

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRIA EN AGROECOLOGIA**

**MENCION GESTION AMBIENTAL**



**INFLUENCIA DE MICROORGANISMOS SOBRE CARACTERÍSTICAS  
FISICOQUÍMICOS DE LOS SUELOS DE CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao*  
*L.*), EN TINGO MARÍA**

**TESIS**

Para optar a grado de:  
**MAESTRO EN CIENCIAS**

**SANDRO JUNIOR RUIZ CASTRE**

**TINGO MARÍA – PERÚ**

**2011**



R94

F04

Ruiz Castre, Sandro Junior

Influencia de microorganismos sobre características físicoquímicas de los suelos de cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*). Tingo María, 2011

99 h.; 27 cuadros; 14 fgrs.; 38 ref.; 30 cm.

Tesis (Maestro en Ciencias) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Escuela de Posgrado.

**1. MICROORGANISMOS AEROBIOS 2. BOKASHI 3. ANALISIS FISICOQUIMICO 4. SUELOS 5. CACAO 6. TINGO MARIA 7. PERU.**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**DIRECCION**



Av. Universitaria s/n .Telefax (062) 561070-Email: [epgunas@hotmail.com](mailto:epgunas@hotmail.com).

"Año del Centenario de Machu Picchu para el Mundo"

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

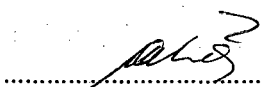
En la ciudad universitaria siendo las 10:00 a.m. del día viernes 09 del mes de marzo de 2012, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la UNAS, se instaló el Jurado Calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada:

**"INFLUENCIA DE MICROORGANISMOS SOBRE CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS DE LOS SUELOS DE CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN TINGO MARIA"**

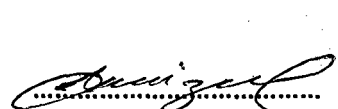
A cargo del candidato al Grado de Maestro en Ciencias en Agroecología, Mención Gestión Ambiental, **ING. SANDRO JUNIOR RUIZ CASTRE**.

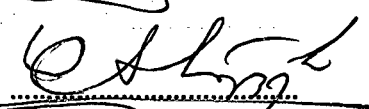
Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el Jurado Calificador procedió a emitir su fallo declarando **APROBADO** con el calificativo de **BUENO**.

Acto seguido, a horas 12:05, el Presidente dio por levantado el acto; procediéndose a la Suscripción de la presente Acta por parte de los miembros integrantes del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.

  
.....  
**M.Sc. MARGARITA ALCEDO ROMERO**  
Presidente del Jurado

  
.....  
**M.Sc. JOSE LEVANO CRISOSTOMO**  
Miembro del Jurado

  
.....  
**M.Sc. JORGE ADRIAZOLA DEL AGUILA**  
Miembro del Jurado

  
.....  
**M.Sc. CESAR LOPEZ LOPEZ**  
Asesor y Miembro del Jurado

## DEDICATORIA

A ELDAR CASTRE DE RUIZ, que se fue al cielo y sé que allá estarán contentos, pero acá en la tierra no sabes cuánto te echamos de menos, que difícil fue perderte que duro saber que no estás, pero me reconforta poder brindarte este proyecto hecho realidad. A ALFONSO RUIZ DEL AGUILA, por su amor y sabios consejos, para hacer realidad mi especialización.

A mi señora esposa LUCILA ALVARADO DAVILA, por su comprensión, confianza y amor. A mis hijas CAROLINA y NICOLE por constituirse en mi fuerza de voluntad.

A mis hermanos LILIANA, CAROLINA, MIGUEL, LUIS, OMAR, VANESA, por su apoyo moral y amor fraternal.

## **RECONOCIMIENTO Y AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme la vida y oportunidad de desarrollarme profesionalmente.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María, por acogerme y llenarme de sabiduría.

Al Dr. César López López, asesor del presente trabajo de investigación.

Al Ing. MSc. Hugo Huamani por su apoyo en el presente trabajo de investigación.

Al técnico del Laboratorio de Microbiología Ing. Richard Rodríguez por su apoyo incondicional en los análisis microbiológicos.

Al técnico del Laboratorio de Suelos Ing. Carlos Neyra por su apoyo en los análisis de suelos.

## ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN .....	16
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	18
2.1. Microorganismos eficaces (ME).....	18
2.1.1. Importancia de biodiversidad en el suelo .....	19
2.1.2. Control biológico a base de equilibrio en el suelo .....	19
2.1.3. Suelos zimogenicos o fermentadores.....	19
2.1.4. Suelos síntetizadores .....	19
2.1.5. Intercambios y comunicaciones .....	20
2.1.6. Bancos de nutrientes y reciclaje.....	20
2.1.7. Construcción y mejoramiento del suelo .....	20
2.1.8. Reconstrucción reparación continua del suelo.....	20
2.2. Muestreo de suelos .....	21
2.2.1. Delimitación de suelos .....	21
2.2.2. Toma de submuestras .....	22
2.2.3. Cuidados al tomar muestras del suelo .....	23
2.3. Análisis de suelo .....	23
2.3.1. Población microbiana en el suelo .....	24
2.4. Requerimientos de suelos para el cultivo del cacao.....	25
2.4.1. Drenaje .....	26
2.4.2. pH del suelo.....	27

2.4.3.	Materia orgánica .....	27
2.4.4.	Topografía .....	28
2.5.	Importancia del análisis químico del suelo para mejorar la producción agrícola.....	28
2.6.	Microorganismos eficientes.....	29
2.6.1.	En los suelos .....	29
2.6.2.	Cultivos orgánicos .....	31
2.6.3.	Influencias físicas en cultivos orgánicos .....	32
2.6.4.	Influencias químicas.....	33
2.7.	Proporción de mezcla de materiales en diferentes tipos de bokashi .....	33
2.8.	Variabilidad de microorganismos en el suelo.....	34
2.8.1.	Las bacterias del suelo.....	35
2.8.2.	Los Actinomicetos del suelo .....	35
2.8.3.	Recuento de bacterias.....	36
2.8.4.	Mohos mucilaginosos .....	36
2.8.5.	Levaduras del suelo .....	37
2.8.6.	Recuento de mohos y levaduras .....	37
2.9.	Producción de cacao orgánico a nivel nacional.....	37
2.9.1.	Importancia de la producción de cacao orgánico .....	38
2.9.2.	Certificación orgánica .....	40
2.9.3.	Control de la comercialización .....	40
III.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	41
3.1.	Ubicación política del sector Los Milagros .....	42

3.1.1.	Ubicación geográfica.....	41
3.1.2.	Limites del área del sector Los Milagros.....	42
3.1.3.	Extensión .....	42
3.1.4.	Altitud.....	42
3.1.5.	Factores climáticos .....	42
3.1.6.	Fisiografía y zonas de vida .....	43
3.1.7.	Aspectos socioeconómicos.....	43
3.2.	Materiales .....	44
3.2.1.	Materiales para preparación del bokashi .....	44
3.2.2.	Herramientas y equipos .....	44
3.2.3.	Unidades.....	45
3.3.	Metodología para operación en campo y laboratorio .....	45
3.3.1.	Evaluación preliminar.....	45
3.3.2.	Operación de campo .....	45
3.3.3.	Operación de laboratorio.....	46
3.3.4.	Procesamiento de datos.....	47
3.4.	Ubicación de calicatas .....	48
3.5.	Diseño experimental.....	48
3.6.	Diseño estadístico.....	49
3.6.1.	Análisis de datos.....	50
3.7.	Variables.....	50
3.7.1.	Dependiente.....	50

3.7.2. Independiente.....	50
IV. RESULTADOS.....	53
4.1. Determinación de propiedades fisicoquímico de bokashi en el suelo.....	53
4.1.1. Análisis físico descriptivo.....	53
4.1.2. Evaluación de arena en función del tiempo .....	54
4.1.3. Evaluación de limo en función del tiempo .....	54
4.1.4. Evaluación de arcilla en función del tiempo .....	55
4.1.5. Análisis químico descriptivo .....	56
4.1.6. Evaluación del pH en función del tiempo .....	56
4.1.7. Evaluación de materia orgánica en función del tiempo....	57
4.1.8. Evaluación de nitrógeno en función del tiempo .....	58
4.1.9. Evaluación de fosforo en función del tiempo.....	59
4.1.10. Evaluación de potasio en función del tiempo.....	60
4.1.11. Análisis fisicoquímico correlacional .....	61
4.1.12. Duncan del análisis del factor A (tiempo) .....	62
4.1.13. Duncan del análisis del factor B (fisicoquímico).....	63
4.1.14. Matriz de correlación de los parámetros fisicoquímicos....	63
4.1.15. Carga factorial del análisis fisicoquímico .....	65
4.1.16. Análisis de componentes principales de parámetros fisicoquímicos.....	66
4.1.17. Análisis fisicoquímico del bokashi.....	67
4.1.18. Evaluación de pH, nitrógeno, fosforo y potasio del bokashi en función del tiempo .....	68

4.1.19. Evaluación de la materia orgánica y ceniza del bokashi en función del tiempo.....	69
4.1.20. Análisis de componentes principales de los parámetros del bokashi .....	70
4.2. Cuantificación de numero de microorganismos en el suelo cacaotal.	71
4.2.1. Cuantificación de microbios en función de la profundidad...	71
4.2.2. Evaluación de parámetros microbiológicos en función de la profundidad .....	71
4.2.3. Cuantificación de microbios en función del tiempo.....	72
4.2.4. Evaluación de parámetros microbiológicos en función del tiempo .....	73
4.2.5. Análisis de varianza de las evaluaciones microbiológicos.	74
4.2.6. Duncan del análisis microbiológico del factor A.....	75
4.2.7. Duncan del análisis microbiológico del factor B.....	75
4.2.8. Matriz de correlación del análisis microbiológico.....	76
4.2.9. Análisis de la carga factorial de los parámetros microbiológicos	76
4.2.10. Análisis de componentes principales de parámetros microbiológicos .....	77
4.3. Influencia de los microorganismos eficientes del bokashi en las características del suelo cacaotal .....	78
4.3.1. Enumeración de microorganismos en función de la profundidad y el tiempo .....	78
V. DISCUSIONES.....	79

5.1. Determinación de las propiedades fisicoquímicas del bokashi	
en el suelo .....	79
5.1.1. Análisis físico descriptivo.....	79
5.1.2. Evaluación de arena en función del tiempo.....	79
5.1.3. Evaluación de limo en función del tiempo .....	79
5.1.4. Evaluación de la arcilla en función del tiempo .....	80
5.1.5. Análisis químico descriptivo .....	80
5.1.6. Evaluación del pH en función del tiempo .....	80
5.1.7. Evaluación de materia orgánica en función del tiempo .....	81
5.1.8. Evaluación del nitrógeno en función del tiempo.....	81
5.1.9. Evaluación del fósforo en función del tiempo.....	82
5.1.10. Evaluación del potasio en función del tiempo .....	82
5.1.11. Análisis fisicoquímico correlacional .....	83
5.1.12. Análisis fisicoquímico del bokashi.....	83
5.1.13. Evaluación de pH, nitrógeno, fósforo y potasio del bokashi	
en función del tiempo.....	83
5.1.14. Evaluación de la materia orgánica y ceniza del bokashi en	
función del tiempo.....	84
5.2. Cuantificación de número de microorganismos en suelo de	
cacaotal.....	84
5.2.1. Cuantificación de microbios en función de la profundidad	84
5.3. Influencia de los microorganismos del bokashi en las	
características del suelo cacaotal .....	84

5.3.1. Enumeración de microorganismos en función de la profundidad y el tiempo .....	84
VI. CONCLUSIONES.....	86
VII. RECOMENDACIONES .....	87
VIII. ABSTRACT.....	88
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90
X. ANEXO.....	96

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>		<b>Página</b>
1	Propiedades físicas y químicas de diferentes tipos de bokashi .....	34
2	Volumen de producción a escala distrital y provincial.....	39
3	Métodos de análisis fisicoquímico.....	47
4	Coordenadas UTM de las calicatas muestreadas.....	48
5	Tratamientos realizados con sus respectivos componentes .....	49
6	Análisis fisicoquímico del suelo en función del tiempo .....	53
7	Valores de pH en función del tiempo .....	57
8	Evaluación de la materia orgánica en función del tiempo .....	58
9	Evaluación del nitrógeno en función del tiempo .....	59
10	Evaluación del fosforo en función del tiempo .....	60
11	Evaluación del potasio en función del tiempo .....	61
12	Análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos.....	62
13	Duncan del análisis del factor A (tiempo) .....	62
14	Duncan del análisis del factor B (fisicoquímico).....	63
15	Matriz correlacional de los parámetros fisicoquímicos.....	64
16	Carga factorial del análisis fisicoquímico.....	65
17	Parámetros fisicoquímicos del bokashi.....	67
18	Matriz de correlación del bokashi.....	67
19	Carga factorial del análisis del bokashi.....	68
20	Parámetros microbiológicos iniciales en función de profundidad del suelo.	71

21	Parámetros microbiológicos en función del tiempo.....	73
22	Análisis de varianza de las evaluaciones microbiológicas .....	74
23	Duncan del análisis microbiológico del fator A.....	75
24	Duncan del análisis microbiológico del fator B .....	75
25	Matriz de correlación del análisis microbiológico .....	76
26	Análisis de la carga factorial de los parámetros microbiológicos .....	76
27	Enumeración microbiana en función de la profundidad y el tiempo....	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	Diagrama de muestreo de suelos .....	21
2	Beneficios del adecuado desarrollo de microorganismos en el suelo	25
3	Ubicación de la zona en estudio .....	54
4	Plano de ubicación .....	52
5	Evaluación de arena en función del tiempo.....	54
6	Evaluación de limo en función del tiempo .....	55
7	Evaluación de arcilla en función del tiempo.....	56
8	Análisis de componentes principales de los parámetros fisicoquímicos..	66
9	Evaluación del pH, nitrógeno, fósforo y potasio de los abonos orgánicos en función del tiempo .....	69
10	Evaluación de la materia orgánica y ceniza del bokashi en función del tiempo .....	70
11	Análisis de los componentes principales de los parámetros del bokashi.	71
12	Evaluación de parámetros microbiológicos iniciales en función de la profundidad del suelo.....	71
13	Evaluación de los parámetros microbiológicos en función del tiempo	73
14	Análisis de componentes principales de los parámetros microbiológicos.	77

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el caserío Los Milagros, que se ubica dentro del distrito de José Crespo y Castillo a 26 minutos de la ciudad de Tingo María en la Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco, con la finalidad de determinar la influencia de microorganismos del bokashi en las características de los suelos de cultivo de cacao, determinar las propiedades fisicoquímicas del bokashi en suelo de cultivo de cacao, cuantificar el número de microorganismos en el bokashi en suelos de cultivo de cacao y determinar la influencia de los microorganismos del bokashi sobre características de los suelos de cultivo de cacao.

La investigación tiene cuatro etapas: evaluaciones preliminares, campo, laboratorio y procesamiento de los resultados. Donde se evaluó la influencia de microorganismos (Bokashi), en el suelo del cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*), se usó la técnica de cuantificación la enumeración de microorganismos aerobios, actinomicetos, mohos y levaduras. Para ello se realizó un muestreo de suelos del lugar a diferente profundidad, en el análisis fisicoquímico se uso el método del Hidrómetro, extracto de Saturación de Celda Eléctrica, Potenciómetro, Vaso Volumétrico, Walkley y Black, Nitrógeno Total, APHA, AWWA, WPCF. Donde el análisis de suelos fueron, franco limoso, franco arcilloso limoso, franco arcillo arenoso, topográficamente el terreno es plano, tiene un pH de 6.13 ligeramente ácidos a 7.46 ligeramente alcalino, materia orgánica 1.20% a 3.29%, nitrógeno

0.05% a 0.15%, fósforo de 8.70 ppm a 13.00 ppm,  $K_2O$  169.15 kg/ha, capacidad de intercambio catiónico 6.79 meq a 7.55 meq, calcio 5.48 cmol(+)/kg a 5.95 cmol(+)/kg, magnesio 0.78 cmol(+)/kg a 1.12 cmol(+)/kg, potasio 0.31 cmol(+)/kg a 0.46, sodio 0.03 cmol(+)/kg a 0.16 cmol(+)/kg.

El análisis microbiológico se cuantificó enumerando las unidades formadoras de colonia (UFC), se obtuvo en la enumeración de microorganismo aerobios viables de 20,000 a 104,500 a (20 cm), enumeración de actinomicetos de 16,333 a 48,000 a (30 cm), enumeración de mohos y levadura de 43,333 a 29,000 a (60 cm). La principal propiedad fisicoquímica en el suelo de cacao que estimula el crecimiento de los microorganismos es la materia orgánica del suelo (a mayor materia orgánica entonces será mayor el número de microorganismos), el pH, nitrógeno y el porcentaje de arena, una relación directa (a mayor profundidad pH ácidos, como a mayor tiempo entonces menor número de microbios aerobios viables y actinomicetos, inversamente mohos y levaduras). Los datos mostraron una alta variabilidad en las propiedades evaluadas con una confiabilidad del 95% estadísticamente.

## I. INTRODUCCION

Uno de los problemas ambientales más graves en la actualidad es la contaminación del recurso suelo, agua y aire debido a la acción del hombre con prácticas inapropiadas en las labores agrícolas, también está relacionado con cambios demográficos y la agricultura migratoria en las últimas décadas, a medida que las poblaciones humanas crecen utilizan más áreas de terrenos donde puedan llevar a cabo sus actividades cotidianas y productivas, originando cambios físicos, químicos y biológicos en los suelos.

Los suelos de uso agrícola son vertidos por pesticidas que contienen metales pesados como el cadmio, arsénico, mercurio, plomo, y cromo, que son altamente tóxicos para el ser humano y que modifican las características fisicoquímicas del suelo, generando un ambiente propio de suelo contaminado y de enfermedades para el productor y consumidor. Los microorganismos presentes en el suelo pueden ser tanto inocuos como patógenos, en cuyo caso corre riesgo la integridad de todo aquel que consuma productos agrícolas de suelos contaminados, por tanto es necesario aplicar tecnologías orgánicas que mejoran las condiciones fisicoquímicas del suelo, mediante tratamiento con incorporación de microorganismos. Los microbios, han sido reportados como una alternativa para el tratamiento de los suelos contaminados, incrementando la densidad microbiana. Estudios realizados muestran que la mayoría de residuos provenientes de las labores agrícolas, aumentan la actividad microbiana del suelo (CADENAS, 2009). El uso de microbios eficientes, en los suelos a partir de residuos orgánicos, es una alternativa que beneficiaría directamente al agricultor en la producción,

comercialización, salud y preservación del medio ambiente, y además por el bajo costo que representa la aplicación de esta tecnología limpia, evitará que se tenga una agricultura convencional contaminada con tóxicos quienes alteran los ecosistemas.

Es indispensable mencionar que la calidad de un abono orgánico lo determina el material a partir del cual se elaboró y que para mantener valores constantes de calidad se debe tener un buen programa de elaboración en el cual nos permita planificar la materia prima de acuerdo a la época en que están disponibles. El presente proyecto pretende determinar la influencia de los microorganismos en suelos de cacao en el caserío Los Milagros, el cual será un beneficio para el agricultor, para el suelo, su producción y economía. Se ha planteado los siguientes objetivos:

### **Objetivo general**

Evaluar la influencia de microorganismos del bokashi en las características de los suelos de cultivo de cacao.

### **Objetivos específicos**

- Determinar las propiedades fisicoquímicas del bokashi en suelo de cultivo de cacao.
- Cuantificar el número de microorganismos en el bokashi en suelos de cultivo de cacao.
- Determinar la influencia de los microorganismos del bokashi sobre características fisicoquímicas de los suelos de cultivo de cacao.

## **II. REVISION DE LITERATURA**

### **2.1. Microorganismos eficaces**

Inicialmente fue desarrollado como un inoculante microbiano para aumentar los microorganismos benéficos y la diversidad microbiana del suelo. Con esto se pretendía mejorar la calidad y salud del suelo, para aumentar el crecimiento, producción y la calidad de los cultivos. Después de muchos estudios y prácticas, los efectos de los microorganismos fueron comprobados en gran cantidad de fincas. Hoy en día la tecnología EM es bastante popular en la agricultura natural orgánica

Los microorganismos benéficos tanto aeróbico como anaeróbicos, tienen diferentes funciones. Entre microorganismos se encuentran bacterias ácido lácticas y fotosintéticas, levaduras, actinomicetos y hongos fermentadores. Estos microorganismos existen en todos los ecosistemas naturales y son usados para el procesamiento de alimentos para animales. Son totalmente inocuos para los seres humanos y animales (MASAKI, 2000).

#### **2.1.1. Importancia de biodiversidad en el suelo**

La importancia radica en la diversidad y riqueza de especies en las comunidades microbianas, su funcionamiento en la descomposición de materia vegetal, residuos de animales y vertidos nocivos. Capaz de soportar mejor una perturbación específica de suelo (RUIZ, 2008).

### **2.1.2. Control biológico a base de equilibrio en el suelo**

Se encuentra en el suelo diversos organismos que son antagónicos a los microbios patogénicos. Esta condición se da en suelos que inhiben enfermedad, con la presencia de microorganismos como *Penecillium*, *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Paecilomyces*, *Streptomyces* y otros, que reducen al patógeno *Fusarium* menos de 5% no afectando el cultivo (FAO, 2002).

### **2.1.3. Suelos zimogénicos o fermentadores**

Son denominados por la acción de la descomposición o simplificación de las moléculas orgánicas por la presencia de microbios fermentativos que pueden ser anaerobios, facultativos, obligados. El suelo se caracteriza por tener olor agradable fermentado, propiedades físicas como aumento de agregados, efectos al suelo en permeabilidad, agregación, aireación y suavidad, además de nutrimentos, el cual estimula el crecimiento, producción y calidad de las cosechas (THOMPSON y TROEH, 1998).

### **2.1.4. Suelos sintetizadores**

Estos suelos contienen poblaciones significativas de microbios capaces de fijar nitrógeno atmosférico y dióxido de carbono en moléculas complejas como aminoácidos, proteínas y carbohidratos, con buen contenido de humedad. Poseen baja presencia de patógenos, suelos que inhiben enfermedades (OIRZA, 2001).

### **2.1.5. Intercambios y comunicaciones**

Los microbios como las micorrizas hacen puentes y caminos para trasladar fósforo de varios metros, incluso hasta 30 metros. Muchos hongos son puentes que penetran algunas raíces y descargan sustancias a los cultivos. Fenómenos que podrían ser mutualismo, comensalismo, protocooperación.

### **2.1.6. Bancos de nutrientes y reciclaje**

La biodiversidad asegura muy poca fuga de elementos como nitrógeno y potasio porque los microbios lo utilizan e intercambian continuamente como un banco, depósito de elementos esenciales. Estos microbios reciclan los elementos a otros seres vivos como parte de la cadena alimenticia y de equilibrio (ZAGAL, 2011).

### **2.1.7. Construcción y mejoramiento del suelo**

Muchos microbios producen ácidos sulfhídricos y ácidos orgánicos que disuelven elementos como fósforo, potasio, magnesio, manganeso, calcio, etc. atrapados en partículas finas provenientes de las rocas basales (MASAKI, 2000).

### **2.1.8. Reconstrucción reparación continua del suelo**

La presencia de diversos microbios permite una cadena de vida que incluye la mesofauna que ayuda a perforar los suelos y producir un sistema de drenaje, almacenamiento de agua y aireación. Esto además de la reparación de la estructura física del suelo con la fermentación de las ligninas que trae las cadenas

carbónicas largas de ácidos húmicos clave en la agregación de los suelos (MASAKI, 2000).

## **2.2. Muestreo de suelos**

El suelo es la base para el establecimiento de cualquier proyecto agrícola, pecuario, forestal o de construcciones civiles. Antes de establecerse cualquier uso del suelo es necesario conocer sus características. Cuando se quiere establecer cultivos agrícolas, pasturas o plantaciones forestales se debe evaluar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Luego de que las limitaciones del suelo han sido detectadas se puede determinar cuál es su uso más adecuado y cuál es el manejo racional que debería dársele

Es importante que la muestra de suelos sea representativa del terreno que se desea evaluar. Los análisis de suelos en el laboratorio se hacen siguiendo metodologías bastante detalladas y con técnicas analíticas cada vez más exactas y precisas (OSORIO, 2011).

### **2.2.1. Delimitación de suelos**

Es necesario identificar los diferentes tipos de suelos en la finca y los límites que estos suelos tienen dentro del paisaje para definir las unidades de muestreo. Usualmente los límites del suelo coinciden con el cambio en la pendiente del terreno (plano vs. inclinado), material parental (terracea aluvial vs. coluvio), uso (pastura vs. bosque), manejo (fertilizado vs. no fertilizado). OSORIO (2011) indica que cada tipo de suelo se considerará como un terreno homogéneo e

independiente (unidad de muestreo), que debe ser identificado con base en las características mencionadas (pendiente, material parental, uso, manejo).

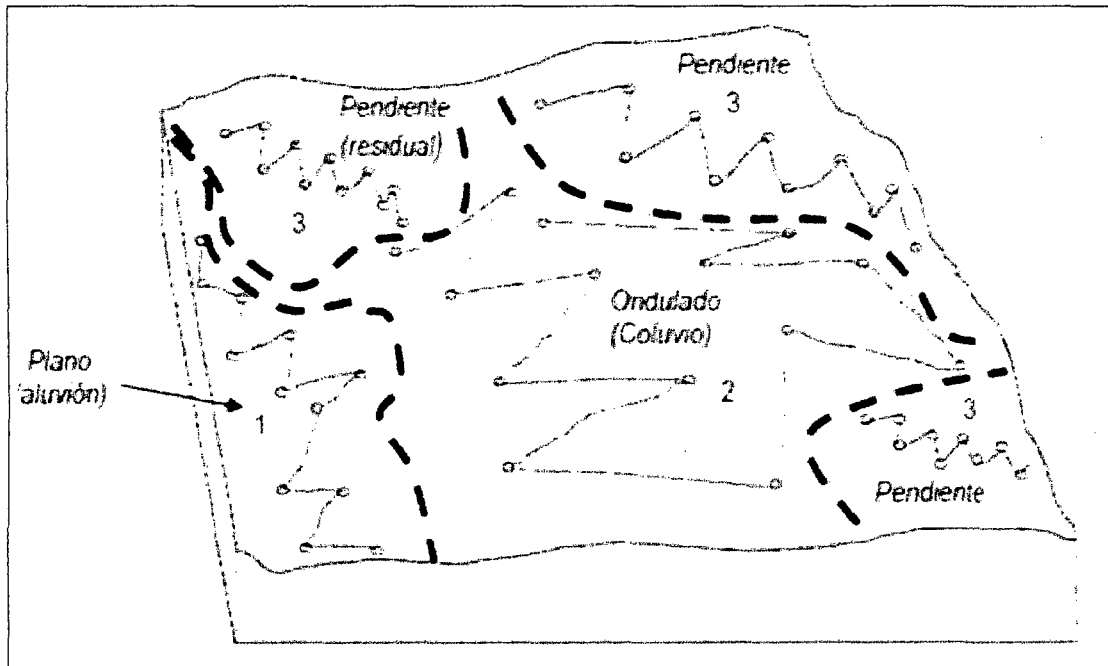


Figura 1. Diagrama de muestreo de suelos (OSORIO, 2011).

### 2.2.2. Toma de sub muestras

Dentro de cada unidad de muestreo se toma una muestra de suelo que es en realidad una muestra compuesta. Es decir, una muestra de suelo se compone de varias sub muestras tomadas aleatoriamente en el campo. El número de sub muestras por cada muestra es variable, como recomendación general se sugiere que para una unidad de muestreo se tomen 10-20 sub muestras.

### **2.2.3. Cuidados al tomar muestras del suelo**

Es importante mantener en mente que lo que se quiere es tener una muestra lo más representativa posible del suelo en cuestión. Durante el muestreo abstenerse de fumar, comer, o manipular otros productos (cal, fertilizantes, cemento, etc.) para evitar la contaminación de la muestra y obtener resultados falsos. No tome muestras cerca de caminos, canales, viviendas, linderos, establos, saladeros, estiércol, estanques o lugares donde se almacenen productos químicos, materiales orgánicos, o en lugares donde hubo quemaduras recientes. Lávese bien las manos antes de hacer el muestreo. No utilice bolsas o costales donde se hayan empacado productos químicos, fertilizantes, cal o plaguicidas. No tome muestras de un solo sitio del terreno (OSORIO, 2011).

### **2.3. Análisis de suelo**

El análisis químico del suelo constituye una técnica muy utilizada para la recomendación de fertilizantes. Es una fuente de información vital para el manejo de suelos, permite: clasificar los suelos en grupos afines, la información obtenida mediante los análisis de suelos, es la base para hacer recomendaciones sobre fertilización para situaciones específicas, los análisis constituyen una excelente guía para el uso racional de los fertilizantes. Sin embargo, no debe olvidarse que en la producción de cultivos, interviene un conjunto de factores de gran importancia como: clima, variedades, control fitosanitario, manejo general y otras, que podrían limitar el desarrollo adecuado de una planta si no se encuentra en el grado óptimo requerido. De todas maneras, la eliminación de las deficiencias

nutricionales se considera la más decisiva, responsable en la mayoría de casos hasta el 50 % en el rendimiento (CUESTA, 2006).

En general, mientras más elevado sea el contenido de nutrimentos en el suelo, menor será la probabilidad de obtener una respuesta a la aplicación de fertilizantes. El uso de análisis químico del suelo como guía para la adición de fertilizantes, involucra dos etapas, la interpretación de los resultados y la recomendación. La interpretación se refiere a la estimación de obtener respuesta mediante el empleo de fertilizantes, mientras que la recomendación es la interpretación práctica de los resultados obtenidos para aplicarla en la producción comercial de cultivos (FAO, 2002).

### **2.3.1. Población microbiana en el suelo**

El suelo se presenta gran cantidad y variedad de organismos, que constituyen su parte viva. Este material es uno de los más importantes del suelo por efecto que tiene en buena parte de sus propiedades. La biota del suelo la compone el conjunto de fauna y flora que viven en él; la gran mayoría de los organismos del suelo vive en capas superficiales, donde las condiciones de humedad, temperatura, ventilación y luminosidad, así como el espacio disponible, satisfacen sus necesidades (BROCK, 1996).

Las interacciones entre microorganismos son de vital importancia y pueden determinar la fertilidad del suelo y su potencial de producción. Tradicionalmente los productores buscan una producción estable y con altos niveles de rentabilidad, la cual no siempre considera la conservación del

recurso suelo, por el trabajo adicional y los limitados beneficios inmediatos. Hoy existe una fuerte conciencia ambiental que son benéficos (Figura 2), han originado el crecimiento acelerado de la demanda de alimentos orgánicos y la necesidad de involucrar procesos limpios en los sistemas de producción, los cuales deben considerar el adecuado desarrollo de los microorganismos y su participación en la dinámica del suelo.

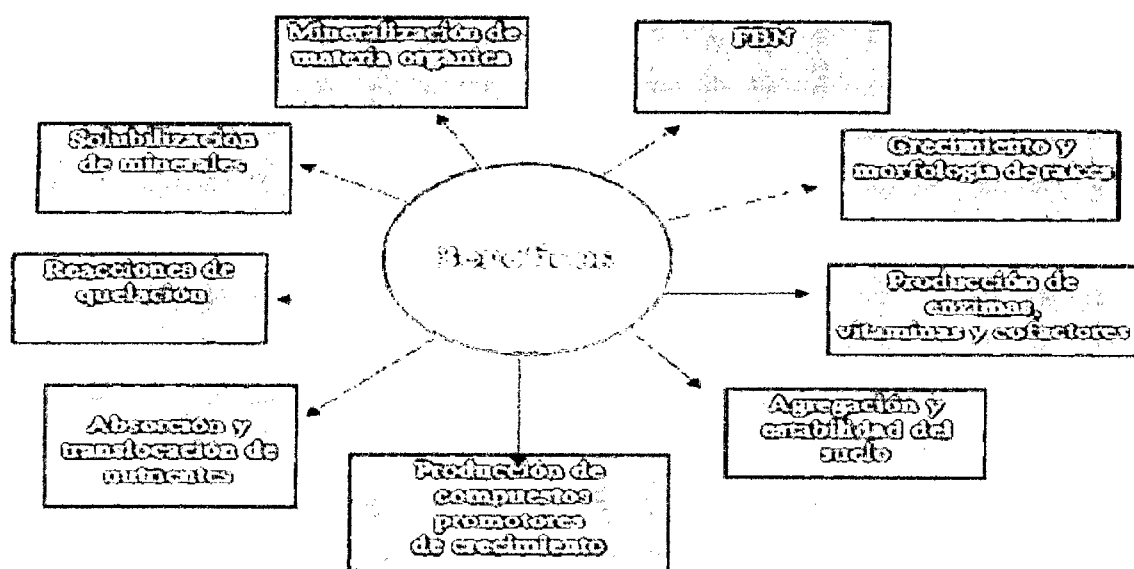


Figura 2. Beneficios del adecuado desarrollo de microbios en el suelo (SOMEX, 2008).

#### 2.4. Requerimientos de suelos para el cultivo del cacao

El crecimiento y la buena producción del cultivo de cacao no solo dependen de la existencia de las buenas condiciones físicas y químicas en los primeros 30 cm. de profundidad del suelo, donde se encuentra mayor porcentaje de raíces fisiológicamente activas encargadas de la absorción de agua y nutrientes; sino también de las buenas condiciones físicas y químicas de los horizontes o capas inferiores del suelo que permitan una buena fijación de la planta

y un crecimiento sin restricciones de la raíz principal que puede alcanzar hasta los 1.5 metros de profundidad si las condiciones del suelo lo permiten. Los suelos más apropiados para cacao son los aluviales, los francos y los profundos con subsuelo permeable. Los suelos arenosos son poco recomendables porque no permite la retención de humedad mínima que satisfaga la necesidad de agua de la planta, (MINISTERIO DE AGRICULTURA, 2004).

Los suelos de color negrozco son generalmente mejores puesto que están menos lixiviados. Otra característica es que debe poseer un subsuelo de fácil penetración por parte de la raíz pivotante y una adecuada profundidad. La profundidad del suelo es uno de los factores que determina la cantidad de agua susceptible de ser almacenada en el suelo y puesta a disposición de las plantas. En regiones donde las precipitaciones superan los 3,000 mm. la profundidad efectiva a considerar es de 1.00 m., que asegura la fijación estable de la planta y al mismo tiempo un suministro adecuado de agua a las raíces. Sin embargo, en regiones con épocas secas prolongadas es conveniente considerar un límite mínimo de profundidad en 1.50 m. para que se pueda aumentar el suministro de agua a las raíces (BIZZOZERO, 2006).

#### **2.4.1. Drenaje**

Está determinado por las condiciones climáticas del lugar, la topografía, la susceptibilidad del área a sufrir inundación y la capacidad intrínseca del suelo para mantener una adecuada retención de humedad y disponer de una

adecuada aireación. Existen problemas de drenaje interno por disposición de texturas en el perfil del suelo. Cuando hay texturas arcillosas en el subsuelo, estas no permiten el rápido movimiento del agua originando procesos de óxido reducción que ocasionan la aparición de moteaduras.

#### **2.4.2. El pH del suelo**

Es una característica importante de los suelos porque contribuye a regular la velocidad de descomposición de la materia orgánica, así como la disponibilidad de elementos nutritivos. El cacao se desarrolla eficientemente cuando el pH se encuentra en el rango de 6.0 a 6.5; permitiendo obtener buenos rendimientos. Sin embargo, también se adapta a rangos extremos desde muy ácidos hasta muy alcalinos cuyos valores oscilan de pH 4.5 hasta el pH de 8.5, donde la producción es decadente o muy deficiente, en estos suelos se debe aplicar correctivos (PELCZAR, 1993).

#### **2.4.3. Materia orgánica**

La materia orgánica es uno de los elementos que favorece la nutrición del suelo a través de ésta a la planta. Su contenido en el suelo influye en las condiciones físicas y biológicas de la plantación. Así mismo, favorece la estructura del suelo posibilitando que se desmenuce con facilidad. Al mismo tiempo, evita la desintegración de los gránulos del suelo por efecto de lluvias. Otro factor importante de la materia orgánica es que constituye el alimento de los micros elementos del suelo que participan en forma activa en la formación y desarrollo del suelo. Producto de la descomposición de la materia orgánica en el suelo se obtiene

el humus que constituye un depósito de calcio, magnesio y potasio (GARCIA, 2003).

#### **2.4.4. Topografía**

Es otro elemento importante para el establecimiento de plantaciones de cacao, una topografía accidentada impide la mecanización y la aplicación de técnicas modernas, además que estas zonas están sujetas a la erosión constante por efecto de lluvias lo cual constituye un problema muy serio que ocasiona la pérdida de la capa arable del suelo. Con la finalidad de evitar que ocurra se deben realizar prácticas de conservación de suelos, como barreras vivas, barreras muertas, siembra a curvas a nivel, coberturas vegetales. Por lo general, en pendientes mayores al 15% las actividades agrícolas se realizan manualmente; en tanto que en pendientes menores se puede hacer uso de maquinarias y la aplicación de tecnología moderna (CASTRO, 2009).

#### **2.5. Importancia del análisis químico del suelo para mejorar la producción agrícola**

Las características físico químicas del suelo, deben ser conocidas por el productor agrícola, el crecimiento y desarrollo de cultivos y la cantidad y calidad de las cosechas, están en relación directa con nutrientes y las características de los suelos. El rendimiento de un cultivo es afectado por diversos factores, entre los que ocupa un lugar importante la disponibilidad de los nutrientes esenciales para las plantas en el suelo. Cuando estos nutrientes no están en cantidades

adecuadas, hay necesidad de adicionar fertilizantes químicos o enmiendas para suplir las necesidades y corregir condiciones adversas. Desde este punto de vista, el análisis químico del suelo puede suministrar información muy valiosa (MINISTERIO DE AGRICULTURA y GANADERIA, 1991).

## **2.6 Microorganismos eficientes**

El concepto de Microorganismos Eficaces (ME), consiste en un cultivo mixto de microorganismos benéficos, de ocurrencia natural, que pueden ser aplicados como inoculantes para incrementar la diversidad microbiana de los suelos y plantas. Investigaciones determinaron que la inoculación de cultivo ME al ecosistema suelo, planta pueden mejorar la calidad, salud del suelo, y el crecimiento, producción y calidad de los cultivos. ME contiene especies seleccionadas de microorganismos incluyendo poblaciones predominantes de bacterias acidoláticas, levaduras y bacterias fotosintéticas. Todos estos compatibles mutuamente unos con otros y capaces de coexistir en un cultivo (FUNDASES, 2010).

### **2.6.1. En los suelos**

Efectos de los microorganismos en el suelo, están enmarcados en el mejoramiento de las características físicas, químicas, biológicas y supresión de enfermedades. Así pues entre sus efectos se enmarcan en:

- Efectos en las condiciones físicas del suelo: Acondicionador, mejora la estructura y agregación de las partículas del suelo, reduce su compactación,

incrementa los espacios porosos y mejora la infiltración del agua. De esta manera se disminuye la frecuencia de riego, tornando los suelos capaces de absorber 24 veces más las aguas lluvias, evitando la erosión, por el arrastre de las partículas.

- Efectos en las condiciones químicas del suelo: Los microbios mejoran la disponibilidad de nutrientes en el suelo, solubilizándolos, separando las moléculas que los mantienen fijos, dejando los elementos disgregados en forma simple para facilitar su absorción por el sistema radical.
- Efectos en la microbiología del suelo: Los microbios eficientes suprimen o controlan las poblaciones de microorganismos patógenos que se desarrollan en el suelo, por competencia. Incrementa la biodiversidad microbiana, generando las condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos nativos prosperen (VIDAL, 2011).

Los microorganismos eficientes actúan de manera que toman sustancias generadas por otros organismos, basando en ello su funcionamiento y desarrollo. Las raíces de las plantas secretan sustancias que son utilizadas por los microorganismos eficientes para crecer, sintetizando aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y otras sustancias bioactivas. Cuando los microorganismos eficientes incrementan su población, como una comunidad en el medio en que se encuentran, se incrementa la actividad de los microorganismos

naturales, enriqueciendo la micro flora, balanceando los ecosistemas microbiales, suprimiendo microorganismos patógenos (ALVA, 2000).

Los caldos microbiológicos generados por bacterias aerobios y anaerobios, permiten incrementar en la pila, las poblaciones de bacterias, hongos, actinomiceto y levaduras encargados del proceso de transformación de las formas orgánicas no utilizadas por las plantas a una forma inorgánica asimilable por ellas (mineralización de la materia orgánica). Constituyen a acelerar el proceso de transformación, de la materia orgánica en abono orgánico rico en microorganismos que generan la actividad microbiana del suelo (CUESTA, 2006).

### **2.6.2. Cultivos orgánicos**

Los microbios cuando entran en contacto con materia orgánica secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales quilatados y fundamentalmente sustancias antioxidantes. Además mediante su acción cambian la micro y macroflora de los suelos, y mejoran el equilibrio natural, de manera que los suelos causantes de enfermedades se conviertan en suelos supresores de enfermedades, y ésta se transforme a su vez en suelo azimógeno.

A través de los efectos antioxidantes promueven la descomposición de la materia orgánica y aumentan el contenido de humus. Se utiliza junto con la materia orgánica para enriquecer los suelos y para mejorar la flora y la labranza. Dichos microorganismos se encuentran en estado latente y por lo tanto se utiliza para hacer otros productos secundarios de microorganismos (BROCK, 1996).

Una de las bases que sustenta la agricultura orgánica es considerar el suelo como un organismo vivo, dinámico, que nace, madura y muere, presentando una transformación similar a la de un organismo o comunidad biótica. Las prácticas utilizadas actualmente en la agricultura orgánica consisten en nutrir los micro y macro organismos del suelo para que faciliten en las plantas la asimilación de los elementos esenciales para su desarrollo. El empleo continuo de materia orgánica durante el establecimiento y mantenimiento de las plantaciones de cacao, constituye la forma más eficiente para crear condiciones favorables en el desarrollo y multiplicación de los microorganismos; prácticas que mejoran la fertilidad del suelo y elevan su potencial productivo (MEJIA, 2005).

### **2.6.3. Influencias físicas en cultivos orgánicos**

Los microbios, como inoculante restablecen el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físicas químicas, incrementando la producción de los cultivos y su protección; además conserva los recursos naturales, generando una agricultura sostenible. En los semilleros, se produce aumento de la velocidad y porcentaje de germinación de las semillas, por su efecto hormonal, similar al del ácido giberélico. Aumento del vigor y crecimiento del tallo y raíces, desde la germinación hasta la emergencia de las plántulas, por su efecto como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. Incremento de las probabilidades de supervivencia de las plántulas (ECOMERCADOS, 2005).

#### **2.6.4. Influencias químicas**

Los mayores contenidos en promedio de microorganismos, N, P, K, Ca y Mg se encontraron en residuos animales en relación a los vegetales, por lo que se recomienda que al momento de elaborar enmiendas orgánicas deben incorporarse materiales de origen animal con la finalidad de obtener un producto con mayor valor nutricional (PÉREZ, 2008).

#### **2.7. Proporción de mezcla de materiales en diferentes tipos de bokashi**

La elaboración de bokashi se realiza mezclando diferentes fuentes orgánicas en diferentes estados de descomposición. El bokashi es procesado a una temperatura fluctuante entre 45 y 50 °C. A continuación se indica la proporción de mezcla de los materiales utilizados en los bokashi (FORSYTHE, 2005).

1. Tipo "BPP" (658 kg cascarilla de arroz carbonizada al horno, 658 kg de gallinaza, 23 kg de melaza y afrecho de arroz y 23 kg de tierra de bosque).
2. Tipo "BPJ" (1316 kg de gallinaza, 1316 kg de pulpa de café, 100 kg tierra de bosque y una proporción menor a 50 kg de residuos vegetales<sup>1</sup>).
3. Tipo "BAA" (1818 kg de gallinaza, 1818 kg estiércol vacuno, 364 kg cascarilla de arroz quemada, 227 kg cascarilla de arroz sin procesar, 227 kg pedúnculo del racimo de banano picado, 227 kg afrecho de arroz, 9 kg de materiales inoculados con microorganismos eficientes, 30 L de melaza y 200 L de agua).
4. Tipo "BJJ" (1818 kg de gallinaza, 1818 kg de estiércol vacuno 545 kg ceniza de cascarilla de arroz, 275 kg suelo de bosque, 91 kg afrecho de arroz, 2.3 kg de levadura, 95 L de melaza y 200 L de agua).

5. Tipo "BBO" (1818 kg gallinaza, 909 kg estiércol bovino, 682 kg de estiércol ovino o de cabra, 445 kg ceniza de cascarilla de arroz, 227 kg aserrín de madera, 445 kg afrecho de arroz, 2.3 kg levadura, 95 L de melaza, y 190 L de suero de leche).
6. Tipo "BVT" (1600 kg de gallinaza, 1600 kg de estiércol vacuno, 1000 kg ceniza de cascarilla de arroz, 275 kg tierra de bosque, 91 kg afrecho de arroz, 2.3 kg de levadura, 95 L de melaza y 200 L de agua).

Cuadro 1. Propiedades físicas y químicas de los diferentes tipos de bokashi

Tipos de bokashi	Contenidos de los elementos (%)											Humedad (%)	
	pH	CE dS cm <sup>-1</sup>	MO	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu		Zn
BPP	8.10	8.92	32.1	1.4	3.8	2.2	11.6	1.19	0.47	0.04	0.01	0.2	40.00
BPJ	8.80	13.4	44.7	1.4	6.1	3.6	21.7	1.47	0.45	0.10	0.07	0.1	26.40
BAA	8.60	21.2	20.1	1.5	1.5	2.9	11.4	1.35	1.24	0.05	0.01	0.1	10.10
BJJ	8.20	17.6	40.2	1.6	1.3	2.5	4.38	1.18	1.22	0.04	0.01	0.1	46.10
BBO	6.70	14.3	40.2	1.3	0.7	1.5	8.17	0.84	1.54	0.04	0.00	0.0	46.10
BVT	8.40	6.95	22.1	1.0	1.2	1.8	7.50	1.23	2.00	0.05	0.01	0.0	13.10
Prom.	8.13	13.7	33.2	1.4	2.4	2.4	10.8	1.21	1.15	0.05	0.02	0.0	30.30
EE	0.31	2.17	4.19	0.0	0.8	0.3	2.43	0.09	0.25	0.01	0.01	0.1	6.61
CV	9.19	38.5	30.8	13	83	31	54.8	17.5	52.5	46.1	141	67	53.47

Fuente: OIRZA (2001).

## 2.8. Variabilidad de microorganismos en el suelo

La gran variabilidad de microorganismos dependen de la composición de los suelos referida a cantidad y tipo de sustancias nutritivas, la humedad, aireación, temperatura, pH, las interacciones, la presencia de raíces y las prácticas

agrícolas, producen grandes diferencias en la densidad y diversidad de la población microbiana. Además, todos estos factores ocasionan una compleja red trófica o trama alimentaría en el suelo, que permite la sobrevivencia de unos y la inhibición de otros (AQUINO *et al.*, 1989).

### **2.8.1. Las bacterias del suelo**

Los microbios más abundantes y pequeños (0,1 a 1 micras). Pueden ser aerobias (crecen con oxígeno), anaerobias (crecen sin oxígeno) o facultativas (crecen con o sin oxígeno). Pueden tolerar pH ácido (acidófilas), pH básico (basófilas) o pH neutro (neutrófilas). En suelos ácidos algunas bacterias neutrófilas tienen la capacidad de neutralizar el suelo donde se están desarrollando para cumplir su función (MASAKI, 2000).

Si las bacterias se alimentan de compuestos orgánicos son heterótrofas. Si se alimentan de inorgánicos, son autótrofas. Las que se desarrollan a temperaturas medias (15 a 40 grados centígrados) son mesófilas, a temperaturas menores a 15 grados centígrados son psicrófilas y a temperaturas mayores a 40 grados centígrados son termófilas. La mayoría de las bacterias del suelo que son importantes para las plantas son heterótrofas, aerobias y mesófilas (BRAVO, 2004).

### **2.8.2. Los actinomicetos del suelo**

Género muy heterogéneo de eubacterias gram positivas, con tendencia a desarrollar formas filamentosas. Incluye miembros de microbios del suelo (estreptomicetos, actinoplanáceas y otros), se encuentran en el suelo, las

aguas estancadas, el lodo y los materiales orgánicos en degradación. Se nutren de materiales orgánicos (heterótrofos). Degradan desde azúcares simples, proteínas, ácidos orgánicos hasta substratos muy complejos compuestos por hemicelulosas, ligninas, quitinas y parafinas. Por esto son importantes en el proceso de transformación hasta la obtención del humus en el suelo. Además son considerados como los mejores agregadores del suelo, pues son muy eficientes produciendo sustancias húmicas (BROCK, 1996).

### **2.8.3. Recuento de bacterias**

Se peso 10 g de muestra y se homogenizaron con 99 ml de citrato de sodio al 2% a partir de esta dilución  $10^1$  se prepararon diluciones seriadas  $10^{-2}$  a  $10^{-3}$  que se sembraron en placa petri vacías y estériles, se procedió a verter el agar mann rogosa sharp (MRS), temperado, luego se incubo por 48 horas medio anaeróbico a la temperatura 37 °C, para termófilos a una temperatura de 42 °C apropiada. En condiciones de microaerofilia (5 – 10% de  $CO_2$ ), las placas petri se procederán a ser contadas las colonias en un equipo estándar u otro tipo de lupa con luz donde se multiplique el recuento por el factor de dilución, para determinar el número de colonias por ml (BROCK, 1996).

### **2.8.4. Mohos mucilaginosos**

Mohos también llamados mohos del limo o mohos del fango, son organismos pluricelulares que forman unos cuerpos fructíferos diminutos y de diversas formas que producen esporas. Todos son móviles y viven principalmente

en los bosques, en ambientes húmedos. Pertenecen a dos subgrupos: los mohos mucilaginosos acelulares y los mohos mucilaginosos celulares (BELTRAN, 2003).

#### **2.8.5. Levaduras del suelo**

El término levadura no es valor taxonómico pero el grupo incluye hongos que existen como unicelulares que se reproducen por gemación o fisión, se diferencian dos categorías principales: el grupo esporógeno que genera ascosporas y el que no lo hace. Los géneros del suelo frecuentes son; *Candida*, *Cryptococcus*, *Debaryomyces*, *Hansenula*, *Lypomyces*, *Pichia*, *Pullularia*, *Rhodotorula*, *Saccharomyces*, en función del lugar es aproximadamente de 200 a 100,000/g de suelo o más. En climas templados se detectan poblaciones de  $10^3$ /g de suelo en bosques (THOMPSON y TROEH, 1998).

#### **2.8.6. Recuento de mohos y levaduras**

Se inocula con pipeta graduada estéril, 0.5 ml en medio de Oxitetraciclina Glucosa Extracto de Levadura Agar (OGYE), para hongos, luego se extendió el inóculo en la placa con el asa de Digrasky en condiciones de total esterilidad e incubar en estufa de cultivo a 28 °C durante 24 a 48 horas, la interpretación y resultados es mediante la visualización de las colonias formadas. (GRANADOS y VILLAVERDE, 1997).

### **2.9. Producción cacao orgánico a nivel nacional**

Se proyectó que la producción de cacao en grano en el Perú este año aumentará 17.5%, debido principalmente al dinamismo de la demanda de la

industria de confitería, que a pesar de la crisis seguirá creciendo; y a ello se suma que los mejores precios del cacao orgánico (frente al no orgánico) seguirán alentando su cultivo (PYMEX, 2009).

### **2.9.1. Importancia de la producción de cacao orgánico**

Un rubro de creciente importancia (Cuadro 2), a nivel nacional es la exportación de cacao, hasta antes del 2001, las estadísticas nacionales generalmente registraban volúmenes exportados de manteca, licor y cocoa. Sin embargo, a partir de ese año se registra la exportación de grano de cacao principalmente a mercados europeos (PROMPERU, 2009).

Cuadro 2. Volumen de producción a escala distrital y provincial, principales cultivos, campaña 2004-2005 (Tm).

Productos principales	Rupa Rupa (tm)	José crespo y Castillo (tm)	Mariano Dámaso B. (tm)	Padre Felipe Luyando (tm)	Daniel Alomia Robles (tm)	Hermilio Baldizan (tm)	Provincia (tm)
Cítricos	1,590.8	7,682.4	77.6	43.7	0.0	261.9	10,049.2
Palto	955.5	0.0	0.0	147.0	304.5	304.6	1,711.5
Cacao	1,119.6	3,165.6	275.8	381.6	538.6	46.1	5,497.2
Café	463.1	367.2	343.2	89.3	682.4	1,122.0	3,067.1
Arroz cascara	1,388.0	2,392.0	80.0	50.0	0.0	0.0	3,910.0
Maíz amarillo duro	1,424.8	631.8	364.0	156.0	0.0	26.0	2,062.0
Yuca	2,156.0	0.0	0.0	0.0	0.0	429.0	2,585.0
Frijol grano verde	0.0	0.0	218.9	55.4	0.0	24.6	295.9
Papaya	0.0	0.0	0.0	325.0	0.0	0.0	325.0
Plátano	24,864.0	69,432.0	468.0	2,712.0	3,024.0	1,274.0	101,774.0
VP principales cultivos	33,961.0	83,641.0	1,827.5	4,352.7	4,549.4	3,488.1	131,820.5
Princip. cultivos%	90.8	100.0	88.0	87.9	93.3	78.3	1.0
Total volum. produc.	40,917.8	100,772.3	2021,.84	5,244.2	5,481.3	4,202.5	158,819.9
Porcentaje VP distrital VP provincial	25.8	63.5	1.4	3.3	3.5	2.7	1.0

Fuente: MPLP (2007).

El cacao orgánico tiene un gran impacto socioeconómico y ecológico en Latinoamérica. Una gran parte de la producción está en manos de pequeños

productores, que suelen organizar en cooperativas. Por lo general, estos pequeños agricultores venden sus productos con bajo valor añadido. La producción de cacao suele ir asociada a unas condiciones laborales pésimas, el uso de pesticidas tóxicos y la deforestación. Sin embargo, hay ejemplos de productores de cacao que están buscando innovación y enfoques sostenibles.

### **2.9.2. Certificación orgánica**

Entre las buenas prácticas cabe destacar la creación de asociaciones para comercializar la producción de cacao, la certificación orgánica y el acceso directo al mercado, así como la conservación de la biodiversidad de la producción de cacao. El grupo también reflexionó sobre las malas prácticas. Muchos productores venden su grano de cacao sin haber procesado adecuadamente, con lo cual venden productos de mala calidad con un valor añadido bajo (PYMEX, 2009).

### **2.9.3. Control de la comercialización**

Una de las prácticas innovadoras prometedoras de las que se habló fue mejorar el control que ejercen los productores en la comercialización de sus productos lo cual les permitiría aumentar sus beneficios e ingresos (TEUNISSEN, 2009).

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Ubicación política del sector Los Milagros

El área de estudio está ubicada políticamente en el departamento de Huánuco, provincia de Leoncio Prado, distrito de José Crespo y Castillo, está conformado por los caseríos Pueblo Nuevo, Aspuzana Nueva y Antigua, Puerto Prado, Locro, Cuchara, La Roca, Santo Domingo de Andas, Pucati, Saipai, Los Milagros:

Caserío	Los Milagros
Distrito	Rupa Rupa
Provincia	Leoncio Prado
Departamento	Huánuco
Región	Huánuco

#### 3.1.1. Ubicación geográfica

Las coordenadas UTM del área de estudio en el caserío Los Milagros son:

Zona y latitud:	18L		
A	:	390985E	8994900N
B	:	390997E	8994894N
C	:	390988E	8994866N
D	:	390976E	8994872N

### **3.1.2. Límites del área de trabajo del sector Los Milagros**

El ámbito de estudio comprende exclusivamente parte del caserío de Los Milagros en el distrito de José Crespo y Castillo, creada por Ley N° 14777 del 26 de diciembre de 1963, sus límites son:

- **Por el norte:** Colinda con la carretera Fernando Belaunde.
- **Por el este:** Colinda con el Sra. Deisi Cruz Escalante.
- **Por el oeste:** Colinda con el Sr. Wilfredo Ascencios Bedoya.
- **Por el sur:** Colinda con el rio Tulumayo.

### **3.1.3. Extensión**

El área de trabajo tiene aproximadamente 10 Has de suelos aprovechados para la agricultura con sembríos de cacao, café, arroz, cítricos, entre otros cultivos.

### **3.1.4. Altitud**

La localidad de Los Milagros tiene una altitud media de 640 msnm.

### **3.1.5. Factores climáticos**

El clima es generalmente cálido y húmedo característico de zona de selva alta, sin variación notables, la humedad relativa es de 85% y una precipitación anual promedio de 3500 mm, con temperaturas medias anuales, que oscilan entre los 22 y 33 °C y con máximas de 36°C. Presentan precipitaciones en promedio de 3500 mm (MPLP, 2007)

### **3.1.6. Fisiografía y zonas de vida**

Los Milagros fisiográficamente presenta unidades geográficas como lomadas o colinas bajas caracterizadas por pequeños cerros alargados y de pendientes poco pronunciadas entre 10% y 35%, predominan las areniscas y conglomerados, los suelos son aparentes para cultivos en limpio, pastos y cultivos permanentes, los valles aluviales se caracterizan principalmente por su topografía plana, conformado por sedimentos aluviónicos tanto recientes como antiguos, acarreados y depositados principalmente por el río Huallaga, de paisaje montañoso, desde el punto de vista ecológico está constituido por un bosque húmedo tropical transicional a bosque muy húmedo y un promedio de precipitación total por año variable entre 3,500 y 3,800 mm, según el diagrama Bioclimático de Holdridge. Lo que ubica a esta zona de vida en bosque húmedo pre montano tropical (bhpmnt).

### **3.1.7. Aspectos socioeconómicos**

La población económicamente activa de importancia es la agricultura, con productos como el plátano, cacao, café, cítricos, con un régimen de trabajo de préstamo de jornal, en algunos casos con un ingreso promedio de 20 a 25 nuevos soles por día. La producción se comercializa en la ciudad de Tingo María, en cooperativas o en comerciantes particulares.

## **3.2. Materiales**

### **3.2.1 Materiales para la preparación del bokashi**

- 25 kg. de cascarilla de arroz
- 5 kg. de bagazo de caña
- 20 kg. de residuos de cosecha
- 50 kg. de excremento de animales mayores
- 25 kg. de carbón vegetal molido
- 5 kg. de espiga de arroz
- 5 kg. de cal agrícola
- 25 kg. de suelo de bosque
- 3 litros de melaza
- 10 kg. de harina de hueso de animal
- 2 kg. de roca fosfórica
- 0.5 kg. de azufre
- 1 kg. de levadura de pan
- 20 litros de agua

### **3.2.2 Herramientas y equipos**

- Motocicleta.
- GPS (Garmin XL 12).
- Cámara digital (Sony DCS-W110)
- Cinta métrica de 5 m.
- Imágenes satelitales IKONOS 2011.
- Libreta de registro.
- Lapicero y lapiz
- Equipo de cómputo (HP All-in One 200).
- Impresora HP C4400.

### **3.2.3 Unidades**

- Laboratorio de Suelos – adscrito a la Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Laboratorio de Microbiología – adscrito a la Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Gabinete de Topografía – adscrito a la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

### **3.3. Metodología para operación en campo y laboratorio**

#### **3.3.1. Evaluación preliminar**

Consistió en el reconocimiento del terreno según el método OSORIO (2011), además se observó la topografía del terreno, la pendiente y calicatas iniciales con la finalidad de ver el estado que se encontró el suelo.

#### **3.3.2. Operación de campo**

La incorporación de Bokashi al suelo de cultivo de cacao, se hizo previa limpieza de la hojarasca, se delimitaron a 1 m<sup>2</sup> de terreno para cada planta de cacao, se roció uniformemente 5 kg de abono Bokashi por planta de cacao, haciendo un total de 150 kg, para 30 plantas, se mezcló con la tierra, proceso que se repitió a diferente tiempo de maduración (20, 40 y 60 días). Se analizó las características físicas (arena, limo y arcilla), químicas (materia orgánica, N, P, K y pH) y la influencia de los microorganismos en el suelo. El periodo de evaluación entre tratamientos fue de 20 días como tiempo de maduración. El muestreo consistió en la recolección de sub muestras de suelo del área en estudio mediante

calicatas al azar, mediciones directas de ciertos parámetros. Se cabo a diferentes profundidades de 10, 20, 30, 60 cm, las sub muestras fueron embolsados y rotulados para su traslado a los laboratorios de Suelos y de Microbiología las cuales se muestran en el cuadro 3 para los análisis (arena, limo y arcilla) y (bacterias, actinomicetos, mohos y levaduras) respectivamente (AQUINO *et al.*, 1989).

### **3.3.3. Operación de laboratorio**

Consistió en uso de equipos e instrumentos de laboratorio para la determinación de parámetros fisicoquímicos, las sub muestras se analizaron en el laboratorio de suelos, se peso 5 g. de muestra de suelo y se colocó en un embudo sobre papel filtro, se lavo con porciones sucesivas de agua hasta eliminación completa de los componentes solubles, luego se verifico la eliminación de cloruros con nitrato de plata, se lavo la solución con acetato de amonio, recibiendo el resultado en una fiola a completar 100 ml, de la solución obtenida se determino posteriormente (Ca, Mg, Na, K), el papel filtro que contiene la muestra se lavo con alcohol etílico para eliminar el amonio no combinado. Se determino si ya no contiene la muestra mediante una operación con el reactivo mercurioso hasta que cese el precipitado blanco inicial. La muestra filtrada se coloco en el balón de destilación y se agrego aproximadamente 300 ml de agua destilada y 5 g. de MgO. Se destila el amonio captándolo en una solución de 20 ml de acido bórico al 2% y de 1 a 3 gotas de indicador. Al captar las primeras porciones de amonio la solución cambiará de rojo a verde, el amonio se verifica al final de la destilación

luego de 10 a 15 minutos, con otra porción básica e indicador. Se valorara el amonio con acido clorhídrico al 0.05N anotando el gasto (AQUINO *et al.*, 1989).

En el laboratorio microbiología, de la sub muestra de suelo, se pesó 10 gr, se realizo diluciones decimales seriadas para posterior siembra de inculo de cada dilución en placas, método estándar de placas (APHA). Se diluyo en un matraz con 90 ml de agua peptona (AP) 0.1%, luego se filtro y de tomo 1 ml realizándose hasta la dilución  $10^3$ . Luego se procedió a sembrar un inculo de 0.25 de cada diluciones, se incubo a  $35^{\circ} - 37^{\circ} \text{C}$  por 24 a 48 hs. Se realiza la enumeración de microorganismos por gramo (GRANADOS y VILLAVERDE, 1997).

### 3.3.4. Procesamiento de datos

Reporte de resultados, consiste en el análisis estadístico de la información obtenida en campo y laboratorio, interpretación de resultados, en función a los objetivos.

Cuadro 3. Método de análisis fisicoquímico y microbiológico.

Análisis	Variable	Método	Equipo/Material/Unidad
Físicos	Fisiografía	GPS	Imagen satelital
	Textura	Hidrómetro	Laboratorio
Químicos	Materia orgánica	Walkley y Black	Laboratorio
	Fosforo disponible	Olsen	Laboratorio
	Potasio disponible	Acido sulfúrico 6N	Laboratorio
	Nitrógeno	% M.O.x 0.045	Laboratorio
	CIC	Acetato de amonio	Laboratorio
	Calcio	Absorción atómica	Laboratorio
	Magnesio	Absorción atómica	Laboratorio

	Sodio	Absorción atómica	Laboratorio
	NMAV	Estándar de placas APHA	Laboratorio
Microbiológico	NACTIN	Estándar de placas APHA	Laboratorio
	NML	Estándar de placas APHA	Laboratorio

Fuente: Elaboración Propia

NMAV: Numeración de microorganismos Aerobios Viables, NACT: Numeración de Actinomicetos, NML: Numeración de Mohos y Levaduras

### 3.4. Ubicación de las calicatas

Se han georeferenciado los puntos donde se hizo 3 calicatas al azar haciendo un total de 12 sub muestras de suelo (Cuadro 4).

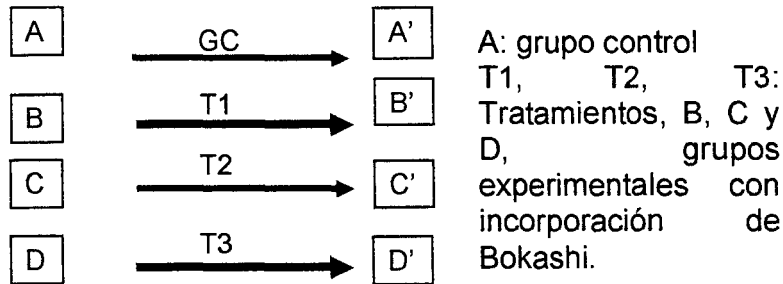
Cuadro 4. Coordenadas UTM de calicatas

N° de Calicatas	Coordenadas UTM	
1	390992E	8994892N
2	390983E	8994884N
3	390985E	8994872N

Fuente: Elaboración Propia

### 3.5. Diseño experimental

El diseño experimental que se aplico es el diseño de estímulo creciente en la que se tomó tres bokashi a diferente tiempo (20, 30 y 60 días) de maduración a dosis de 5 kg/planta de cacao, y tres repeticiones por tratamiento, de acuerdo al esquema siguiente:



A: Grupo Control, B: Grupo experimental, C: Grupo experimental, D: Grupo experimental.

Cuadro 5. Tratamientos realizados con sus respectivos componentes

Tratamiento	Bacterias (m.o./g suelo)	Actinomicetos (m.o./g suelo)	Levad./Hong. (m.o./g suelo)
GC	Grupo control	Grupo control	Grupo control
T1	Concentración de 20 días del Bokashi e incorporación al suelo cacaotal.	Concentración de 20 días del Bokashi e incorporación al suelo cacaotal.	Concentración de 20 días del Bokashi e incorporación al suelo cacaotal.
T2	Concentración de 40 días del Bokashi e incorporación al suelo cacaotal.	Concentración de 40 días del Bokashi e incorporación al suelo cacaotal.	Concentración de 40 días del Bokashi e incorporación al suelo cacaotal.
T3	Concentración de 60 días del Bokashi e incorporación al suelo cacaotal.	Concentración de 60 días del Bokashi e incorporación al suelo cacaotal.	Concentración de 60 días del Bokashi e incorporación al suelo cacaotal.

Fuente: Elaboración Propia

M.O.: Microorganismos, G.C.: Grupo Control 0 días, T1: 20 días de concentración del Bokashi, T2: 30 días de concentración del Bokashi, T3: 60 días de Concentración del Bokashi.

### 3.6. Diseño estadístico

Se determino las propiedades fisicoquímicas, como la cuantificación de microbios en suelo de cultivo de cacao, los datos se procesaron para su significancia estadística con el diseño bloques completamente al azar

(DBCR), considerándose el análisis de varianza para determinar el efecto con los tratamientos con Bokashi, sobre las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del suelo.

### **3.6.1. Análisis de datos**

Mediante el SPSS se utilizó los datos para encontrar la correlación y su interpretación con las pruebas de Duncan, apoyadas por cuadros y gráficos.

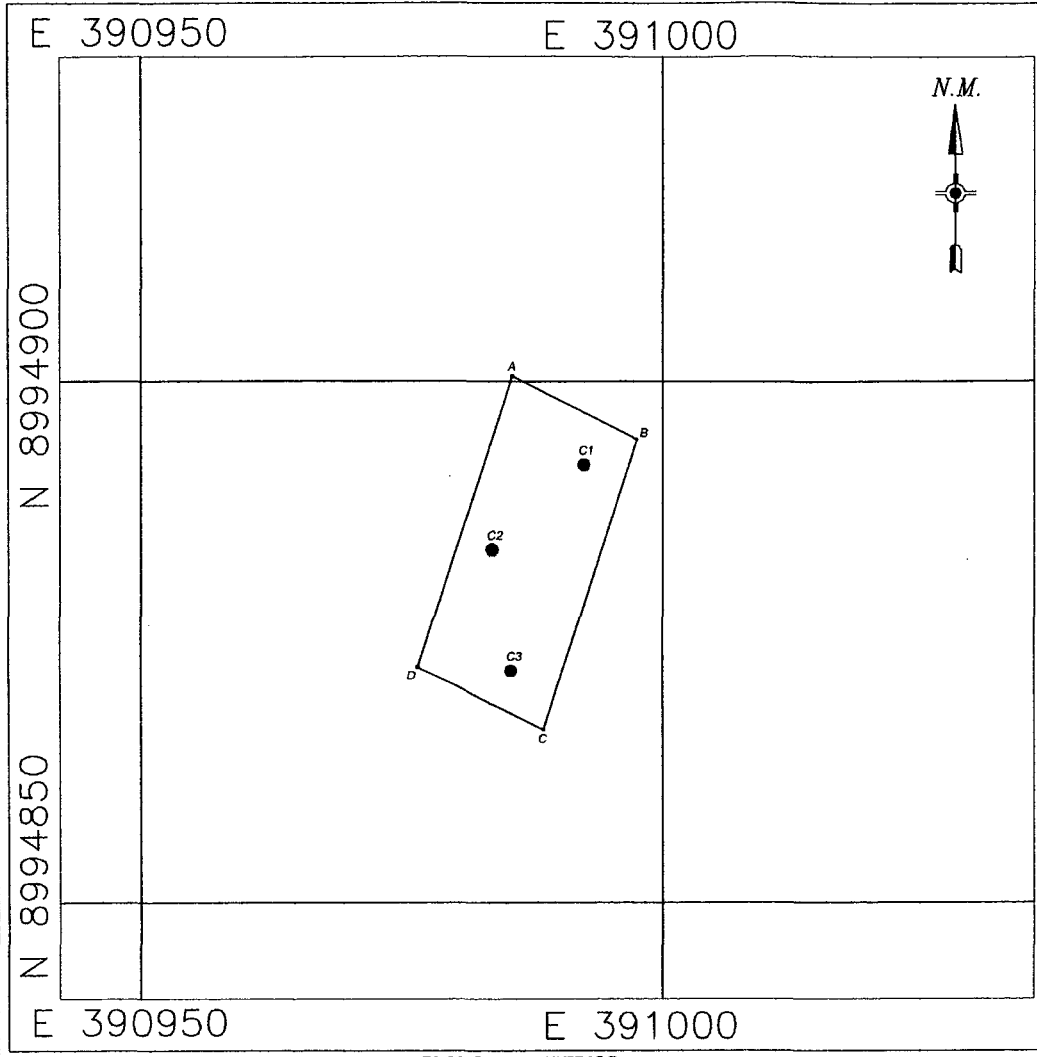
## **3.7. Variables**

### **3.7.1. Dependiente**

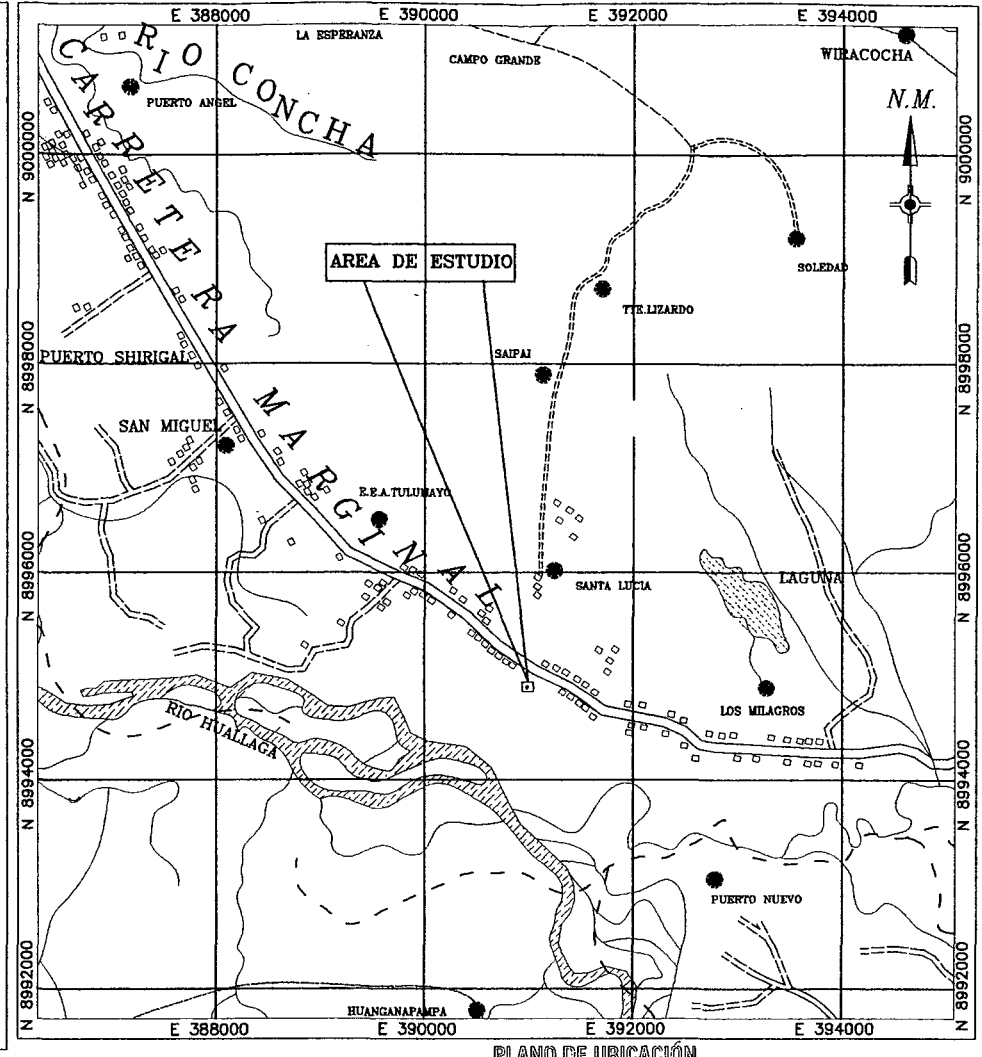
- Indicadores de las propiedades físicas (porcentaje de arena, limo y arcilla).
- Indicadores de las propiedades químicas (MO (%), pH, N (%), P (%), K<sub>2</sub>O (kg/Ha)).
- Días (tiempo) y Profundidad del suelo (cm).

### **3.7.2. Independiente**

- Concentración de Bokashi a diferente tiempo 20, 30 y 60 días de maduración (kg/planta).



PLANO PERIMETRICO  
ESC: 1 / 500



PLANO DE UBICACIÓN  
ESC: 1 / 50,000

VÉRTICE	COORDENADAS UTM DEL AREA DE ESTUDIO		COORDENADAS UTM DE LAS CALICATAS		
	Este (m)	Norte (m)	CALICATAS	Este (m)	Norte (m)
A	390985	8994900	C1	390992	8994892
B	390997	8994894	C2	390983	8994884
C	390988	8994866	C3	390985	8994872
D	390976	8994872			

LEYENDA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
-----	LIMITE DISTRITAL
=====	CARRETERA ASFALTADA
=====	CARRETERA AFIRMADA
=====	TROCHA CARROZABLE
=====	CAMINO DE HERRADURA
~~~~~	RIOS QUEBRADAS

PLANO PERIMETRICO Y UBICACION	
LOCALIDAD:	<b>LOS MILAGROS</b>
TESISTA:	<b>SANDRO RUIZ CASTRE</b>
UBICACION:	Departamento : HUANUCO Provincia : Leoncio Prado Distrito : Jose Crespo y Castillo Sector : Los Milagros
ESCALA:	INDICADA
FECHA:	Enero-2012

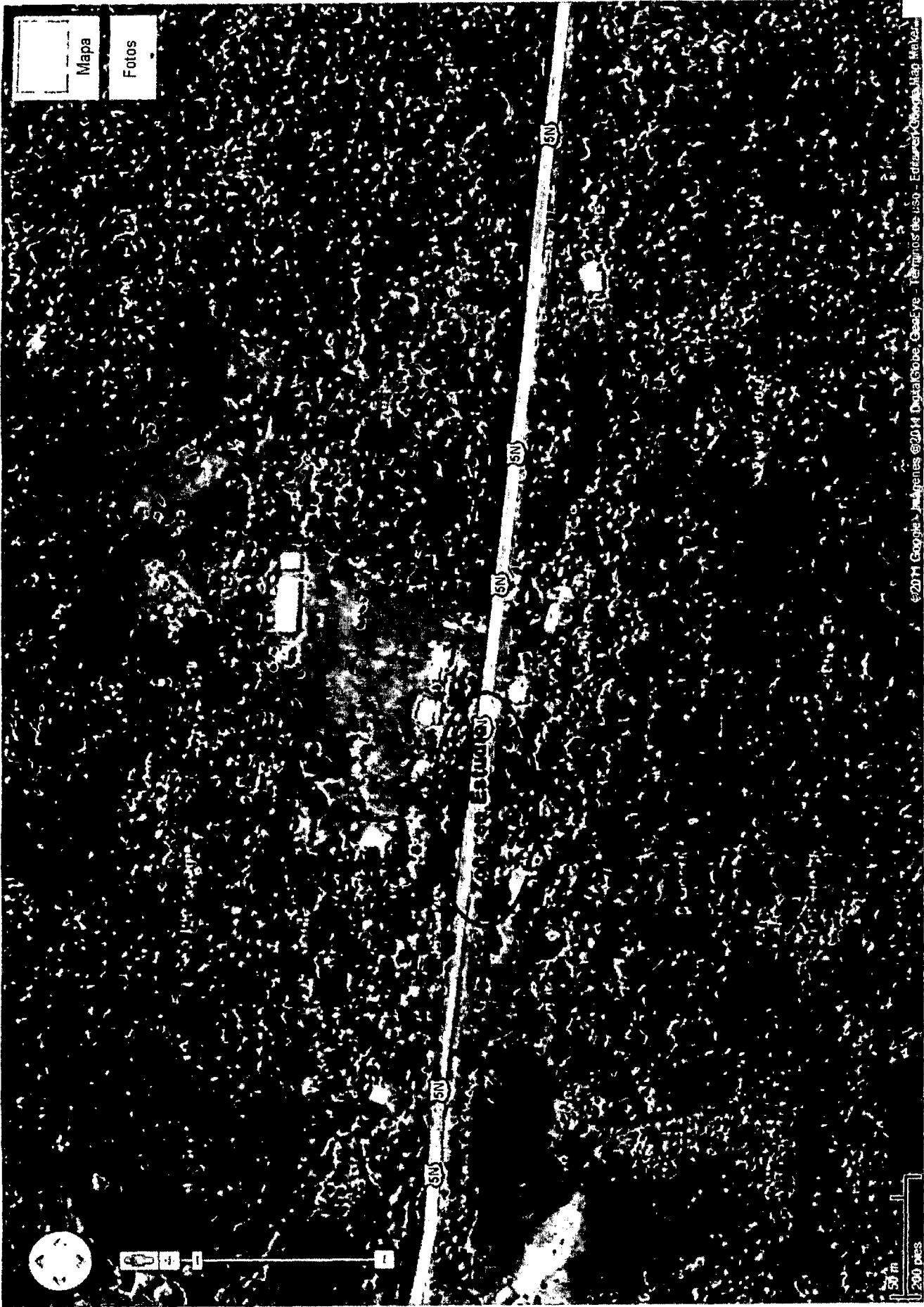


Figura 3. Ubicación de la zona en estudio. GOOGLE MAPS (2011).

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Determinación de las propiedades fisicoquímicas del Bokashi en el suelo

#### 4.1.1. Análisis físico descriptivo

En el cuadro 6 se refleja los resultados del análisis en función del tiempo, teniendo en cuenta que la variación observada no se debe por el efecto del Bokashi, por que el tiempo de exposición de la materia orgánica no permite la meteorización de los minerales. Posiblemente la variación del suelo en áreas pequeñas sea la responsable de estos resultados.

Cuadro 6. Análisis fisicoquímico del suelo en función del tiempo

Días	Prof.(cm)	Textura			pH	M.O. (%)	N (%)	P (ppm)	K <sub>2</sub> O (kg/Ha)
		Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)					
0	10	30,00	25,33	44,67	6,34	2,80	0,13	12,27	278,87
	20	24,67	29,33	46,00	6,29	1,90	0,08	10,67	216,52
	30	26,33	29,33	44,33	6,71	1,40	0,06	11,57	187,49
	60	30,67	28,67	40,67	6,90	1,20	0,05	11,07	215,42
20	10	53,00	21,00	26,00	7,06	4,07	0,18	11,27	263,80
	20	35,00	23,00	42,00	6,45	3,45	0,16	9,31	251,87
	30	21,00	31,00	48,00	6,31	0,94	0,04	8,56	371,18
	60	25,00	29,00	46,00	6,45	0,63	0,03	16,74	247,89
40	10	35,00	25,00	40,00	6,51	0,94	0,04	10,61	432,16
	20	35,00	25,00	40,00	6,58	1,25	0,06	7,23	384,44
	30	15,00	37,00	48,00	6,25	1,57	0,07	9,43	413,60
	60	21,00	35,00	44,00	6,02	1,25	0,06	10,29	550,14
60	10	37,00	21,00	42,00	6,82	4,70	0,21	11,79	197,65
	20	27,00	27,00	46,00	6,52	1,88	0,08	6,29	226,95
	30	15,00	41,00	44,00	6,16	0,94	0,04	11,71	175,91
	60	53,00	19,00	28,00	6,28	0,31	0,01	15,71	153,77

Fuente: Elaboración propia

M.O.: Materia Orgánica, N: Nitrógeno, P: Fosforo, K<sub>2</sub>O: Potasio.

#### 4.1.2. Evaluación de arena en función del tiempo

En la Figura 5 se muestran el comportamiento irregular a profundidad de 10 cm se ha encontrado que a los 20 días el porcentaje de arena sube, pero a los 40 días baja manteniéndose estable en el tiempo; mientras que a los 20 cm el comportamiento de los porcentajes de arena es creciente con tendencia a la estabilización, en comparación de a los 30 y 60 cm, es un comportamiento decreciente, los resultados tienen un nivel de significancia del 95 % de confianza de acuerdo a las condiciones evaluadas.

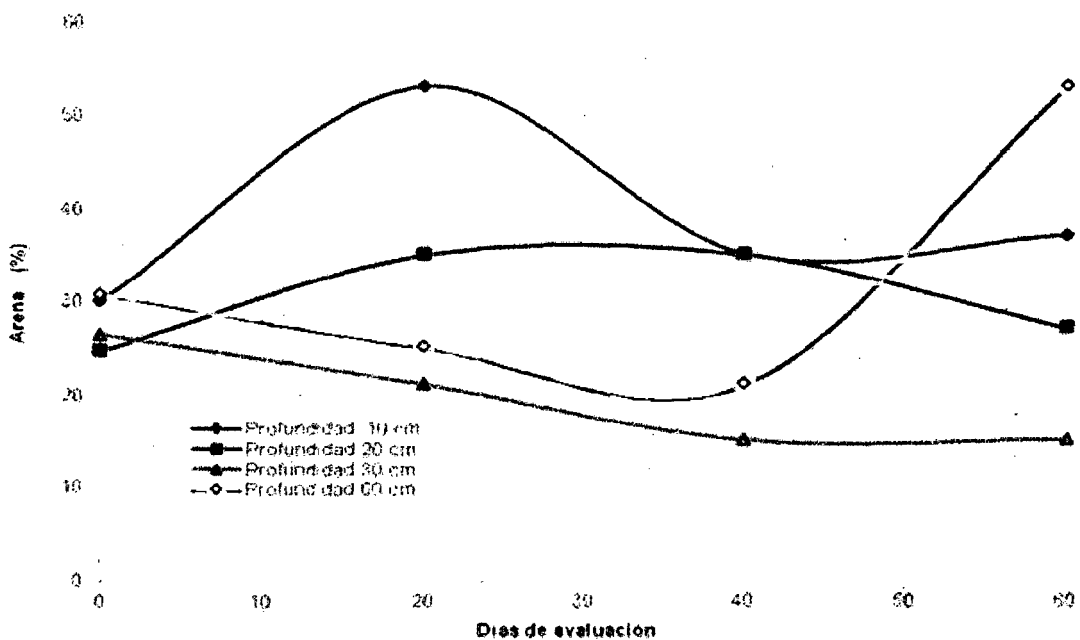


Figura 5. Evaluación de arena en función del tiempo

#### 4.1.3. Evaluación de limo en función del tiempo

En la Figura 6 se muestra que a la profundidad de 30 cm se encuentra en mayor porcentaje de limo con tendencia a incrementarse en el tiempo de acuerdo a evaluaciones, seguido por los 60 cm, mientras que a los 10 y 20 cm de

profundidad se ha encontrado menores porcentajes y con características muy dispersas, los resultados tienen un nivel de significancia del 95 % de confianza de acuerdo a las condiciones evaluadas.

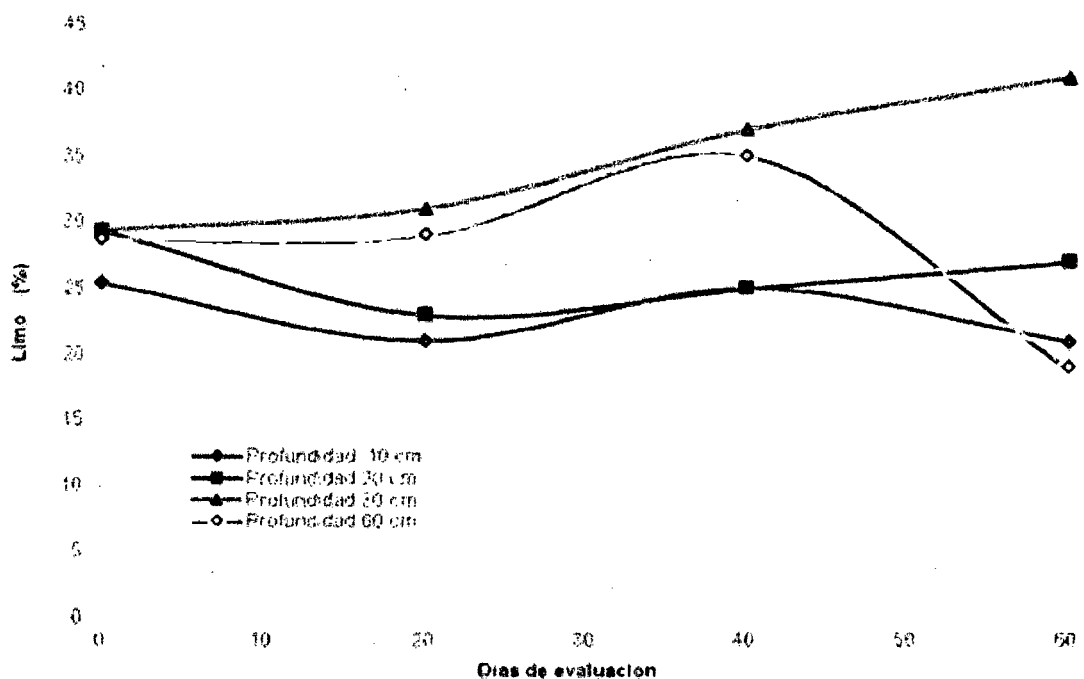


Figura 6. Evaluación de limo en función del tiempo

#### 4.1.4. Evaluación de arcilla en función del tiempo

En la Figura 7 se muestra que a los 30 cm de profundidad existen mayor porcentaje de arcilla con un incremento en el tiempo del periodo de evaluación, sucede lo mismo a 60 cm, pero a 10 y 20 cm de profundidad el comportamiento es irregular, los resultados tienen un nivel de significancia del 95 % de confianza de acuerdo a las condiciones evaluadas.

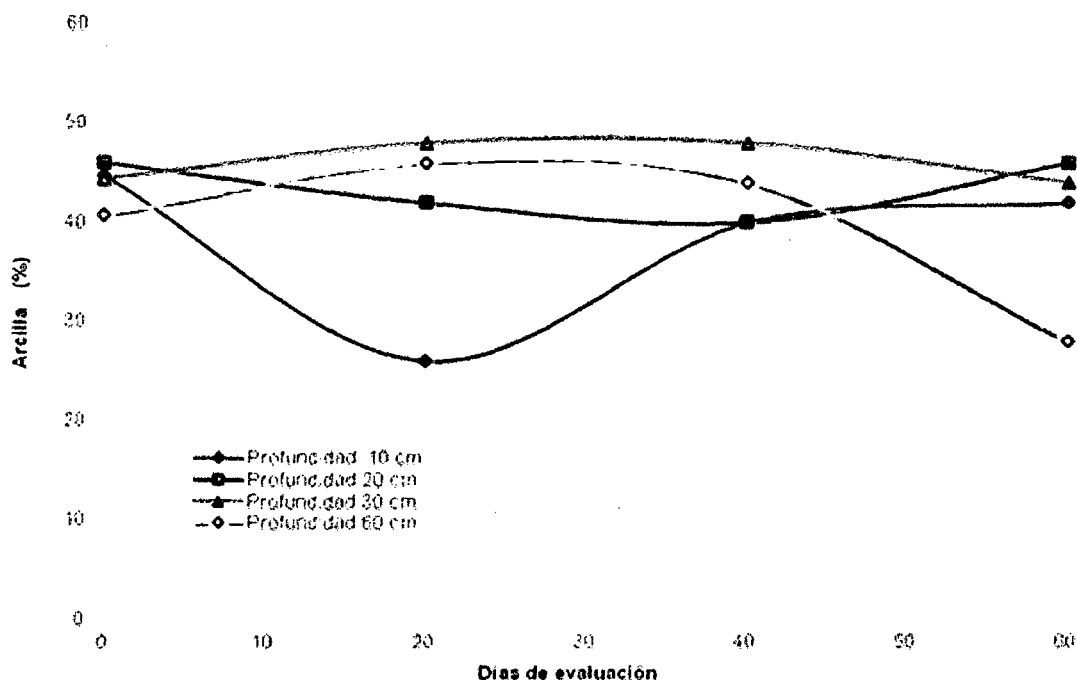


Figura 7. Evaluación de arcilla en función del tiempo

#### 4.1.5. Análisis fisicoquímico descriptivo

#### 4.1.6. Evaluación del pH en función del tiempo

El incremento del pH en los tratamientos obedece al efecto del bokashi en el suelo, el Cuadro 7 muestra que a 20 días de evaluación a 10 cm de profundidad, el pH se incrementa por el contenido del material de formación del bokashi y el porcentaje de arena, a los 40 días declina por la escasa disponibilidad de materia orgánica y por el mayor porcentaje de arcilla a 60 cm, para incrementarse a 60 días de evaluación a 10 cm, comportamiento que declina a mayor profundidad por efecto del mayor porcentaje de arcilla siendo variable a 60 cm por acumulación de bancos de nutrientes y mayor contenido de arena, se atribuye la variación de pH a la constantes inundaciones y depósitos de nutrimentos formando estratos a esta

profundidad, los resultados tienen un nivel de significancia del 95 % de confianza de acuerdo a las condiciones evaluadas.

Cuadro 7. Valores de pH en función del tiempo

Días	Profundidad (cm)	pH
0	10	6,34
	20	6,29
	30	6,71
	60	6,90
20	10	7,06
	20	6,45
	30	6,31
	60	6,45
40	10	6,51
	20	6,58
	30	6,25
	60	6,02
60	10	6,82
	20	6,52
	30	6,16
	60	6,28

#### 4.1.7. Evaluación de materia orgánica en función del tiempo

Si aplicamos materia orgánica se transformara en humus, en el análisis se observa un incremento independientemente del tiempo de preparación del bokashi, a 20 días se incrementa el porcentaje materia orgánica a 10 y 20 cm, por efecto del bokashi, a 40 días declina y siendo variable a diferente profundidad, se atribuye al lavado del suelo por las precipitaciones pluviales en Octubre durante el periodo de evaluación. El Cuadro 8 se muestra que a 60 días se incrementa el contenido de materia orgánica a 10 y 20 cm, declinando a 30 y 60 cm, es importante mencionar que se atribuye a escasos arboles de sombra en el área

evaluada, que mejoran las propiedades físicas, los nutrientes, estabiliza la temperatura que influye la disponibilidad de nutrientes en el suelo, los resultados tienen un nivel de significancia del 95 % de confianza de acuerdo a las condiciones evaluadas.

Cuadro 8. Evaluación de la materia orgánica en función del tiempo

Días	Profundidad (cm)	M.O. (%)
0	10	2,80
	20	1,90
	30	1,40
	60	1,20
20	10	4,07
	20	3,45
	30	0,94
	60	0,63
40	10	0,94
	20	1,25
	30	1,57
	60	1,25
60	10	4,70
	20	1,88
	30	0,94
	60	0,31

#### 4.1.8. Evaluación de nitrógeno en función del tiempo

El Cuadro 9 se muestra que a 20 días de evaluación a 10 y 20 cm de profundidad se incrementa el porcentaje de nitrógeno por efecto del bokashi, similar comportamiento del porcentaje de materia orgánica, pero a 40 días declina, variando entre las profundidades por efecto del lavado del suelo durante el periodo de evaluación con precipitaciones en octubre, a 60 días se incrementa el nitrógeno a 10 y 20 cm, pero a 30 y 60 cm declinan por las precipitaciones, la temperatura y que probablemente el tiempo de evaluación sea corto para que el bokashi pueda

meteorizarse, influyendo en la disponibilidad de nutrientes la temperatura en el suelo, el cacao requiere de sombra, los resultados tienen un nivel de significancia del 95 % de confianza de acuerdo a las condiciones evaluadas.

Cuadro 9. Evaluación de nitrógeno en función del tiempo

Días	Profundidad (cm)	N (%)
0	10	0,13
	20	0,08
	30	0,06
	60	0,05
	10	0,18
20	20	0,16
	30	0,04
	60	0,03
	10	0,04
	20	0,06
40	30	0,07
	60	0,06
	10	0,21
	20	0,08
	30	0,04
60	60	0,01

#### 4.1.9. Evaluación de fósforo en función del tiempo

La disminución de fósforo en el suelo puede obedecer a dos factores, por consumo por microbios y la planta o el pH a diferentes profundidades, el Cuadro 10 se muestra que a 20 días a 60 cm de profundidad el contenido de fósforo es mayor, se debe a la formación aluvial del suelo donde interfieren por acumulación de detergentes fosfatados se depositan en las profundidades formando estratos, debido a inundaciones continuas que arrastran diversos componentes químicos, y factores climáticos como la humedad que influye en el movimiento del fósforo, a mayor profundidad mayor humedad, proceso similar a 40

y 60 días, los resultados tienen un nivel de significancia del 95 % de confianza de acuerdo a las condiciones evaluadas.

Cuadro 10. Evaluación de fósforo en función del tiempo

Días	Profundidad (cm)	P (ppm)
0	10	12,27
	20	10,67
	30	11,57
	60	11,07
20	10	11,27
	20	9,31
	30	8,56
	60	16,74
40	10	10,61
	20	7,23
	30	9,43
	60	10,29
60	10	11,79
	20	6,29
	30	11,71
	60	15,71

#### 4.1.10. Evaluación de potasio en función del tiempo

El incremento del potasio observado en el Cuadro 11, a 20 días a 10 cm es por efecto del bokashi y declinado a 20 cm, siendo variable a 30 cm incrementándose y a 60 cm declina, este comportamiento y ubicación profunda de los fosfatos y potásicos es típico luego de varios años de continuo nulo laboreo, influyen también los depósitos de materiales químicos por inundaciones que se estratifican a mayor profundidad, a 40 días el efecto del bokashi se aprecia a 10 cm, declina a 20 cm por efecto de la variabilidad espacial de nutrientes y variabilidad de suelo, a 30 y 60 cm se incrementa por la estratificación potásica y acumulación de bancos de nutrimentos a mayor profundidad, pero a 60 días difiere

por el pH y menor acumulación de nutrimentos a 30 y 60 cm, siendo mayor a 20 cm la acumulación de nutrimentos y estratificación potásica, se atribuye al pH y porcentaje de materia orgánica en los estratos evaluadas así como también a factores climáticos como la precipitación y factores de formación del suelo, los resultados obtenidos tienen una confiabilidad del 95 %.

Cuadro 11. Evaluación de potasio en función del tiempo

Días	Profundidad(cm)	K <sub>2</sub> O (kg/Ha)
0	10	278,87
	20	216,52
	30	187,49
	60	215,42
20	10	263,80
	20	251,87
	30	371,18
	60	247,89
40	10	432,16
	20	384,44
	30	413,60
	60	550,14
60	10	197,65
	20	226,95
	30	175,91
	60	153,77

#### 4.1.11. Análisis fisicoquímico correlacional

En el Cuadro 12 se muestra que el modelo de los parámetros fisicoquímicos manifiesta una alta significancia para niveles del 95 % de confianza, por lo tanto se acepta la hipótesis alterna. Los factores del modelo también tiene una función explicativa de comportamientos, el factor A tiene una alta significancia así como el factor B y AxB, superando los niveles de significancia de 95%, por lo tanto existe una alta diferencia de los tratamientos en las evaluaciones a diferentes

profundidades, difieren entre si los parámetros fisicoquímicos; el modelo tiene una variación estadística de 38.54% y coeficiente de determinación de 0.97 manifestando valores heterogéneos en las evaluaciones.

Cuadro 12. Análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos

ANVA	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calcula	Pr > F
Modelo	31	1188600.86498750	38341.96338669	100.82	0.0001
A	3	18841.13719375	6280.37906458	16.51	0.0001
B	7	1034035.58678750	147719.36954107	388.43	0.0001
A*B	21	135724.14100625	6463.05433363	16.99	0.0001
Error	96	36508.78870000	380.29988229		
Corrected Total		127	1225109.65368750		

R-Cuadrado	C.V.	MSE	Media
0.970200	38.54270	19.50127899	50.59656250

Donde: A (Tiempo: a1: 0 días, a2: 20 días, a3: 40 días y a4: 60 días) y B (Parámetros fisicoquímicos: b1: arena, b2: limo, b3: arcilla, b4: pH, b5: materia orgánica, b6: nitrógeno, b7: fosforo, y b8: potasio)

#### 4.1.12. Duncan del análisis del factor A (tiempo)

En el Cuadro 13 se muestra que el factor A los mayores valores de los parámetros de resultados está representado a 40 días de evaluación, seguido por 20 días y los menores valores de parámetros de evaluación se manifiesta a los 60 días.

Cuadro 13. Duncan del análisis del factor A (tiempo)

Grupo Duncan	Media	N	A
A	70.266	32	a3
B	50.512	32	a2
B			

C	B	43.054	32	a1
C				
C		38.554	32	a4

Alfa= 0.05 df= 96 MSE= 380.2999; Número de medias 2 3 4; Rango critic 9.68 10.18 10.52

#### 4.1.13. Duncan del análisis del factor B (físicoquímico)

En el Cuadro 14 se muestra que el factor B los resultados difieren entre sí, se debe a las unidades de las evaluaciones de los parámetros físicoquímicos, el orden no es muy significativo para su interpretación.

Cuadro 14. Duncan del análisis del factor B (físicoquímico)

Grupo Duncan	Media	N	B
A	285.479	16	b8
B	41.854	16	b3
B	30.229	16	b1
B	27.916	16	b2
C	10.908	16	b7
C	6.478	16	b4
C	1.827	16	b5
C	0.081	16	b6

Alfa= 0.05 df= 96 MSE= 380.2999; Número de medias 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8; Rango crítico; 13.69 14.40 14.88 15.23 15.50 15.71 15.89

#### 4.1.14. Matriz de correlación de los parámetros físicoquímicos

En el Cuadro 15 se muestra la matriz de correlación de parámetros físicoquímicos, que la materia orgánica y el porcentaje de nitrógeno existe una

relación inversa, quiere decir que a medida que aumenta la profundidad del suelo disminuyen, también se muestra que el porcentaje de arena tiene una relación inversa con el porcentaje de limo y arcilla, y directa con el pH del suelo, indicando que a mayor porcentaje de arena entonces mayor pH del suelo, el porcentaje del limo tiene una relación directa con el porcentaje de arcilla, e inversa con el pH y una relación inversa con la arena; la arcilla tiene una relación inversa con el porcentaje de arena, y directa con el limo; mientras que el pH del suelo tiene una relación directa con la materia orgánica, el nitrógeno manifiesta una relación directa, los demás parámetros no influyen entre sí; las variables en función del periodo de evaluación no muestran una relación entre sí, entonces puede ser que los cambios ocurridos con los parámetros fisicoquímicos son naturales debido a los factores ambientales o de meteorización.

Cuadro 15. Matriz de correlación de los parámetros fisicoquímicos.

Variables	Días	Prof. (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)
Días	1	0,000	0,085	0,019	-0,169
Prof. (cm)	0,000	1	-0,132	0,264	-0,018
Arena (%)	0,085	-0,132	1	<b>-0,898</b>	<b>-0,909</b>
Limo (%)	0,019	0,264	<b>-0,898</b>	1	<b>0,634</b>
Arcilla (%)	-0,169	-0,018	<b>-0,909</b>	<b>0,634</b>	1
PH	-0,236	-0,286	<b>0,552</b>	<b>-0,558</b>	-0,442
M.O. (%)	-0,056	<b>-0,633</b>	0,350	-0,446	-0,193
N (%)	-0,060	<b>-0,626</b>	0,339	-0,439	-0,180
P (ppm)	-0,092	0,467	0,263	-0,161	-0,311
K <sub>2</sub> O (kg/Ha)	0,055	0,024	-0,292	0,296	0,233

Variables	PH	M.O. (%)	N (%)	P (ppm)	K <sub>2</sub> O (kg/Ha)
Días	-0,236	-0,056	-0,060	-0,092	0,055
Prof. (cm)	-0,286	<b>-0,633</b>	<b>-0,626</b>	0,467	0,024
Arena (%)	<b>0,552</b>	0,350	0,339	0,263	-0,292
Limo (%)	<b>-0,558</b>	-0,446	-0,439	-0,161	0,296
Arcilla (%)	-0,442	-0,193	-0,180	-0,311	0,233
PH	1	<b>0,508</b>	0,487	-0,027	-0,362

M.O. (%)	<b>0,508</b>	<b>1</b>	<b>0,999</b>	-0,164	-0,183
N (%)	0,487	<b>0,999</b>	<b>1</b>	-0,167	-0,156
P (ppm)	-0,027	-0,164	-0,167	<b>1</b>	-0,387
K <sub>2</sub> O (kg/Ha)	-0,362	-0,183	-0,156	-0,387	<b>1</b>

#### 4.1.15. Carga factorial del análisis fisicoquímico

En el Cuadro 16 se muestra la carga factorial del análisis fisicoquímicos, corrobora al cuadro anterior (Cuadro 15) las variables influyentes dentro del Factor 1 es el porcentaje de arena, limo, arcilla, pH, materia orgánica y nitrógeno, manifiestan relaciones directas e inversas, por lo tanto quiere decir que estas variables explican mejor el comportamiento del trabajo de acuerdo a las evaluaciones realizadas.

Cuadro 16. Carga factorial del análisis fisicoquímico

	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>
Días	0,043	0,080	0,812	-0,529	-0,100
Prof. (cm)	0,490	0,695	-0,100	0,064	0,144
Arena (%)	-0,835	0,449	0,244	0,172	0,015
Limo (%)	0,843	-0,251	-0,117	-0,171	-0,001
Arcilla (%)	0,670	-0,553	-0,319	-0,142	-0,025
PH	-0,759	-0,006	-0,253	0,218	-0,337
M.O. (%)	-0,769	-0,519	-0,087	-0,194	0,265
N (%)	-0,755	-0,529	-0,081	-0,184	0,292
P (ppm)	-0,075	0,745	-0,334	-0,282	0,417
K <sub>2</sub> O (kg/Ha)	0,408	-0,331	0,457	0,566	0,404
	<b>F5</b>	<b>F6</b>	<b>F7</b>	<b>F8</b>	<b>F9</b>
Días	-0,100	0,150	-0,060	0,127	0,000
Prof.(cm)	0,144	0,391	-0,250	-0,164	0,000
Arena (%)	0,015	-0,095	-0,014	-0,058	0,000
Limo (%)	-0,001	0,250	0,340	-0,073	0,000
Arcilla (%)	-0,025	-0,070	-0,298	0,171	0,000
PH	-0,337	0,375	0,033	0,241	0,000
M.O. (%)	0,265	0,132	-0,027	-0,072	0,019

N (%)	0,292	0,129	-0,039	-0,075	-0,018
P (ppm)	0,417	-0,063	0,105	0,243	0,000
K <sub>2</sub> O (kg/Ha)	0,404	0,094	0,022	0,154	0,000

#### 4.1.16. Análisis de componentes principales de parámetros fisicoquímicos

En la Figura 8 se manifiesta la interpretación del Cuadro 15 y 16 indican que el porcentaje de limo, arena tienen una relación inversa pero simétrica, tiene una relación directa con la arcilla, el limo está relacionado inversamente con el PH del suelo y con la materia orgánica, como también se puede apreciar que las profundidades y días de evaluación no influyen como variables explicativas a los tratamientos realizados en el presente trabajo de investigación.

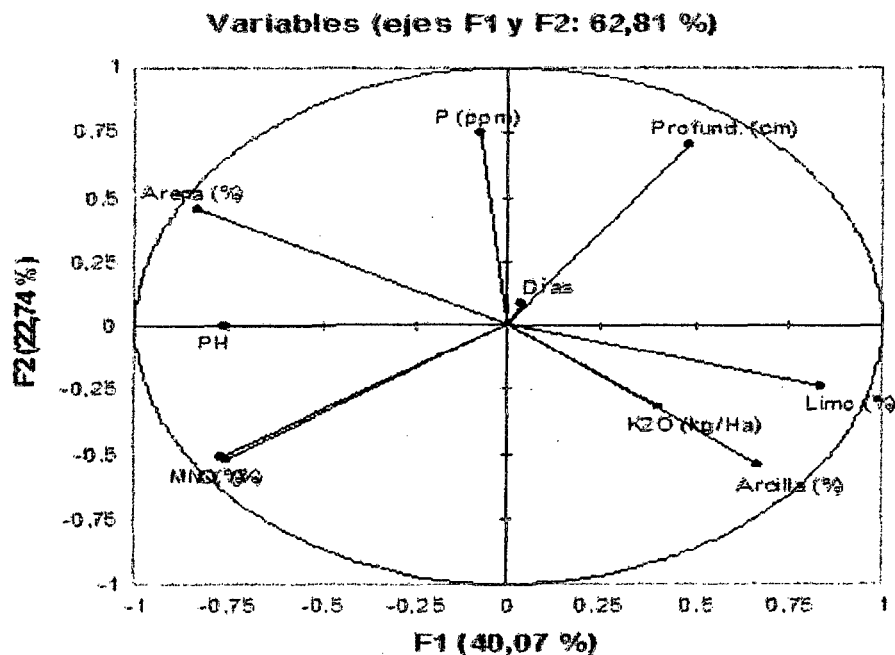


Figura 8. Análisis de componentes principales de parámetros fisicoquímicos

#### 4.1.17. Análisis fisicoquímico del bokashi

En el Cuadro 17 se presentan los parámetros fisicoquímicos del bokashi, utilizados como tratamientos, lo cual el pH aumenta en función del periodo de evaluación, mientras la materia orgánica, nitrógeno, fosforo y potasio baja en función del tiempo, y la ceniza aumenta durante la evaluación.

Cuadro 17. Parámetros fisicoquímicos del abono orgánico (bokashi)

Tiempo (días)	PH	M.O. (%)	N (%)	P (ppm)	K <sub>2</sub> O (kg/Ha)	Ceniza (%)
20	7,55	99,78	1,27	0,77	2,65	0,22
40	7,55	77,99	1,27	0,35	0,27	22,01
60	7,63	65,9	1,1	0,25	0,16	34,1

Fuente: Elaboración propia

M.O.: Materia Orgánica, N: Nitrógeno, P: Fosforo, K<sub>2</sub>O: Potasio

En el Cuadro 18 se aprecia el pH tiene una relación inversa con el porcentaje de nitrógeno, así como la materia orgánica con la ceniza, son las únicas variables relacionadas entre sí.

Cuadro 18. Matriz de correlación del abono orgánico (bokashi)

Variables	Tiempo (días)	PH	M.O. (%)	N (%)	P (ppm)	K <sub>2</sub> O (kg/Ha)	Ceniza (%)
Tiempo(días)	1	0,866	-0,987	-0,866	-0,942	-0,885	0,987
PH	0,866	1	-0,773	<b>-1,000</b>	-0,649	-0,533	0,773
M.O. (%)	-0,987	-0,773	1	0,773	0,984	0,949	<b>-1,000</b>
N (%)	-0,866	<b>-1,000</b>	0,773	1	0,649	0,533	-0,773
P (ppm)	-0,942	-0,649	0,984	0,649	1	0,990	-0,984
K <sub>2</sub> O(kg/Ha)	-0,885	-0,533	0,949	0,533	0,990	1	-0,949
Ceniza (%)	0,987	0,773	<b>-1,000</b>	-0,773	-0,984	-0,949	1

Fuente: Elaboración propia

M.O.: Materia Orgánica, N: Nitrógeno, P: Fosforo, K<sub>2</sub>O: Potasio

En el Cuadro 19 se puede apreciar que en el factor 1, las variables más influyentes a dar explicaciones son el porcentaje de ceniza (explicación inversa) y la materia orgánica (explicación directa), así como el periodo de evaluación (relación directa), corroborando a resultados del Cuadro 21.

Cuadro 19. Carga factorial del análisis del abono orgánico

	F1	F2
Tiempo (días)	0,999	0,035
PH	0,848	0,530
M.O. (%)	-0,992	0,128
N (%)	-0,848	-0,530
P (ppm)	-0,953	0,302
K <sub>2</sub> O (kg/Ha)	-0,901	0,435
Ceniza (%)	0,992	-0,128

#### 4.1.18. Evaluación del pH, nitrógeno, fósforo y potasio del bokashi en función del tiempo

En la Figura 9 se muestra que el potasio (K<sub>2</sub>O) presenta cambios en su composición de acuerdo a los periodos de evaluación, variables como el pH, porcentaje de nitrógeno y fosforo los cambios son casi imperceptibles en función del periodo de evaluación.

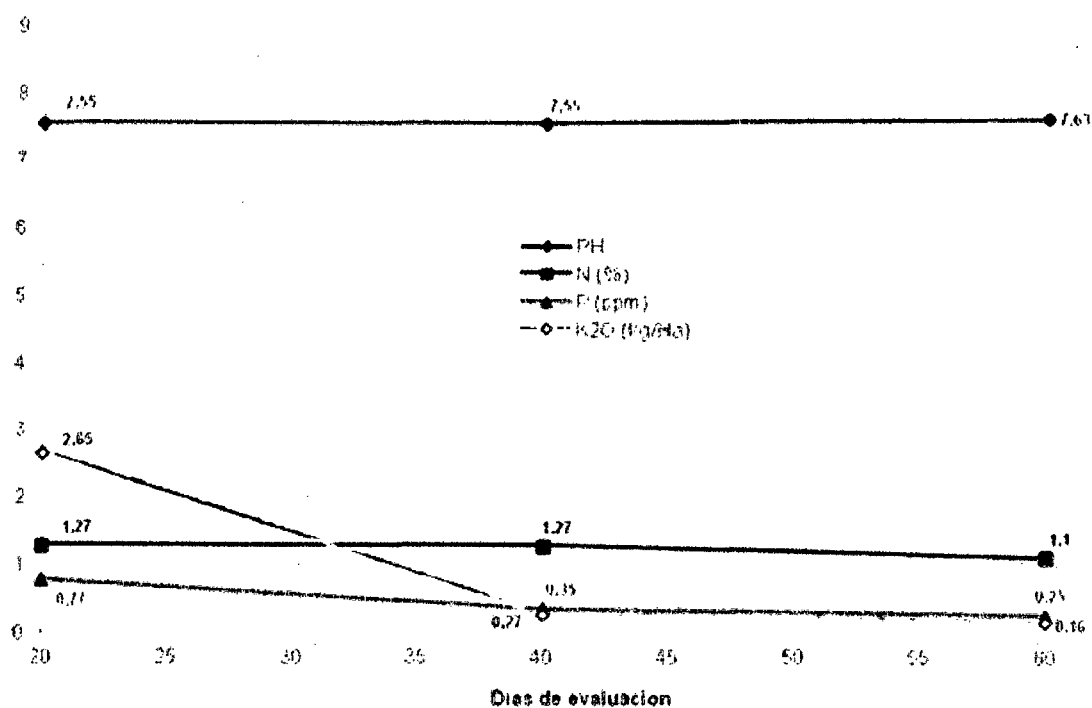


Figura 9. Evaluación del pH, N: Nitrógeno, P: Fósforo y K<sub>2</sub>O: Potasio del bokashi en función del tiempo

#### 4.1.19. Evaluación de la materia orgánica y ceniza del bokashi en función del tiempo

En la Figura 10 se muestra que el porcentaje de ceniza y la materia orgánica tienen una relación inversa, quiere decir que a medida que aumenta el porcentaje de ceniza disminuye el porcentaje de materia orgánica en función del tiempo.

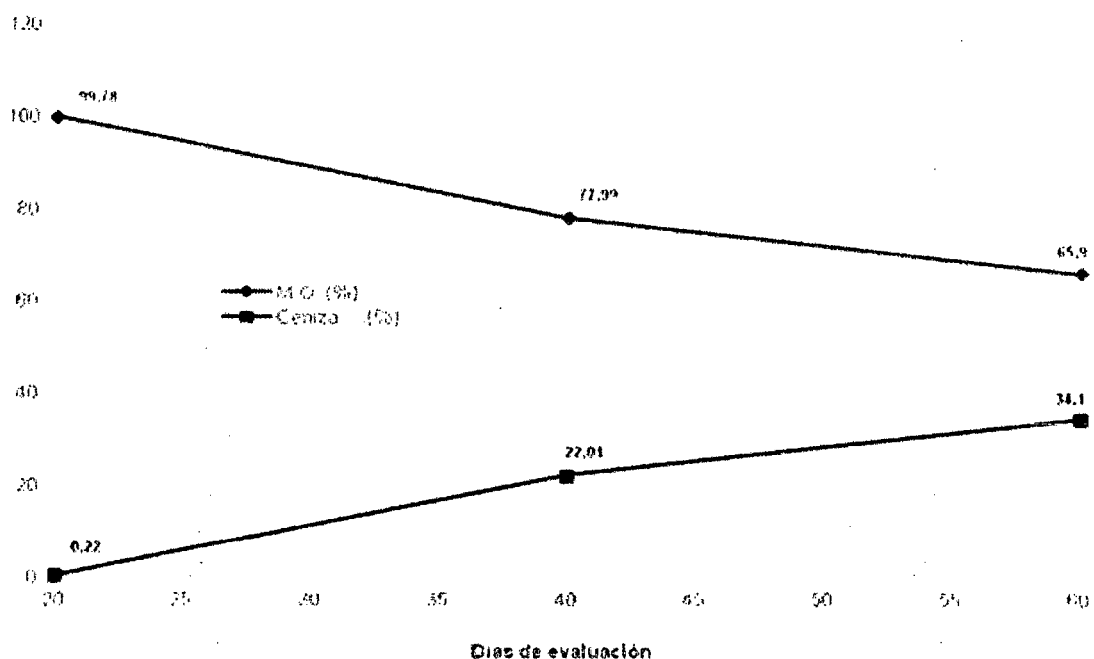


Figura 10. Evaluación de la materia orgánica y ceniza del bokashi en función del tiempo.

#### 4.1.20. Análisis de los componentes principales de los parámetros del bokashi

En la Figura 11 se puede apreciar que el tiempo es un factor imprescindible y explicativo de las variables como: potasio, fosforo, materia orgánica y nitrógeno tienen una relación inversa, mientras que con el pH y ceniza tiene una relación directa, el tiempo influye en características fisicoquímicas del bokashi.

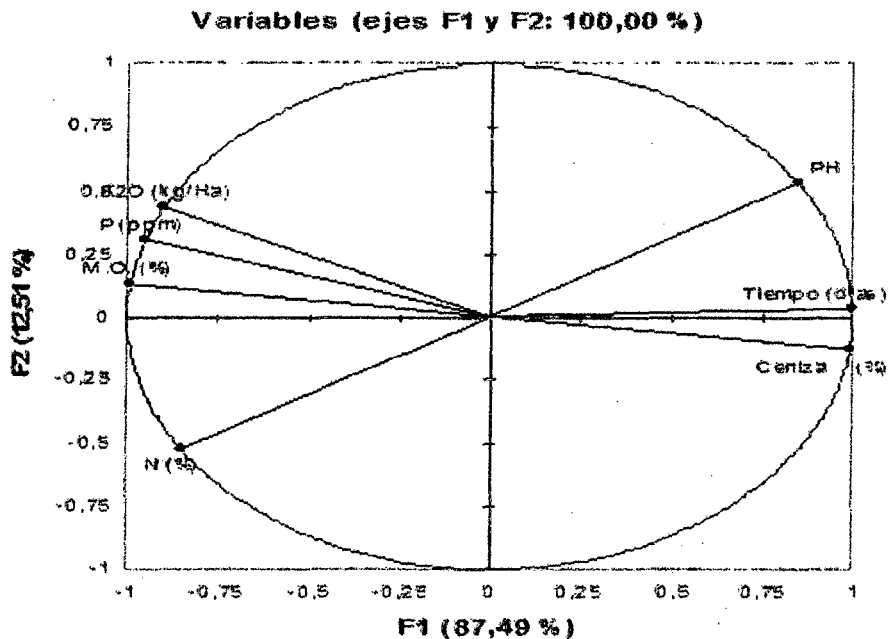


Figura 11. Análisis de los componentes principales de los parámetros del bokashi

## 4.2. Cuantificación de numero microorganismos en el suelo de cacao

### 4.2.1. Cuantificación de microbios en función de la profundidad

En el Cuadro 20 se muestra los parámetros microbiológicos iniciales en función de la profundidad, se observa que los microorganismos aerobios viables y los actinomicetos disminuyen en función de la profundidad, por la disponibilidad de nutrientes a 30 y 60 cm, las condiciones óptimas de pH, temperatura y humedad determinan la actividad microbiana y desarrollarse mientras que los mohos y levaduras a 60 cm se incrementan en comparación a 10, 20 y 30 cm, porque estos organismos aprovechan los materiales desagregados por bacterias y actinomicetos a mayores profundidades, en condiciones de pH ligeramente acidas o alcalinas, tienen un crecimiento no uniforme, por efecto de la variabilidad espacial y

variabilidad del suelo, tendiendo a disminuir y aumentar en función de la profundidad del suelo.

Cuadro 20. Parámetros microbiológicos iniciales en función de la profundidad del suelo

Profundidad (cm)	NMAV/gr	NActin/gr	NML/gr
10	$1,05 \times 10^5$	$4,8 \times 10^4$	$2,9 \times 10^4$
20	$5,8 \times 10^4$	$2,2 \times 10^4$	$1,4 \times 10^4$
30	$3,4 \times 10^4$	$1,9 \times 10^4$	$8 \times 10^3$
60	$2 \times 10^4$	$1,6 \times 10^4$	$4,3 \times 10^4$

Fuente: Elaboración Propia

NMAV: Numeración de microorganismos Aerobios Viables, NACT: Numeración de Actinomicetos, NML: Numeración de Mohos y Levaduras

#### 4.2.2. Evaluación de los parámetros microbiológicos en función de la profundidad del suelo inicial

La Figura 12 corrobora el Cuadro 23, la variables más representativa es el número de microorganismos aerobios viables, seguidamente por el número de actinomicetos y luego por los números de mohos y levaduras.

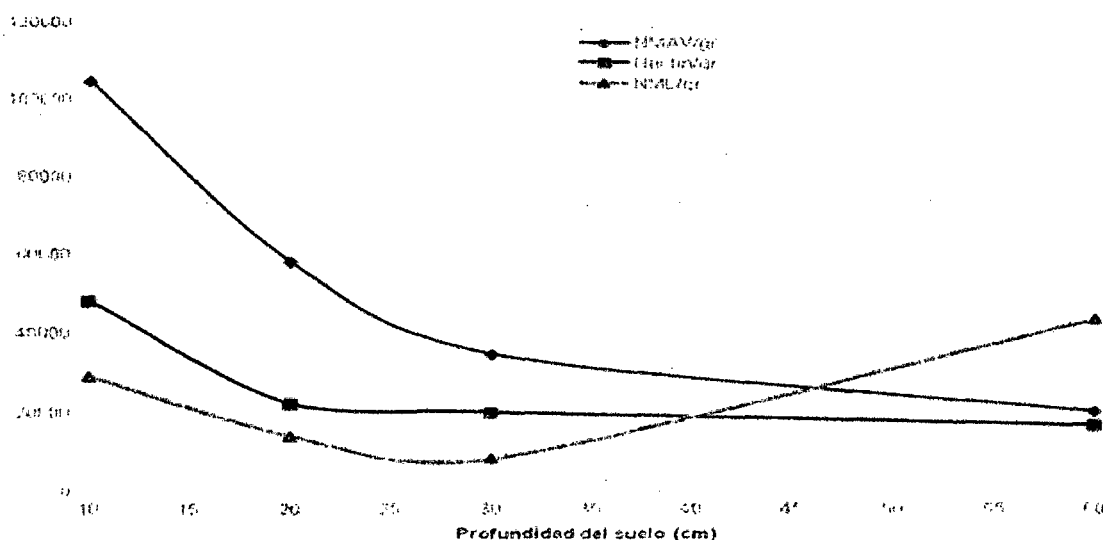


Figura 12. Evaluación de parámetros microbiológicos iniciales en función de la profundidad del suelo

### 4.2.3. Cuantificación de microbios en función del tiempo

Cuadro 21. Parámetros microbiológicos en función del tiempo

Días	NMAV/gr	Nactin/gr	NML/gr
0	$4,9 \times 10^4$	$2,4 \times 10^4$	$2,3 \times 10^4$
20	$8,3 \times 10^4$	$1,9 \times 10^4$	$1,7 \times 10^4$
40	$4,8 \times 10^4$	$8 \times 10^3$	$2,3 \times 10^4$
60	$3,2 \times 10^4$	$3 \times 10^3$	$1,6 \times 10^4$

Fuente: Elaboración Propia

NMAV: Numeración de microorganismos Aerobios Viables, NACT: Numeración de Actinomicetos, NML: Numeración de Mohos y Levaduras

### 4.2.4. Evaluación de los parámetros microbiológicos en función del tiempo

En la Figura 13 se muestra el comportamiento de los microorganismos en función del tiempo, y la más representativa son los microorganismos aerobios viables, seguido por el número de actinomicetos y mohos y levaduras.

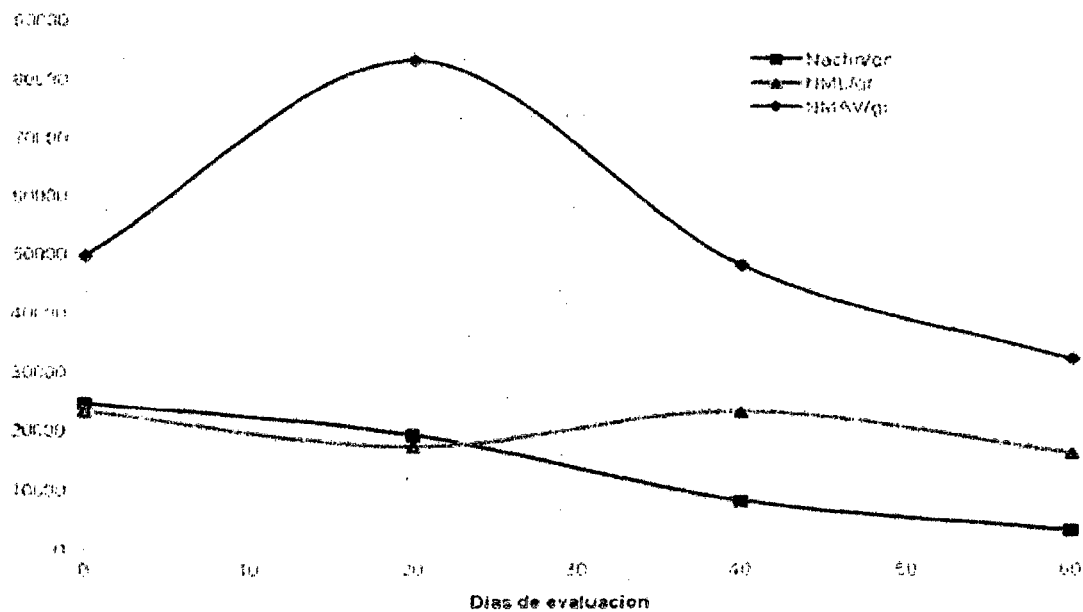


Figura 13. Evaluación de los parámetros microbiológicos en función del tiempo

#### 4.2.5. Análisis de varianza de las evaluaciones microbiológicas

En el Cuadro 22 se muestra que el análisis de varianza es altamente significativo, manifestando cambios en los periodos de evaluación, el factor A muestra una alta significancia, a medida que pasa el tiempo los resultados son diferentes entre sí, estando relacionado con el factor B, lo cual manifiesta también una alta significancia estadística teniendo resultados diferentes de microorganismos; la relación del factor AxB muestra una alta significancia, a medida que pasa el tiempo entonces cambia el número de microorganismos en el suelo, el modelo tiene una coeficiente de variación del 4.47% lo cual es representativo para una explicación técnica, el coeficiente de determinación es 0.997, los resultados son confiables estadísticamente hasta niveles del 99%.

Cuadro 22. Análisis de varianza de las evaluaciones microbiológicas

ANVA	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calcul	Pr > F
Model	11	15699725450.97220000	1427247768.27020000	876.51	0.0001
A	3	2381962338.97222000	793987446.32407300	487.61	0.0001
B	2	10515157633.55550000	5257578816.77777000	3228.81	0.0001
A*B	6	2802605478.44444000	467100913.07407300	86.86	0.0001
Error	24	39080000.00000270	1628333.33333345		
Corrected Total	35	15738805450.97220000			

R-Cuadrado	C.V.	MSE	Media
0.997517	4.473481	1276.06164950	28525.02777778

Donde: A (Tiempo:, a1: 0 días, a2: 20 días, a3: 40 días y a4: 60 días) y B (Parámetros microbiológico:, b1: número de microorganismos aerobios viables, b2: número de actinomicetos, b3: número de mohos y levaduras)

#### 4.2.6. Duncan del análisis microbiológico del factor A

En el Cuadro 23 se muestra para el factor A, diferencia por niveles de evaluación lo cual es representativo ya que la variable tiempo no se puede controlar.

Cuadro 23. Duncan del análisis microbiológico del factor A

Grupo Duncan	Media	N	A
A	39911.1	9	a2
B	30389.0	9	a1
C	26577.8	9	a3
D	17222.2	9	a4

Alfa= 0.05 df= 24 MSE= 1628333; Numero de medias 2 3 4; Rango Critico 1242 1304 1344

#### 4.2.7. Duncan del análisis microbiológico del factor B

De acuerdo al Cuadro 24 se muestra que el factor B tiene diferencia que estas obedecen a condiciones fisicoquímica, ambiental y hasta la dinámica poblacional de los microorganismos de acuerdo a las condiciones que estas tienen.

Cuadro 24. Duncan del análisis microbiológico del factor B

Grupo Duncan	Media	N	B
A	52450.1	12	b1
B	19533.3	12	b3
C	13591.8	12	b2

Alfa= 0.05 df= 24 MSE= 1628333; Numero de medias 2 3; Rango Critico 1075 1129

#### 4.2.8. Matriz de correlación del análisis microbiológico

En el Cuadro 25 se muestra que existe una relación inversa entre los días de evaluación y los números de actinomicetos, mientras que las demás variables no están correlacionadas entre sí.

Cuadro 25. Matriz de Correlación del análisis microbiológico

<b>Variables</b>	<b>Días</b>	<b>NMAV/gr</b>	<b>Nactin/gr</b>	<b>NML/gr</b>
Días	1	-0,461	<b>-0,984</b>	-0,427
NMAV/gr	-0,461	1	0,568	-0,155
Nactin/gr	<b>-0,984</b>	0,568	1	0,269
NML/gr	-0,427	-0,155	0,269	1

Fuente: Elaboración Propia

NMAV: Numeración de microorganismos Aerobios Viables, NACT: Numeración de Actinomicetos, NML: Numeración de Mohos y Levaduras

#### 4.2.9. Análisis de la carga factorial de los parámetros microbiológicos

En el Cuadro 26 se muestra la corroboración del Cuadro 20 del análisis de la carga factorial donde en el factor 1 las variables influyentes a dar una explicación estadística son los días de evaluación y los números de actinomicetos.

Cuadro 26. Análisis de la carga factorial de los parámetros microbiológicos

	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>
Días	-0,973	-0,126	0,195
NMAV/gr	0,642	-0,640	0,422
Nactin/gr	0,975	-0,052	-0,217
NML/gr	0,395	0,857	0,331

#### 4.2.10. Análisis de los componentes principales de los parámetros microbiológicos

En la Figura 14 se muestra que los números de actinomicetos tiene una relación inversa, la cual son variables explicativas al modelo, mientras que las demás variables tiene una característica ortogonal siendo no representativas para la toma de decisiones, de acuerdo a los resultados obtenidos para el factor 1.

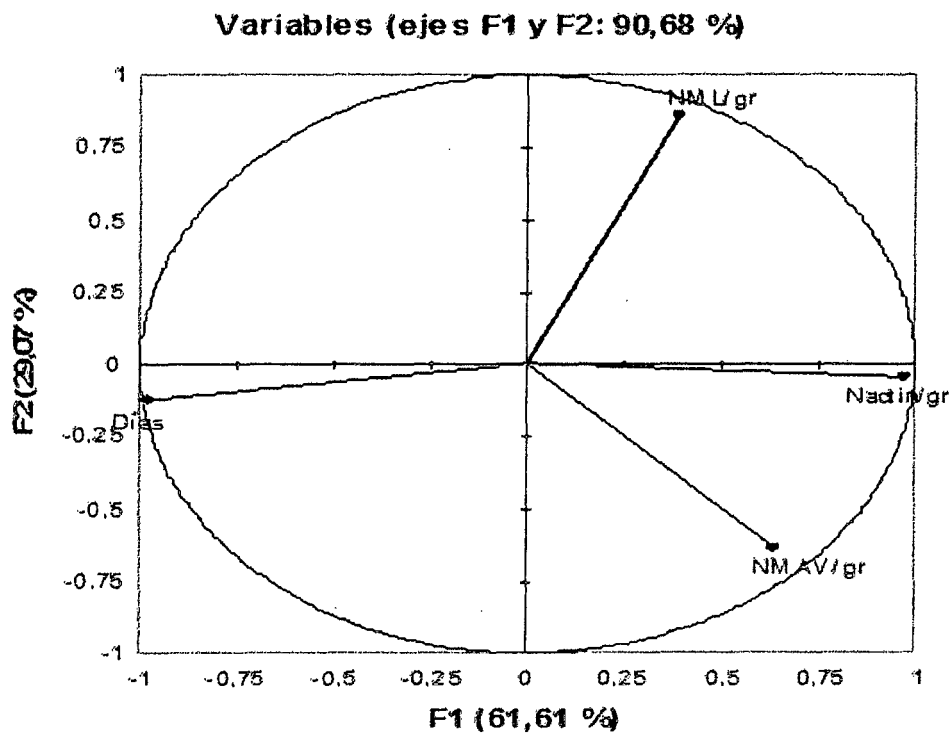


Figura 14. Análisis de componentes principales de los parámetros microbiológicos

### 4.3. Influencia de los microorganismos eficientes del bokashi en las características del suelo cacaotal.

#### 4.3.1. Enumeración de microorganismos en función de la profundidad y el tiempo

En el cuadro 27 el efecto del bokashi en el suelo a 10 y 20 cm se incrementa el número de microorganismos aerobios viables y número de actinomicetos en función de la profundidad así como también en función del tiempo, si comparamos con valores de 0 días, pero se observa que disminuyen en función de la profundidad a 30 y 60 cm y en función del tiempo declinan a 30 y 60 días, por la disponibilidad de nutrientes, las condiciones óptimas de pH, disponibilidad de materia orgánica, temperatura y humedad determinan la actividad microbiana a desarrollarse mientras que los mohos y levaduras a 60 cm se incrementan en comparación a 10, 20 y 30 cm, porque estos organismos aprovechan los materiales desagregados por bacterias y actinomicetos a mayores profundidades, en condiciones de pH ligeramente acidas o alcalinas, tienen un crecimiento no uniforme, por efecto de la variabilidad espacial y variabilidad del suelo, tendiendo a disminuir y aumentar en función de la profundidad del suelo.

Cuadro 27. Enumeración microbiana en función de la profundidad y el tiempo

Prof. (cm)	NMAV/gr	NACT/gr	NML/gr	Días	NMAV/gr	NACT/gr	NML/gr
10	$1,05 \times 10^5$	$4,8 \times 10^4$	$2,9 \times 10^4$	0	$4,9 \times 10^4$	$2,4 \times 10^4$	$2,3 \times 10^4$
20	$5,8 \times 10^4$	$2,2 \times 10^4$	$1,4 \times 10^4$	20	$8,3 \times 10^4$	$1,9 \times 10^4$	$1,7 \times 10^4$
30	$3,4 \times 10^4$	$1,9 \times 10^4$	$8 \times 10^3$	30	$4,8 \times 10^4$	$8 \times 10^3$	$2,3 \times 10^4$
60	$2 \times 10^4$	$1,6 \times 10^4$	$4,3 \times 10^4$	60	$3,2 \times 10^4$	$3 \times 10^3$	$1,6 \times 10^4$

Fuente: Elaboración Propia

NMAV: Numeración de microorganismos Aerobios Viables, NACT: Numeración de Actinomicetos, NML: Numeración de Mohos y Levaduras

## V. DISCUSIONES

### 5.1. Determinación de las propiedades fisicoquímicas del bokashi en el suelo

#### 5.1.1. Análisis físico descriptivo

En el cuadro 6 se refleja los resultados del análisis en función del tiempo, teniendo en cuenta que la variación observada no se debe por el efecto del Bokashi, por que el tiempo de exposición de la materia orgánica no permite la meteorización de los minerales. Posiblemente la variación del suelo en áreas pequeñas sea la responsable de estos resultados.

#### 5.1.2. Evaluación de arena en función del tiempo

SALAZAR (2011) recomienda la aplicación de abonos orgánicos en base a textura media a gruesa con densidad aparente  $<1.7 \text{ g/cm}^3$  con grado de limitación ligera, aplicar el abono cuando la humedad permita trabajar el suelo con un impacto que reduce la densidad aparente y minimiza la compactación.

Así mismo suelos con predominancia de fracciones gruesas poseen buenas propiedades físicas, buen drenaje, fácil laboreo, pero su limitante es la baja fertilidad (SCALONE, 2008). Por otra parte la variabilidad de suelos y la densidad aparente está en función de la profundidad según (FORSYTHE, 2005).

#### 5.1.3. Evaluación de limo en función del tiempo

MASAKI (2000) recomienda que textura media fina con densidad aparente  $>1.7 \text{ g/cm}^3$  con grado de limitación moderada es factible aplicar abono orgánico cuando la humedad permita trabajar el suelo, con un impacto que reduce

la densidad aparente y minimiza la compactación. Por el contrario, ESCALONE (2008) manifiesta que porcentajes muy elevados de limo corresponden a propiedades físicas pobres empeorando la aireación, susceptible a la erosión hídrica debido a que disminuye la infiltración del agua.

#### **5.1.4. Evaluación de arcilla en función del tiempo**

De los tres tipos de partícula que componen el suelo, la arcilla es el único que posee carga eléctrica negativa, característica importante porque permite retener en el suelo los nutrientes con carga positiva, como calcio, magnesio, potasio y nitrógeno amoniacal, entre otros. También retiene metales pesados evitando que se filtren hasta el acuífero, propiedad llamada capacidad de intercambio catiónico (CIC). La materia orgánica del suelo también aporta cierto valor de CIC (SALAZAR, 2011). Por otra parte SCALONE (2008) menciona que a mayor proporción de arcilla, las propiedades de la arena serán anuladas, es decir mayor micro poros, poca permeabilidad. Por lo tanto podemos decir que altos porcentajes de arcillas anula los beneficios del limo y la arena.

#### **5.1.5. Análisis químico descriptivo**

#### **5.1.6. Evaluación del pH en función del tiempo**

El pH óptimo para suelos agrícolas es ligeramente ácido a neutro (6.1-7.3), porque en ese rango la mayoría de los nutrimentos se encuentran disponibles para el cultivo. Pero suelos con pH más ácido puede haber problemas con solubilidad y toxicidad por metales pesados. Por el contrario, el riesgo de toxicidad por metales pesados en suelos alcalinos es muy bajo, la mayoría de ellos pasan a

formas insolubles, sin embargo, algunos nutrimentos esenciales como calcio y fósforo también se precipitan volviéndose no disponibles para el cultivo (SALAZAR, 2011). Por otro lado, el pH excesivamente bajo hace demasiado lenta la actividad biológica y en consecuencia disminuye el ritmo de transformación y mineralización de la materia orgánica; un pH entre 6 a 7.2 permite una adecuada evolución de la misma, ya que la mayor parte de las bacterias se desarrollan mejor a pH neutros o ligeramente alcalinos, mientras que el grupo de los hongos presenta un buen desarrollo dentro de los límites de pH más amplios (SCALONE, 2008).

#### **5.1.7. Evaluación de materia orgánica en función del tiempo**

GARCIA (2003) menciona que la caracterización debe tener en cuenta que los suelos son variables, varían en todas direcciones, se requiere atender consideraciones de variabilidad espacial. La fertilidad del mismo se muestra no sólo como la capacidad del medio para aportar nutrientes minerales esenciales para la planta, sino que además, fertilidad del suelo será también la capacidad de este recurso para mantener un nivel de producción alto y perdurable en el tiempo, sin perder por ello su diversidad biótica ni su complejidad estructural y todo ello dentro de un equilibrio dinámico en el suelo (SALAZAR, 2011).

#### **5.1.8. Evaluación de nitrógeno en función del tiempo**

El tiempo requerido por los microorganismos para bajar la relación C/N de los residuos a un nivel donde las formas minerales de N, dependerá de factores como el clima, el contenido de lignina, el grado de contacto del material, los microorganismos. ZAGAL (2011) menciona mineralización neta ocurrirá

después de cuatro a ocho semanas de descomposición activa. SANCHEZ (2011) menciona que suelo arenoso con 9% de arcilla el nitrógeno es apreciable a 24 cm de profundidad, en suelo arenoso con 6% de arcilla disminuye siendo apreciable a 19 cm de profundidad, mientras que en suelo arenoso con 31% de arcilla es apreciable a 16 cm, lo cual corrobora que a mayor porcentaje de arcillas habrá mayor variabilidad de nitrógeno. Por otra parte los microbios que se encargan de la mineralización del nitrógeno prefieren condiciones aerobias para desarrollar sus funciones en el suelo (BELTRAN, 2003).

#### **5.1.9. Evaluación de fósforo en función del tiempo**

El fósforo está ligado a la materia orgánica y se liberan paulatinamente durante el proceso de descomposición o mineralización de la materia orgánica (SALAZAR, 2011). Sin embargo, el movimiento de fósforo a diferente profundidad del suelo arenoso con 9% de arcilla, el fósforo es apreciable a 12 cm de profundidad, en suelo arenoso con 6% de arcilla es apreciable el fósforo a 10 cm de profundidad, mientras que el suelo arenoso con 31% de arcilla el fósforo es apreciable a 14 cm de profundidad indica SANCHEZ (2011); entonces dependerá también de la disponibilidad en el suelo de factores de formación del suelo y factores climáticos.

#### **5.1.10. Evaluación de potasio en función del tiempo**

La estratificación potásica y acumulación de bancos de nutrientes a mayor profundidad influyen en los resultados, pero a 60 días difiere por el pH y

menor acumulación de nutrimentos a 30 y 60 cm, siendo mayor a 20 cm la acumulación de nutrimentos y estratificación potásica, se atribuye al pH y porcentaje de materia orgánica en los estratos evaluadas así como también a factores climáticos como la precipitación y factores de formación del suelo, los resultados obtenidos.

#### **5.1.11. Análisis fisicoquímico correlacional**

SOLANO (2011) menciona que si bien es cierto, no se pueden controlar los efectos potenciales de factores ambientales, factores climatológicos, que influye en el coeficiente de variación.

#### **5.1.12. Análisis fisicoquímico del bokashi**

Así mismo, BIZZOZERO (2006) manifiesta que los componentes de elaboración de abono orgánico, que el estiércol, influye en parámetros como el nitrógeno, fósforo, potasio y porcentaje de humedad.

#### **5.1.13. Evaluación del pH, nitrógeno, fósforo y potasio del bokashi en función del tiempo**

En la Figura 9 se muestra que el potasio ( $K_2O$ ) presenta cambios en su composición de acuerdo a los periodos de evaluación, variables como el pH, porcentaje de nitrógeno y fósforo los cambios son casi imperceptibles en función del periodo de evaluación. Sin embargo los criterios para evaluar un suelo con base en su contenido de nitrógeno tienen como valor mayor que 0.221% en la categoría

de rico (INE, 2011); entonces podemos decir que se corrobora en el grafico al tener un valor óptimo de 1.1% a 1.27% de nitrógeno en el Bokashi.

#### **5.1.14. Evaluación de la materia orgánica y ceniza del bokashi en función del tiempo**

CASTRO (2009) menciona que el porcentaje de cenizas debe oscilar de 10 a 20 por ciento. Aportan elementos minerales importantes como potasio, calcio y silicio (BIZZOZERO, 2006).

### **5.2. Cuantificación de número microorganismos en el suelo de cacao**

#### **5.2.1. Cuantificación de microbios en función de la profundidad**

Si bien es cierto, DURAN (2006) menciona que la materia prima utilizada para la elaboración del bokashi determina en mucho las unidades formadoras de colonias (UFC). Los datos mostraron una variabilidad en la enumeración de microorganismos entre las profundidades evaluados.

### **5.3. Influencia de los microorganismos del bokashi en las características del suelo cacaotal.**

#### **5.3.1. Enumeración de microorganismos en función de la profundidad y el tiempo**

Determinante es la disponibilidad de nutrimentos por efecto del bokashi, la variabilidad de suelos y los factores ambientales. La biodiversidad asegura muy poca fuga de elementos como nitrógeno y potasio porque los microbios lo utilizan e intercambian continuamente como elementos esenciales. Cabe indicar que el proceso de formación del bokashi adquiere temperaturas

superiores a 55 ° C el cual limita la cuantificación de posibles microbios benéficos, estos microbios reciclan los elementos a otros seres vivos como parte de la cadena alimenticia y de equilibrio en el suelo (OIRZA, 2001).

## VI. CONCLUSIONES

- 6.1. Se concluye que los microorganismos incorporados del bokashi, influyen en la principales propiedades fisicoquímicas del suelo de cacao, estimulando el crecimiento de microbiano, incremento de materia orgánica (a mayor materia orgánica entonces será mayor el número de microorganismos), el pH, nitrógeno y el porcentaje de arena, una relación directa (a pH ácidos y mayor profundidad y tiempo entonces menor número de microbios aerobios viables y actinomicetos, inversamente mohos y levaduras). Los datos mostraron una alta variabilidad en las propiedades evaluadas con una confiabilidad del 95% estadísticamente.
- 6.2. Se concluye que la cuantificación de número de microbios en el suelo, varía por tipos de suelo y tipos de microorganismos, existiendo mayor variación a 30 cm y 60 cm de profundidad del suelo de cultivo de cacao así como en el tiempo, determinante es la disponibilidad de nutrimentos a profundidad, lo cual podría influir las variaciones de microbios.
- 6.3. Se concluye que los microorganismos en el bokashi influyen en las características del suelo de cultivo de cacao, incrementando la materia orgánica, pH, nitrógeno, potasio, fosforo. El comportamiento de la dinamica de los microbios en funcion del tiempo y la profundidad en las variables fisicoquimicas tienen efecto en el suelo.

## VII. RECOMENDACIONES

- 7.1. Profundizar más en el estudio de la variabilidad de los tratamientos por lo que se sugiere la necesidad de su caracterización, así como de una mayor investigación de las fuentes utilizadas para su producción.
- 7.2. Realizar estudio de unidades de formación de colonias a nivel fisiográfico usando técnicas de biomarcadores moleculares, para su comparación con técnicas tradicionales.
- 7.3. Perfeccionar la técnica de cuantificación de cultivos en placas, con instrumentación de más tecnología.
- 7.4. Estudiar con más detalle los procesos y fluctuaciones que se desarrollan a mayor profundidad del suelo.
- 7.5. Elaborar un modelo del suelo que permita obtener un conjunto de parámetros entre funciones y componentes, herramienta que permitirá realizar estudios de interacción microbiana.

## VIII. ABSTRACT

The present work was executed in the Hamlet, Los Milagros, located 26 minutes to the North-East of Tingo María city José Crespo y Castillo district, Leoncio Prado province, Huánuco department; with the purpose of determining the influence of microorganisms of bokashi in the characteristics of the soils of culture of cocoa. To determine the physicochemical properties of the bokashi in the soil of culture of cocoa, to quantify the number of microorganisms in the bokashi in soils of culture of cocoa and to determine the influence of the microorganisms of the bokashi on the characteristics of the soils of culture of cocoa.

For the present work there was used as quantification techniques the enumeration of aerobic microorganisms, actinomycetes, mildews and yeasts, physicochemical analysis of soils, method was used Hydrometer, saturation extract electrical cell, potentiometer, Glass Volumetric, Walkley and Black, Total Nitrogen, APHA, AWWA, WPCF.

For it a local sampling was realized, doing 4 types of depths to 10, 20, 30 and 60 cm, in the zone of the hamlet Los Milagros. Where the major population density is established by the depth of soil, it wants to say that the more it approaches the surface of the soil one will find major microorganisms, and other one of the indicator is the type of soil. Which indicate us that soil of cacao plantation as effect of the

bokashi has major density of aerobic viable microorganisms, actinomycetes, being a variable as for mildews and yeasts, and the principal factor of population growth of the microorganisms are the organic matter and the pH of the soil.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVA, L. (2000): Elaboración, uso y manejo de biopreparados microbianos. Ed. Corpoica, Bogotá, Colombia.
- AQUINO H., R., CAMACHO, H., M. Y LLANOS, G. 1989. Métodos para el análisis de aguas, suelos y residuos sólidos. Ed. CONCYTEC. N° 1. Lima. Perú. 106 p.
- BELTRAN, A. 2003. Mineralización de nitrógeno en el suelo y producción de maíz forrajero con tres sistemas de labranza. [En línea]: Redalyc, (<http://redalyc.uaemex.mx/pdf/573/57321413.pdf>. documentos. Nov. 2011)
- BIZZOZERO, F. 2006. Tecnologías apropiadas; biofertilizantes nutriendo cultivos sanos. [En línea]: ([http://www. Tecnologías apropiadas.com /biblioteca/CeutaBiofertilizantes.pdf](http://www.Tecnologías apropiadas.com/biblioteca/CeutaBiofertilizantes.pdf). documentos. Nov. 2011)
- BRAVO, C. 2004. Variabilidad espacial de propiedades físicas y químicas del suelo y su relación con el rendimiento de frijol. [En línea]: (<http://www.zonanosaturada.com/zns11/publications/p79.pdf>, documentos. Nov. 2011)
- BROCK, T. 1996. Microbiología. 6 ed. Ed. Prentice-Hall Hispanoamericana, S. A., México, D.F., México.
- CADENA S., S.F. 2009. Uso de los microorganismos eficaces EM y la vinaza como potencializadores de microorganismos biotransformadores de

residuos de cosecha y fijadores de nitrógeno en el cultivo de la caña de azúcar. [En línea]: Fundases, (<http://www.fundases.com/userfiles/file/2.%20SILVIO%20CADENA%20EM%20Hda%20%20Judea%202009.pdf>). documentos. Nov. 2010).

CASTRO, A. 2009. Capacidad de suministro N, P Y K de cuatro abonos orgánicos.[En línea]: Mag, ([http://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v33n01-031.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_agr/v33n01-031.pdf)). documentos. Nov. 2010)

CUESTA M., P. A. 2006. El análisis de suelos: toma de muestras y recomendaciones de fertilización para la producción ganadera. [En línea]: Corpoica, (<http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/Foros/capitulouno.pdf>). documentos. Nov. 2011)

ECOMERCADOS. 2005. Mercado Europeo de Cacao Orgánico: comercio justo. [En línea]: Appcacao, (<http://appcacao.org/descargar/mercado%20europeo%20de%20cacao%20organico.pdf>). documentos. May 2010).

FAO. 2002. Los fertilizantes y sus usos. [En línea]: FAO, (<ftp://ftp.fao.org/aql/aql/docs/fertuso.pdf>). documentos. Nov. 2011)

FORSYTHE, W. 2005. Variación de la densidad aparente en órdenes de suelos de Costa Rica. [En línea]: Mag, ([http://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v29n01\\_085.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_agr/v29n01_085.pdf)). documentos. Nov. 2011)

FUNDASES. 2009. Microorganismos benéficos y efectivos para una agricultura y medio ambiente sostenible. [En línea]: Fundases,

([http://www.fundases.com/userfiles/file/MicroorG\\_Benef\\_Efect.pdf](http://www.fundases.com/userfiles/file/MicroorG_Benef_Efect.pdf). documentos. Oct. 2010).

GARCIA, D. 2003. Variabilidad espacial del contenido de materia orgánica en el suelo de una plantación de viñedo. [En línea]: (<http://www.zona-nosaturada.com/publics/V6/p223-228.pdf>. documentos. Nov. 2011)

GRANADOS P., R. Y VILLAVERDE, P., Carmen. 1997. Bacteriología. Edit. Thonson. Madrid. España. 365 p.

INE. 2011. Análisis físicos y químicos en el suelo.[En línea]: INE, (<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/509/analisis.pdf>. documentos. Nov. 2011)

MASAKI, SHINTANI. 2000. Tecnología tradicional adaptada para una agricultura sostenible y un manejo de desechos moderno. [En línea]: Reboreda, (<http://www.reboreda.es/Documentos/el%20libro%20del%20bokashi.pdf>. documentos. Abril 2011).

MEJIA, L. A. 2005. Abono Orgánico Manejo y Uso en el Cultivo de Cacao. [En línea]: Turipana, ([http://www.turipana.org.co/abono\\_cacao.htm.pdf](http://www.turipana.org.co/abono_cacao.htm.pdf). documentos. Oct. 2010).

MINISTERIO DE AGRICULTURA. 2004. Manual del cultivo de cacao. [En línea: (<http://proamazonia.minag.gob.pe/estudios/manualcacao.pdf>. documentos. Set. 2011).

- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. 1991. Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica. [En línea]: Mag, ([http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual/ciencia/tec\\_analisisquimico.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual/ciencia/tec_analisisquimico.pdf)). documentos. Set. 2011).
- MPLP. 2007. Plan de infraestructura económica provincial (PIEP). Leoncio Prado. [En línea]: (<http://es.scribd.com/doc/11234641/pieplp>). documentos. Set. 2011).
- OSORIO N. W. 2011. Muestreo de suelos. [En línea]: (<http://www.unalmed.edu.co/esgeocien/documentos/muestreo.pdf>). documentos. Nov. 2011).
- OIRZA. 2001. Manual técnico; buenas prácticas de cultivo en café orgánico. [En línea]: Oirsa, ([http://www.oirsa.org/aplicaciones/subidoarchivos/BibliotecaVirtual/MANUALCAFEORGANICO\\_paraprofesionales.pdf](http://www.oirsa.org/aplicaciones/subidoarchivos/BibliotecaVirtual/MANUALCAFEORGANICO_paraprofesionales.pdf)). documentos. Nov. 2011).
- PELCZAR. 1993. Microbiología. México. Editorial McGraw Hill.
- PEREZ, A. 2008. Caracterización fisicoquímica y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en República Dominicana. [En línea]: SCIELO, (<http://www.scielo.cl/pdf/rcsuelo/v8n3/art02.pdf>). documentos. Set. 2011).
- PYMEX. 2009. Cacao orgánico. Alternativa rentable de cultivo. [En línea]: PYMEX, (<http://www.pymex.pe/component/content/article/584.html>). documentos. May. 2010).

- PROMPERU. 2009. Comercio Internacional de Productos Orgánicos Situación, Perspectivas y Experiencias del Perú. [En línea] (<http://export.promperu.gob.pe/Prompex/Documents/d546ec3c-b220-4396-a2a7-a509812a8e31.pdf>. documentos. May.2010)
- TEUNISSEN, J. 2009. Cacao sostenible en Latinoamérica. [En línea] ([www.oxfam.org/es/programs/development/samerica/cacao.pdf](http://www.oxfam.org/es/programs/development/samerica/cacao.pdf). documentos. May. 2010)
- THOMPSON, L. M.; TROEH, F. R. 1998. Los suelos y su fertilidad. Revert S.A. Barcelona España, pp. 135-169.
- RUIZ F., A. 2008. Biodiversidad del suelo, conservación de la naturaleza y sostenibilidad. [En línea]: ([http://www.tec.ac.cr/sitios/Vicerrectoria/vie/editorial\\_tecnologica/Revista\\_Tecnologia\\_Marcha/pdf/tecnologia\\_marcha\\_21-1/184-190.pdf](http://www.tec.ac.cr/sitios/Vicerrectoria/vie/editorial_tecnologica/Revista_Tecnologia_Marcha/pdf/tecnologia_marcha_21-1/184-190.pdf). documentos. Nov. 2011)
- SALAZAR, E. 2011. Abonos orgánicos y plasticultura. [En línea]: ([http://www.smcs.org.mx/pdf/libros/abonos\\_org.pdf](http://www.smcs.org.mx/pdf/libros/abonos_org.pdf). documentos. Nov. 2011)
- SANCHEZ G., P. 2011. Manejo de la solución del suelo en cultivos hortícolas bajo agricultura protegida. [En línea]: Itson, ([http://www.itson.mx/micrositios/nch/Documents/solucion\\_del\\_suelo.pdf](http://www.itson.mx/micrositios/nch/Documents/solucion_del_suelo.pdf). documentos. Nov. 2011)
- SCALONE E., M. A. 2008. Propiedades físico químicas de los suelos. [En línea]: ([http://www.fing.edu.uy/ia/departamento%20legal/Apuntes/Capitulo\\_10.pdf](http://www.fing.edu.uy/ia/departamento%20legal/Apuntes/Capitulo_10.pdf). documentos. Nov. 2011)

- SOLANO L., R. 2011. Diseños de investigación clínica. [En línea]: (<http://www.med.ufro.cl/Recursos/GISIII/linkedddocuments/dise%F1os%20cuantitativos.pdf>. documentos. Nov. 2011)
- SOMEX. 2008. Población microbiana en el suelo. [En línea]: (<http://www.somexnutricion.com>. documentos, Set. 2011)
- VIDAL, J. A., 2002. Microorganismos eficientes. Solución a problemas ambientales. [En línea]: (<http://microbiología-general.blogspot.com/2009/05/microorganismos-eficientes.html>), documentos. Jul. 2011).
- WILD, A. 1992. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Versión Española de P. Urbano Terrón y C. Rojo Fernández. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 1045.
- ZAGAL, E. 2011. El ciclo del nitrógeno en el suelo. [En línea]: CIENCIA, (<http://www.ciencia-ahora.cl/Revista16/14/ElCicloDelNitrogeno.pdf>. documentos, Nov. 2011)

## **X. ANEXOS**

Anexo A. Delimitación del área del suelo para el muestreo, proceso de obtención de calcio a partir de huesos de animales mayores y proceso de maduración de bokashi.



Figura 1. Delimitación del área para realizar la calicata del suelo del cacaotal.



Figura 2. Muestreo de suelo preliminar a profundidades de 10, 20, 30 y 60 centímetros para sacar las sub muestras respectivas.



Figura 3. Preparación de cenizas de hueso de animales mayores.



Figura 4. Generando cenizas de huesos de animales mayores.



Figura 5. Molido y cernido de huesos para una mezcla homogénea.

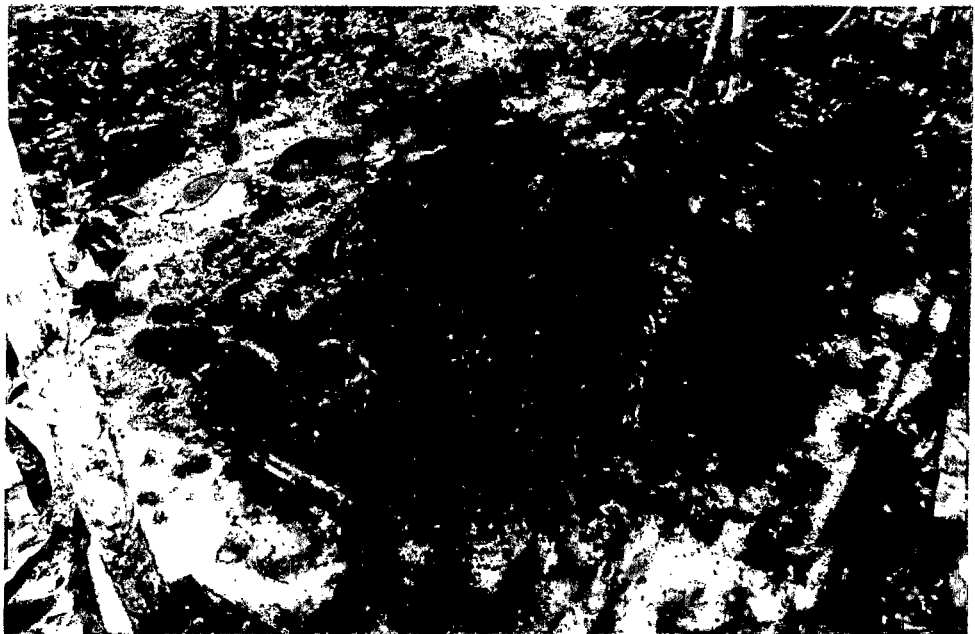


Figura 6. Mezcla de diversos materiales para la formación del Bokashi.

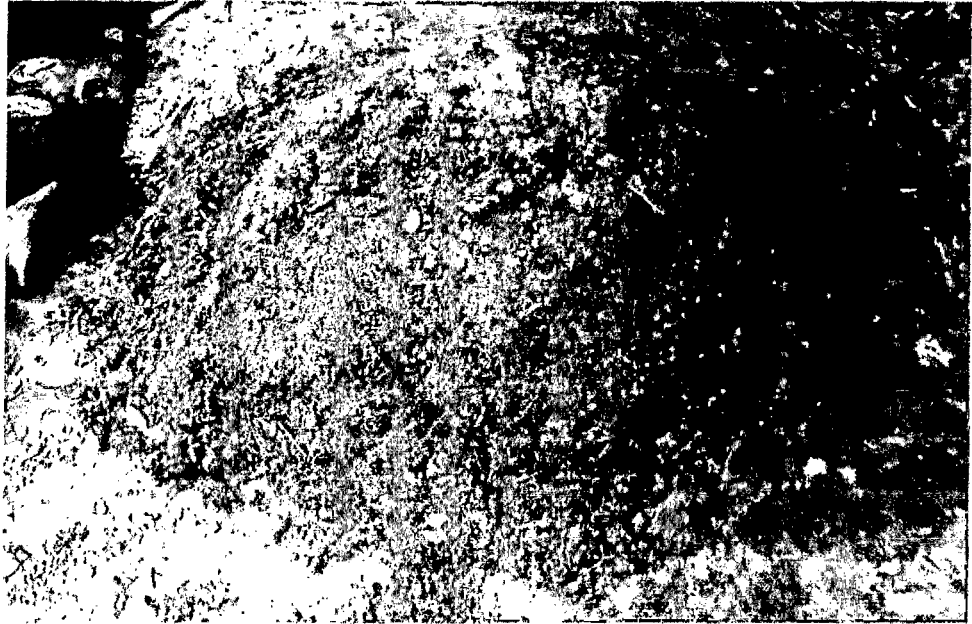


Figura 7. Formación del Bokashi.



Figura 8. Incorporación Bokashi de 20 días de maduración para el tratamiento 1



Figura 9. Cavado en un metro cuadrado para incorporar el Bokashi al suelo del cultivo de cacao.



Figura 10. Incorporación del Bokashi al suelo del cultivo de cacao.

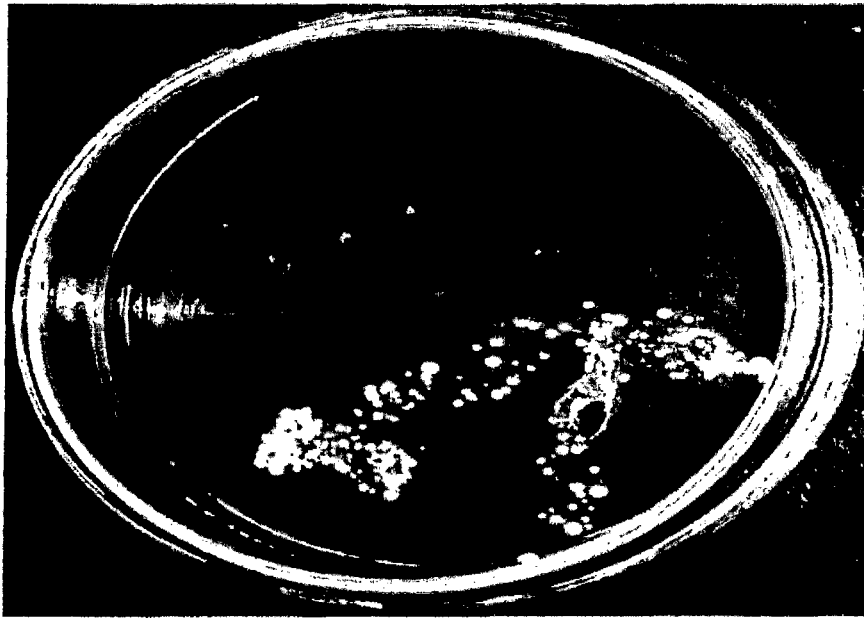
## Anexo B. Datos climatológicos

Cuadro 1. Datos meteorológicos correspondientes al periodo de ejecución del trabajo de investigación (Tingo María).

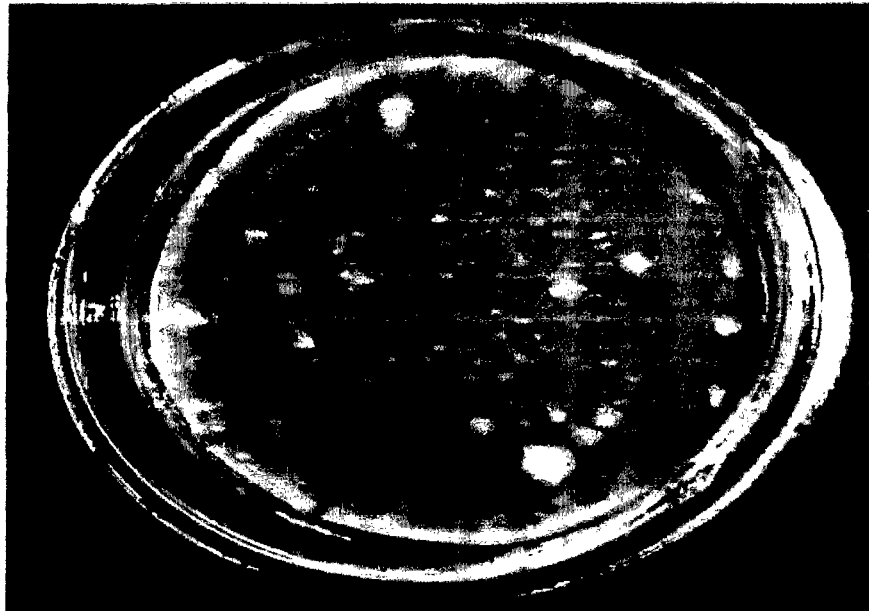
<b>Meses</b>	<b>Temperatura media (°C)</b>	<b>Humedad relativa media (%)</b>	<b>Precipitación total (mm)</b>
Mayo	25.11	81.10	198.80
Junio	25.16	83.20	127.30
Julio	24.65	83.60	145.80
Agosto	24.85	88.30	128.60
Setiembre	25.01	82.20	268.80
Octubre	25.20	82.90	270.00
Noviembre	25.65	81.10	377.90
Diciembre	25.45	83.60	564.40

Fuente: Estación Meteorológica José Abelardo Quiñones – UNAS (2011).

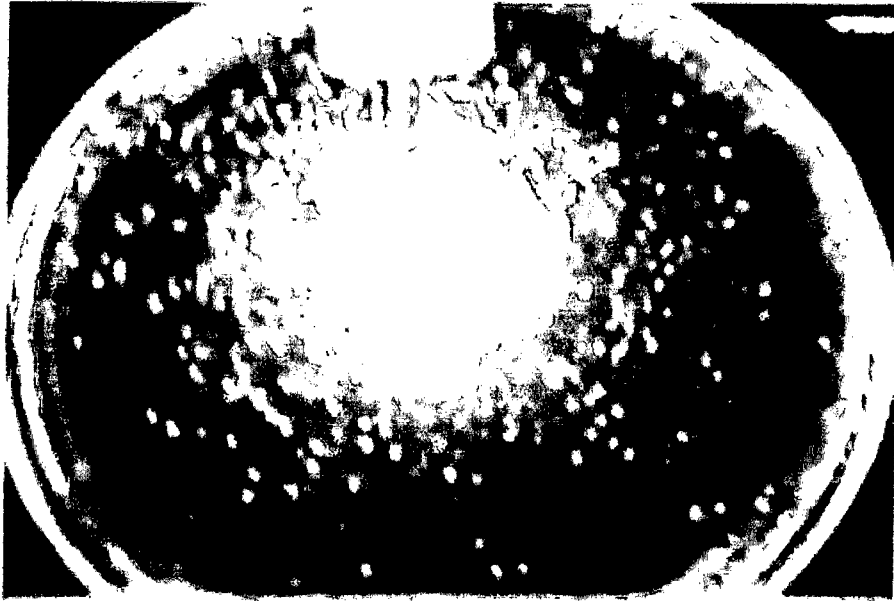
Anexo C. Fotografías de microorganismos: aerobios, actinomicetos, mohos y levaduras



(a)



(b)



(c)  
Figura 11. Bacterias aerobias a, b, c.

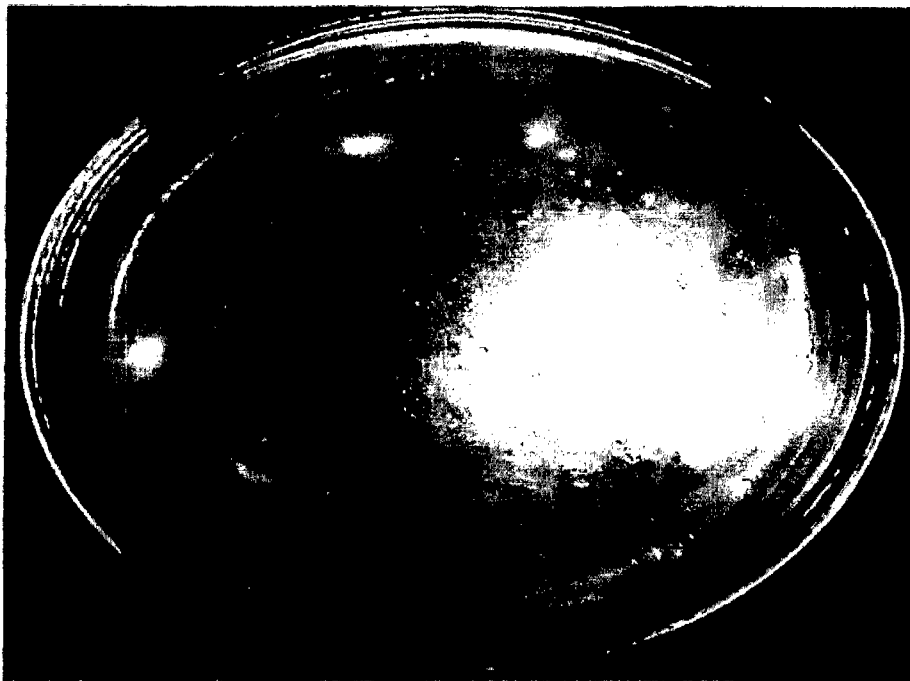
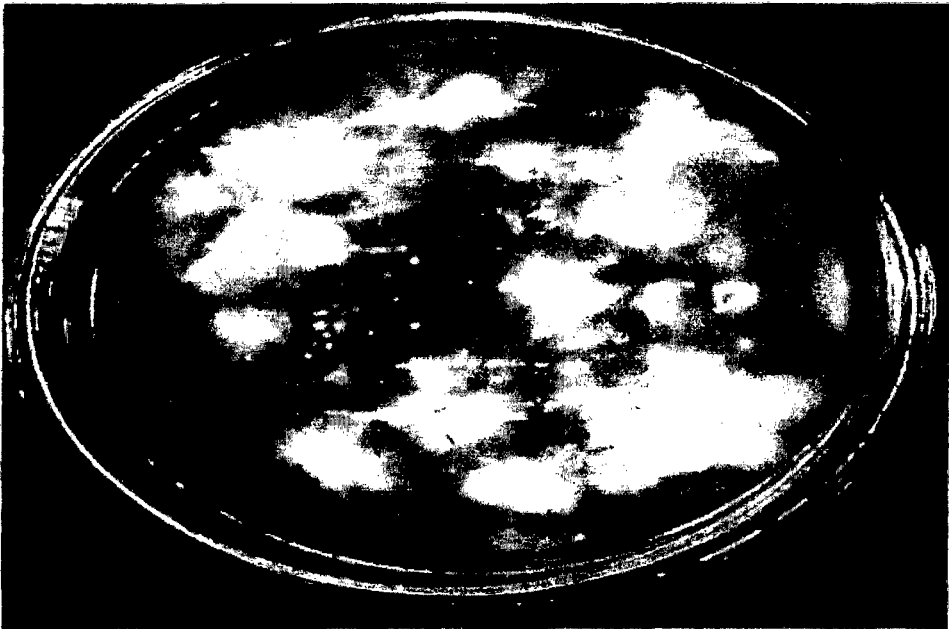


Figura 12. Actinomicetos.



(a)



(b)

Figura 13. Mohos y levaduras a y b.