.
20. VASQUEZ, D. 2008. Producción y evaluación de cuatro tipos de bioabonos como alternativa biotecnológica de uso de los residuos orgánicos para la fertilización de pastos, Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Zootecnista, ESPOCH, Riobamba – Ecuador. pp 15 – 35.
21. www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/.../CAPITULOS.doc -.
22. www.fundmcch.com.ec. Fertilización Orgánica.

ANEXOS

Anexo 1. Tiempo de elaboración del bokashi (días), utilizando diferentes medios de cultivos bacterianos T1 (levadura 0 + cultivo 0), T2 (levadura 0.5 lbs. + melaza 4 lbs.), T3 (levadura 0.5 lbs. + yogurt 4 lbs.), T4 (levadura 0.5 lbs. + leche 4 lbs.).

RESULTADOS EXPERIMENTALES

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			SUMA	PROMEDIO
	I	II	III		
T1	21	24	25	70.00	23.333
T2	19	22	23	64.00	21.333
T3	21	23	24	68.00	22.667
T4	20	23	23	66.00	22.000

ADEVA

F. Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fisher	Prob.
Total	11	34.667			
Tratamientos	3	6.667	2.222	0.635 ^{n.s}	0.613
T1 vs T2 T3 T4	1	4.000	4.000	0.312 ^{n.s}	0.002
T2 vs T3 T4	1	2.000	2.000	0.571 ^{n.s}	0.003
T3 vs T4	1	0.067	0.667	0.190 ^{n.s}	
Error	8	28.000	3.500		
Media		22.333			
C.V %		8.38			
Desviación Estándar		1.87			

SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN DUNCAN AL 5 %

Tratamientos	Media	Grupo
T1	23.333	A
T3	22.667	A
T4	22.000	A
T2	21.333	A

Anexo 2. Contenido de nitrógeno en el bokashi (%), utilizando diferentes medios de cultivos bacterianos T1 (levadura 0 + cultivo 0), T2 (levadura 0.5 lbs. + melaza 4 lts.), T3 (levadura 0.5 lbs. + yogurt 4 lts.), T4 (levadura 0.5 lbs. + leche 4 lts.).

RESULTADOS EXPERIMENTALES

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			SUMA	PROMEDIO
	I	II	III		
T1	0.80	0.90	0.96	2.66	0.887
T2	1.00	1.00	1.13	3.23	1.077
T3	1.20	1.16	1.16	3.52	1.173
T4	1.28	1.20	1.17	3.65	1.217

ADEVA

F. Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fisher	Prob.
Total	11	0.223			
Tratamientos	3	0.194	0.065	17.277 **	0.0007
T1 vs T2 T3 T4	1	0.163	0.163	43.574 **	0.000
T2 vs T3 T4	1	0.028	0.028	7.501 *	0.025
T3 vs T4	1	0.003	0.003	0.754 ^{n.s}	
Error	8	0.030	0.004		
Media		1.088			
C.V %		5.61			
Desviación Estándar		0.06			

SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN DUNCAN AL 5 %

Tratamientos	Media	Grupo
T4	1.217	A
T3	1.173	A
T2	1.077	A
T1	0.887	A

Anexo 3. Contenido de fósforo en el bokashi (%), utilizando diferentes medios de cultivos bacterianos T1 (levadura 0 + cultivo 0), T2 (levadura 0.5 lbs. + melaza 4 lts.), T3 (levadura 0.5 lbs. + yogurt 4 lts.), T4 (levadura 0.5 lbs. + leche 4 lts.).

RESULTADOS EXPERIMENTALES

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			SUMA	PROMEDIO
	I	II	III		
T1	0.80	0.80	0.70	2.30	0.767
T2	0.90	0.80	0.80	2.50	0.833
T3	1.20	1.20	1.12	3.52	1.173
T4	1.40	1.30	1.18	3.88	1.293

ADEVA

F. Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fisher	Prob.
Total	11	0.633			
Tratamientos	3	0.592	0.197	37.682 **	0.0000
T1 vs T2 T3 T4	1	0.250	0.250	47.771 **	0.0000
T2 vs T3 T4	1	0.320	0.320	61.146 **	0.0000
T3 vs T4	1	0.022	0.022	4.127 ^{n.s}	0.077
Error	8	0.042	0.005		
Media		1.017			
C.V %		7.12			
Desviación Estándar		0.070			

SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN DUNCAN AL 5 %

Tratamientos	Media	Grupo
T4	1.293	A
T3	1.173	A
T2	0.833	B
T1	0.767	B

Anexo 4. Contenido de potasio en el bokashi (%), utilizando diferentes medios de cultivos bacterianos T1 (levadura 0 + cultivo 0), T2 (levadura 0.5 lbs. + melaza 4 lts.), T3 (levadura 0.5 lbs. + yogurt 4 lts.), T4 (levadura 0.5 lbs. + leche 4 lts.)

RESULTADOS EXPERIMENTALES

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			SUMA	PROMEDIO
	I	II	III		
T1	1.70	1.50	1.80	5.00	1.667
T2	1.80	1.70	1.79	5.29	1.763
T3	2.10	2.00	1.99	6.09	2.030
T4	2.20	2.10	2.00	6.30	2.100

ADEVA

F. Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fisher	Prob.
Total	11	0.469			
Tratamientos	3	0.389	0.130	12.941 **	0.0019
T1 vs T2 T3 T4	1	0.200	0.200	19.918 **	0.002
T2 vs T3 T4	1	0.182	0.182	18.170 **	0.003
T3 vs T4	1	0.007	0.007	0.734 ^{n.s}	
Error	8	0.080	0.010		
Media		1.89			
C.V %		5.30			
Desviación Estándar		0.1			

SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN DUNCAN AL 5 %

Tratamientos	Media	Grupo
T4	2.100	A
T3	2.030	A
T2	1.763	B
T1	1.667	B

Anexo 5. Temperatura externa durante el proceso de elaboración del bokashi ($^{\circ}\text{C}$), por efecto de la utilización de diferentes medios de cultivos bacterianos T1 (levadura 0 + cultivo 0), T2 (levadura 0.5 lbs. + melaza 4 lts.), T3 (levadura 0.5 lbs. + yogurt 4 lts.), T4 (levadura 0.5 lbs. + leche 4 lts.).

RESULTADOS EXPERIMENTALES

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			SUMA	PROMEDIO
	I	II	III		
T1	29.85	31.17	30.83	91.85	30.62
T2	32.98	33.99	33.93	100.90	33.63
T3	32.67	34.36	33.64	100.66	33.55
T4	33.10	34.84	32.92	100.86	33.62

ADEVA

F. Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fisher	Prob.
Total	11	25.349			
Tratamientos	3	20.080	6.693	10.163 **	0.004
T1 vs T2 T3 T4	1	20.070	20.070	30.474 **	0.001
T2 vs T3 T4	1	0.004	0.004	0.006 ^{n.s}	
T3 vs T4	1	0.006	0.006	0.009 ^{n.s}	
Error	8	5.269	0.659		
Media		32.856			
C.V %		2.49			
Desviación Estándar		0.81			

SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN DUNCAN AL 5 %

Tratamientos	Media	Grupo
T2	33.63	A
T4	33.62	A
T3	33.55	A
T1	30.62	B

Anexo 6. Temperatura interna durante el proceso de elaboración del bokashi (°C), por efecto de la utilización de diferentes medios de cultivos bacterianos T1 (levadura 0 + cultivo 0), T2 (levadura 0.5 lbs. + melaza 4 lts.), T3 (levadura 0.5 lbs. + yogurt 4 lts.), T4 (levadura 0.5 lbs. + leche 4 lts.).

RESULTADOS EXPERIMENTALES

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			SUMA	PROMEDIO
	I	II	III		
T1	32.77	33.13	34.36	100.26	33.42
T2	36.02	35.57	38.89	110.48	36.83
T3	35.64	35.78	38.58	110.01	36.67
T4	37.03	35.77	38.38	111.18	37.06

ADEVA

F. Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fisher	Prob.
Total	11	43.509			
Tratamientos	3	26.723	8.908	4.245 *	0.0453
T1 vs T2 T3 T4	1	26.488	26.488	12.624 **	0.007
T2 vs T3 T4	1	0.003	0.003	0.001 ^{n.s}	
T3 vs T4	1	0.232	0.232	0.111 ^{n.s}	
Error	8	16.786	2.098		
Media		35.99			
C.V %		4.02			
Desviación Estándar		1.45			

SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN DUNCAN AL 5 %

Tratamientos	Media	Grupo
T4	37.06	A
T2	36.83	A
T3	36.67	A
T1	33.42	B

Anexo 7. pH del sustrato durante el proceso de elaboración del bokashi, por efecto de la utilización de diferentes medios de cultivos bacterianos T1 (levadura 0 + cultivo 0), T2 (levadura 0.5 lbs. + melaza 4 lts.), T3 (levadura 0.5 lbs. + yogurt 4 lts.), T4 (levadura 0.5 lbs. + leche 4 lts.).

RESULTADOS EXPERIMENTALES

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			SUMA	PROMEDIO
	I	II	III		
T1	6.86	7.00	7.33	21.19	7.06
T2	6.71	6.83	7.17	20.71	6.90
T3	6.71	7.00	7.33	21.05	7.02
T4	6.86	6.83	7.17	20.86	6.95

ADEVA

F. Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fisher	Prob.
Total	11	1			
Tratamientos	3	0.044	0.015	0.237 ^{n.s}	0.868
T1 vs T2 T3 T4	1	0.026	0.026	0.415 ^{n.s}	0.417
T2 vs T3 T4	1	0.013	0.013	0.207 ^{n.s}	
T3 vs T4	1	0.005	0.005	0.088 ^{n.s}	
Error	8	0.494	0.062		
Media		6.984			
C.V %		3.56			
Desviación Estándar		0.25			

SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN DUNCAN AL 5 %

Tratamientos	Media	Grupo
T1	7.062	A
T3	7.013	A
T4	6.953	A
T2	6.903	A

Anexo 8. Tiempo de estabilización del bokashi (días), por efecto de la utilización de diferentes medios de cultivos bacterianos T1 (levadura 0 + cultivo 0), T2 (levadura 0.5 lbs. + melaza 4 lts.), T3 (levadura 0.5 lbs. + yogurt 4 lts.), T4 (levadura 0.5 lbs. + leche 4 lts.).

RESULTADOS EXPERIMENTALES

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			SUMA	PROMEDIO
	I	II	III		
T1	19.00	22.00	23.00	64.00	21.33
T2	17.00	20.00	21.00	58.00	19.33
T3	19.00	21.00	22.00	62.00	20.67
T4	20.00	21.00	21.00	62.00	20.67

ADEVA

F. Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fisher	Prob.
Total	11	29.000			
Tratamientos	3	6.333	2.111	0.745 ^{n.s}	0.555
T1 vs T2 T3 T4	1	2.778	2.778	0.980 ^{n.s}	0.295
T2 vs T3 T4	1	3.556	3.556	0.006 ^{n.s}	
T3 vs T4	1	0.000	0.000	0.000 ^{n.s}	
Error	8	22.667	2.833		
Media		20.500			
C.V %		8.21			
Desviación Estándar		1.68			

SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN DUNCAN AL 5 %

Tratamientos	Media	Grupo
T1	21.33	A
T4	20.67	A
T3	20.67	A
T2	19.33	A

Anexo 9. Análisis estadístico de correlación para todas las variables, por efecto de la utilización de diferentes medios de cultivos bacterianos T1 (levadura 0 + cultivo 0), T2 (levadura 0.5 lbs. + melaza 4 lts.), T3 (levadura 0.5 lbs. + yogurt 4 lts.), T4 (levadura 0.5 lbs. + leche 4 lts.).

	Micr	Telab	Nitr	Fosf	Pot	Tint	Text	pH	Hum	Costo
Telab	-0.353 0.262									
Nitr	0.629 *	-0.078 0.810								
Fosf	0.380 0.223	-0.245 0.443	0.848 **							
Pot	0.437 0.156	-0.221 0.491	0.885 **	0.904 **						
Tint	0.721 **	-0.021	0.737 **	0.416	0.523					
Text	0.008 0.842 **	0.948 -0.031	0.006 0.743 **	0.179 0.538	0.081 0.517	0.668 *				
pH	0.001 -0.224	0.923 0.803 **	0.006 0.010	0.071 -0.133	0.086 -0.100	0.018 0.356	-0.093			
Hum	0.485 -0.780 **	0.002 0.213	0.976 -0.138	0.475 0.147	0.758 0.044	0.255 -0.371	0.775 -0.480	0.130		
Costo	0.003 -0.470	0.506 -0.044	0.668 -0.165	0.662 -0.059	0.892 -0.116	0.234 -0.167	0.114 -0.253	0.688 -0.039	0.771**	
Test	0.123 -0.379	0.892 0.946 **	0.607 -0.070	0.859 0.126	0.720 -0.073	0.605 0.081	0.427 -0.016	0.905 0.816 **	0.003 0.345	0.072
	0.224	0.000	0.830	0.748	0.821	0.802	0.960	0.001	0.072	0.824

Telab= Tiempo de elaboración
Text= Temperatura interna

Nitr= Nitrógeno
Ph= Acidez o alcalinidad

Fosf= Fósforo
Hum= Humedad

Pot= Potasio
Tint= Temperatura interna
Test= Tiempo de estabilización