

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**“EFECTOS DE APLICACIÓN DEL BOCASHI EN EL
CRECIMIENTO DEL SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.) Y
RECUPERACIÓN DE UN SUELO DEGRADADO EN EL DISTRITO
DE DANIEL ALOMIA ROBLES, HUÁNUCO”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

PRESENTADO POR:

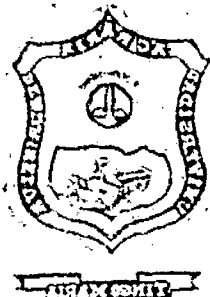
WILLY DANIEL RIOS VARGAS

2015



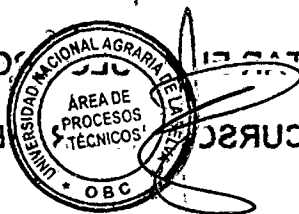
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



“EFECTOS DE APLICACIÓN DEL BOCASHI EN EL
CRECIMIENTO DEL SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.) Y
RECUPERACIÓN DE UN SUELO DEGRADADO EN EL DISTRITO
DE DANIEL ALOMIA ROBLES, HUÁNUCO”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN
RECURSOS NATURALES RENOVABLES



T
CSA

PRESENTADO POR:

WILLY DANIEL RIOS VARGAS, Willy Daniel RIOS VARGAS

“Efectos de Aplicación del Bocashi en el Crecimiento del Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) y Recuperación de un Suelo Degradado en el Distrito de Daniel Alomia Robles, Huánuco” 2015

2015

72 páginas; 09 Figuras; 15 Cuadros; 46 ref.; 30 cm.

Tesis (Ingeniero en Recursos Naturales Renovables Mención Conservación de Suelos y Agua) Universidad Nacional Agraria de la Selva Tingo María (Perú). Facultad de Recursos Naturales Renovables

- | | | | | | |
|----|----------------------|----|-----------------|----|---------|
| 1. | EFFECTOS | 2. | APLICACIÓN | 3. | BOCASHI |
| 4. | PLUKENETIA VOLÚBILIS | 5. | SUELO DEGRADADO | | |



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 30 de diciembre del 2010, a horas 5:30 p.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

“EFECTO DE APLICACIÓN DEL BOCASHI EN EL CRECIMIENTO DEL SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.) Y EN LA RECUPERACIÓN DE UN SUELO DEGRADADO DE LA FINCA SAN FELIPE”

Presentado por el Bachiller: **WILLY DANIEL RIOS VARGAS**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **“BUENO”**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**, mención **CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del Título correspondiente.

Tingo María, 03 de diciembre del 2014.

Ing. M.Sc. **JOSÉ ÉVANO CRISÓSTOMO**
PRESIDENTE



Ing. M.Sc. **JOSÉ K. GUERRA LU**
VOCAL

Ing. **JAIME TORRES GARCÍA**
VOCAL

Ing. **NELINO FLORIDA ROFNER**
ASESOR

DEDICATORIA

A mis amados padres:

Wildoro Ríos Tinoco y Nancy Vargas
Jara; por entregarme su apoyo
incondicional, para el logro de mis
metas en cada etapa de mi vida

Al sr. Felipe Cachique Sajami y
esposa; por su completa disposición y
ayuda durante el desarrollo de la
investigación.

A mi hermanas: Sandra y Pierina Rios
Vargas; por su compañía y
hermandad, brindándome su apoyo
moral, valor inmenso de nuestra
familia.

AGRADECIMIENTO

- A Dios, fuente de sabiduría, que guía mis pasos por el sendero del bien.
- A mi Alma Mater y docentes de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quienes pusieron sus mayores esfuerzos y dedicación por el saber.
- A mi asesor de tesis, Ing. Nelino Florida Rofner, por su apoyo incondicional en el desarrollo de la presente investigación.
- A mi prima Rocio Vargas Jara, quien me dio grandes iniciativas colmándome de entusiasmo para lograr mi realización profesional.
- A mi cuñado Oswaldo Cachique Ramírez, quien me alentó y apoyó enormemente para no claudicar mis esfuerzos en el término de mi tesis.
- A mis amigos; Heidi Cotrina, Raúl Trigos y Deysi Contreras, con quienes juntos nos dimos fuerzas y contagiarnos de entusiasmo para superar obstáculos en nuestra carrera profesional y personal.
- A todos, que de una u otra manera contribuyeron en mi formación profesional. A ellos y ellas sinceramente agradecido.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Degradación del suelo.....	4
2.2. Plantas indicadoras de suelos ácidos.....	7
2.2.1. Helecho o macorilla (<i>Pteridophyta</i>).....	7
2.2.2. Rabo de zorro (<i>Andropogon bicornis L.</i>).....	7
2.3. Determinación de nutrientes disponibles.....	8
2.3.1. pH del suelo.....	9
2.3.2. Materia orgánica del suelo.....	10
2.3.3. Nitrógeno del suelo.....	13
2.3.4. Fósforo del suelo.....	14
2.3.5. Potasio del suelo.....	15
2.3.6. Calcio y magnesio del suelo.....	16
2.3.7. Aluminio del suelo.....	17
2.3.8. Capacidad de intercambio catiónico.....	18
2.4. Biodiversidad en el suelo.....	20
2.5. Control biológico.....	21
2.5.1. Control biológico a base de equilibrio en el suelo.....	21
2.5.2. Barbasco como controlador biológico.....	21
2.6. Enmiendas orgánicas.....	22
2.6.1. Fertilización con enmiendas orgánica.....	22
2.6.2. Características de las enmiendas orgánicas.....	23

2.6.3. Uso de las enmiendas orgánicas.....	23
2.6.4. Compost de estiércol.....	24
2.7. Abono orgánico fermentado tipo bocashi.....	25
2.7.1. Ventajas del bocashi.....	26
2.8. Principales aportes de los ingredientes utilizados para elaborar los abonos orgánicos fermentados tipo bocashi.....	27
2.8.1. Carbón vegetal.....	29
2.8.2. Gallinaza.....	29
2.8.3. Cascarilla del arroz.....	30
2.8.4. Afrecho de trigo.....	31
2.8.5. Melaza de caña.....	31
2.8.6. Tierra de floresta virgen o manto forestal.....	31
2.8.7. Tierra común.....	31
2.8.8. Cal agrícola.....	32
2.8.9. El agua.....	33
2.9. Generalidades de la especie en estudio.....	33
2.9.1. Clasificación botánica.....	33
2.9.2. Morfología de la especie en estudio.....	34
2.9.3. Propagación del sachá Inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	35
2.9.4. Usos y valores nutritivos.....	35
2.9.5. Distribución natural.....	36
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	38
3.1. Lugar y fecha de ejecución	38

3.1.1. Ubicación política y geográfica.....	38
3.2. Características generales de la zona.....	38
3.2.1. Clima.....	38
3.2.2. Suelo.....	39
3.2.3. Vegetación.....	40
3.2.4. Fisiográfica.....	40
3.3. Componentes en estudio	40
3.3.1. Preparación del terreno.....	40
3.3.2. Demarcación del terreno.....	41
3.3.3. Establecimiento de la plantación.....	41
3.3.4. Control de malezas.....	41
3.3.5. Preparación del abono fermentado tipo bocashi.....	42
3.3.6. Controlador biológico.....	44
3.3.7. Muestreo final de suelo.....	44
3.4. Componentes en estudio.....	44
3.4.1. Análisis estadístico.....	45
3.4.2. Diseño del área experimental.....	46
3.5. Variables independiente.....	47
3.5.1. Abono orgánico fermentado tipo bocashi.....	47
3.6. Variables dependientes.....	48
3.6.1. Fertilidad del suelo	48
3.6.2. Crecimiento de planta.....	48
3.6.3. Mortandad de la planta.....	49

IV. RESULTADOS.....	50
4.1. Niveles de abono fermentado tipo bocashi en el crecimiento de la altura y porcentaje de mortandad del sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	50
4.1.1. Crecimiento de la altura	50
4.1.2. Mortandad del cultivo.....	53
4.2. Efecto del abono fermentado tipo bocashi en la fertilidad de un suelo degradado por acidez.....	55
4.2.1. pH.....	56
4.2.2. Materia orgánica.....	56
4.2.3. Nitrógeno, fósforo y potasio.....	58
4.2.4. Capacidad de intercambio catiónico.....	60
V. DISCUSIÓN.....	62
VI. CONCLUSIONES.....	70
VII. RECOMENDACIONES.....	71
VIII ABSTRACT.....	72
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
ANEXO	78

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Niveles críticos de nutrientes disponibles en suelos ácidos.....	6
2. Escala que indica las diferentes reacciones del suelo.....	10
3. Niveles de contenido de materia orgánica del suelo.....	13
4. Niveles de fósforo del suelo.....	15
5. Niveles de potasio del suelo.....	16
6. Niveles de CICE del suelo.	20
7. Contenido de nutrientes del bocashi.....	27
8. Contenido de proteínas y ácidos grasos del sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.) (HAMAKER <i>et. al.</i> , 1992).	36
9. Análisis físico-químico inicial del suelo.....	39
10. Contenido de nutrientes del bocashi de la finca San Felipe.....	44
11. Tratamientos en estudio	45
12. Análisis de varianza para las alturas de las plantas de sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	50
13. Contraste múltiple de rangos para altura de planta según tratamientos (prueba de Duncan).....	51
14. Valores de las alturas máximas del sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.). (cm).	52
15. Resultados comparativos del análisis iniciales y final.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Alturas máximas del sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.) según tratamiento.....	53
2. Evaluación de mortandad de las plantas de sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.) en los cuatro meses de evaluación.....	54
3. Resultados del pH del suelo.....	56
4. Resultados del porcentaje de materia orgánica en el suelo.....	57
5. Resultados del porcentaje de nitrógeno en el suelo.....	58
6. Resultados de la concentración de fósforo en el suelo.....	59
7. Resultados de la concentración de potasio en el suelo.....	60
8. Resultados de la capacidad de intercambio catiónico efectivo en el suelo.	61
9. Resultados del porcentaje de los cationes de cambio el suelo.....	62

RESUMEN

El ecosistema amazónico por la deforestación y la quema constante de árboles, sufre una degradación severa; ante esta situación la presente investigación pretende recuperar un suelo degradado a través de la incorporación del abono tipo bocashi y su influencia en el crecimiento del sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.); cuyo objetivo fue evaluar el efecto de los niveles de abono fermentado tipo bocashi en el crecimiento de la altura, y porcentaje de mortandad del sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) y evaluar el efecto del abono fermentado tipo bocashi en la fertilidad de un suelo degradado por acidez. El experimento se desarrolló durante cuatro meses, en la finca San Felipe, ubicado en el caserío la Victoria, distrito de Daniel Alomía Robles, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, Perú. Para el análisis estadístico, se utilizó el Diseño en Bloques Completamente Randomizado (DBCA) con 4 tratamientos aplicando diferentes niveles de bocashi (T=0g., T₁=200g., T₂=300g, y T₃=400g) y 4 repeticiones; demostrando que hubo diferencias estadísticas entre tratamientos tanto para el crecimiento de las plantas como para la fertilidad del suelo, los resultados fueron: El T₃ (400 g), llegó al final del estudio a medir 184 cm, no registró mortalidad, mejoró las condiciones de fertilidad del suelo; se incrementó el pH desde 4.3 a 5.2, materia orgánica de 2.0% a 5.3%, nitrógeno de 0.09% a 0.24%, fósforo 7,7 ppm a 11,38 ppm, bases cambiables de 30.99% a 95.06%; también se logró reducir la acidez cambiable de 69.01% a 4.94% y por consiguiente la saturación de aluminio en el suelo descendió de 43.66% a 2.47%; finalmente se concluye que la aplicación del abono fermentado tipo bocashi, es una alternativa eficaz para favorecer el desarrollo de cultivos de sachá inchi aun en condiciones de un suelo degradado, lo cual nos permite asegurar que el bocashi es un abono orgánico indispensable para recuperar o mejorar la fertilidad de un suelo.

I. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas amazónicos están sufriendo degradación severa desde el final de la década del 60, principalmente por la deforestación y quema, siendo una técnica muy eficiente en la preparación de la tierra (NEPSTAD, 2001).

Esta agricultura denominada migratoria se ve fortalecida por el cultivo de coca cuya conducción depende de la práctica destructiva de la tala y quema de árboles. Los bosques son quemados, la coca es sembrada y cuando los campos se agotan de nutrientes (suelos degradados), se talan nuevos bosques repitiéndose en ciclo indefinidamente (PROAMAZONIA, 2003).

La demanda de productos orgánicos ha creado nuevas oportunidades de exportación para los países en desarrollo (FAO, 1999). Uno de los aspectos claves en este tipo de manejo es la sustitución de fertilizantes químicos por abonos orgánicos, para reducir la dependencia de insumos externos de altos costos económicos y ambientales.

El sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), es una planta que presenta características muy favorables para la revegetación. De acuerdo a su distribución, tiene un amplio margen de adaptación a diferentes tipos de suelo.

Es una planta agronómicamente rústica de poca exigencia nutricional, crece en suelos ácidos y con alta concentración de aluminio, prospera en shapumbales (*Pteridium aquilinum*) y en Cashucshales (*Imperata brasiliensis*) (VALLES, 1992).

En tal sentido, la investigación pretende recuperar los suelos abandonados por su baja fertilidad, a través de la incorporación del abono fermentado tipo bocashi, considerando que este abono comprende de ingredientes accesibles en el campo y de fácil elaboración, y a su vez tiene la particularidad de recuperar y mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos.

Finalmente, se plantea la interrogante ¿Los efectos de aplicación del bocashi influenciarán en el crecimiento del sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en la recuperación de un suelo degradado en la finca de San Felipe?, por lo que se planteó la hipótesis: “la aplicación del bocashi influenciará en el crecimiento y las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo”.

Los objetivos de la investigación fueron:

General:

- Evaluar el efecto del abono orgánico fermentado tipo bocashi en el crecimiento del sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), y en la recuperación de un suelo degradado de la finca San Felipe del distrito Daniel Alomía Robles.

Específicos:

- Evaluar el efecto de los niveles de abono fermentado tipo bocashi en el crecimiento de la altura y porcentaje de mortandad del sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).
- Evaluar el efecto del abono fermentado tipo bocashi en la fertilidad de un suelo degradado por acidez.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Degradación del suelo

Se entiende por degradación de suelo cualquier pérdida de las propiedades de este, necesarias para el bien desarrollo y rendimiento de los cultivos. Si no se controlan las influencias naturales negativas y si no se realizan prácticas agrícolas adecuadas, los suelos se degradan. Como resultado de la desaparición de la estructura y fertilidad del suelo, la capacidad para mantener el crecimiento y la producción de los cultivos baja progresivamente. Al final tales suelos llegan a ser inadecuados para la agricultura (GRAETZ, 2004).

El principal efecto de la degradación es que dificulta el enraizamiento de las plantas y la disponibilidad de los elementos nutritivos, a la par que hace decrecer la cantidad de agua retenida por el suelo. En estas condiciones, la eficacia de los abonados es menor por lo que es necesario el empleo de cantidades crecientes para la consecución de producciones semejantes (FAO, 1994).

La degradación del suelo lleva siempre consigo una serie de efectos todos ellos negativos. Cualquiera que sea el tipo de degradación

sufrida, una de las propiedades que se ve siempre afectada es la estructura, formándose agregados más inestables y con fuerte tendencia a la destrucción y dispersión de los coloides (BIENES, 2003).

El deterioro estructural dificulta el enraizamiento de las plantas y su capacidad de absorción de agua y nutrientes, a la par que agrava considerablemente los riesgos de erosión (FAO, 1994).

Una estructura deficiente provoca una menor permeabilidad del suelo y una mayor dificultad en la infiltración del agua de lluvia que conduce a un incremento de la escorrentía y a un menor aprovechamiento del agua, con lo que el clima resulta más seco de lo que indica la pluviométrica del lugar. La mayor dispersión de los coloides favorece su pérdida, las texturas se hacen más gruesas y la capacidad de retención de agua disminuye. Este proceso se ve agravado si las pérdidas de material, por los procesos erosivos, son abundantes con lo que el espesor del suelo decrece y su reserva de agua merma consecuentemente.

Por otro lado, la acidez que se va creando dificulta la supervivencia de la vegetación y empobrece al suelo en materia orgánica, con la consiguiente bajada de la capacidad de intercambio iónico que deteriora sus condiciones físico-químicas. Un pobre complejo de cambio reduce la capacidad tampón del suelo y lo hace más proclive a los bruscos cambios de pH, que pueden conducir a un deterioro de sus características biológicas al incidir sobre la microflora y microfauna presentes (BIENES, 2003).

La disminución de la materia orgánica y la degradación del complejo de cambio provoca pérdida de nutrientes que autoacelera el proceso degradativo de la vegetación. Simultáneamente se produce una paulatina acidificación del suelo que hace posible la solución de elementos minoritarios que pueden llegar a resultar nocivos para las plantas y los restantes habitantes del suelo, que con la disminución de la capacidad de intercambio, conduce a un incremento de la toxicidad (JIMÉNEZ y ÁLVAREZ, 2005).

Cuadro 1. Niveles críticos de nutrientes disponibles en suelos ácidos

Elemento	Bajo	Medio	Alto
N%	< 0.08	0.09 – 0.14	> 0.14
Ph	< 5.0	5.0 – 6.0	6.0 – 6.5
Materia orgánica %	< 2.0	2.1 – 4.0	> 4.0
Ca cambiable, me/100g	< 1.0	1.0 – 4.0	> 4.0
Mg cambiable, me/100g	< 0.3	0.3 – 1.0	> 1.0
K cambiable, me/100g	< 0.2	0.2 – 0.3	> 0.3
ClCe, me/100g	< 4.0	4.0 - 30	> 30.0
P disponible, ppm	< 12.0	12.0 - 25	> 25.0
S-SO ₄ disponible, ppm	< 5.0	5.0 - 10	> 10.0
Zn disponible, ppm	< 1.0	1.0 – 5.0	> 5.0
Cu disponible, ppm	< 1.0	1.0 – 3.0	> 3.0
Fe disponible, ppm	< 10.0	75 - 100	> 150.0
Mn disponible, ppm	< 5.0	5.0 - 10	> 10.0
B disponible, ppm	< 0.1	0.1 – 0.5	> 1.5

Fuente: PROAMAZONIA, (2003)

La ciudad de Tingo María está ubicada en el valle del río Huallaga sobre suelos aluviales. En las colinas que rodean dicha ciudad existen grandes áreas degradadas (se estima 16000 ha) con predominancia de plantas indicadoras de suelos pobres como: *Pteridium equilinum* (Shapumba) y *Andropogon bicornis* (rabo de zorro) y escasa actividad agropecuaria o forestal por parte de los agricultores. Durante la década de los 80's hasta 1994, estas áreas eran coccaleras (PROAMAZONIA, 2003).

2.2. Plantas indicadoras de suelos ácidos

Los indicadores de suelos ácidos con alta saturación de aluminio y bajo contenido de fósforo son las especies de Macorilla (*Pteridium aquilinum*); rabo de zorro (*Andropogon bicornis*); Cashaucsha o Chicula (*Imperata brasiliensis*) (HUAMANI, 1998; MANSILLA, 1998 y ZAVALA *et al.*, 1998).

2.2.1. Helecho o macorilla (*Pteridophyta*)

Son plantas vasculares que carecen de semillas, reproduciéndose por dispersión de esporas que inician una alternancia generacional, su reproducción es mediante las esporas y rizomas que se extienden horizontalmente por debajo del suelo. Crecen mayormente en suelos ácidos. Su raíz mejora la estructura del suelo, es de tallo subterráneo rizomatoso (ZAVALA, 1985; FASSBENDER y BORNEMISZA, 1985).

2.2.2. Rabo de zorro (*Andropogon bicornis* L.)

Es una maleza perenne, es de una variedad de gramínea crece en

tierra ácida, es fibrosa, el tallo es erecto semileñoso al madurar y de 75 a 150 cm. de altura, las hojas son lineales lanceolados, la inflorescencia es un racimo grande y plumoso, se propaga por semilla, es un pasto anual, la raíz es fibrosa y el tallo es abundante, con márgenes ásperas (MUÑOZ, 1996)

2.3. Determinación de nutrientes disponibles

El cambio del curso de las condiciones ambientales determina el desarrollo vegetativo de los cultivos y su productividad. Además de las diferencias climáticas, se incluye especialmente el suministro potencial de nutrientes de los suelos cultivados.

Los suelos son incapaces de suministrar uno o más de los nutrientes necesarios, los cultivos no podrán beneficiarse al máximo del efecto favorable de una temperatura y precipitación adecuadas. Por lo tanto, es importante que el productor conozca:

- Las necesidades de nutrientes de los cultivos.
- Las cantidades de nutrientes disponibles en los suelos.
- La forma de mantener y establecer las condiciones óptimas del suministro de nutrientes.

La carencia de uno o más de los nutrientes requeridos por la planta para su desarrollo normal, se manifiesta a través de la aparición de síntomas específicos en los cultivos. La naturaleza y su magnitud de la disponibilidad o deficiencia de los nutrientes, puede determinarse por medio de los análisis de suelos y de los tejidos vegetales (GRAETZ, 2004).

2.3.1. pH del suelo

El pH influye en el suelo en varios aspectos, pero lo más significativo se refiere a la disponibilidad de nutrientes. El pH influye en la solubilidad del fósforo y de los demás minerales, en suelos alcalinos, hay una gran parte de fósforo insolubilizado y en estos suelos existe mayor riesgo de carencias de este elemento que uno que sea ácido o neutro (JIMÉNEZ, 2005).

2.3.1.1. Causas de daños a los cultivos en suelos ácidos

Las causas de que las plantas se dañen o mueran en los suelos ácidos no tienen fácil explicación. Es importante tener en cuenta los siguientes puntos:

- El aumento de la solubilidad del magnesio y del aluminio, conforme el suelo se acidifica, puede resultar tóxico para los cultivos. Esta es la causa más frecuente del fracaso de los cultivos.
- En los suelos muy ácidos, la mineralización del nitrógeno orgánico es escasa, pudiendo ocasionar el amarilleo de las hojas.
- Cuando el pH del suelo es bajo, la fijación de fósforo es muy intensa, pudiendo ser esta la causa de que las plantas se ebanicen.
- La incapacidad del sistema radicular dañado para penetrar profundamente en el suelo es la causa principal de la disminución de la absorción de nutrientes esenciales.

Cualquiera de los citados factores puede contribuir a que en los suelos ácidos los cultivos fracasen o prosperen. Los daños experimentados por los cultivos suelen ser consecuencia de la concurrencia de uno o más de ellos (SIMPSON, 1991).

Cuadro 2. Escala que indica las diferentes reacciones del suelo

pH	Nivel
9.5 – 11	Fuertemente alcalinos
8.5 - 9.4	Alcalinos
7.5 - 8.4	Ligeramente alcalinos
6.5 - 7.4	Neutrales (suelo óptimo - mayoría de los cultivos)
5.5 - 6.4	Ligeramente ácido
5.4 – 4.5	Ácidos
3.0 – 4.4	Fuertemente ácidos

Fuente: GRAETZ, (2004).

2.3.2. Materia orgánica del suelo

La materia orgánica de los suelos es ampliamente reconocida como reservorio de nutrientes para las plantas entre ellos el nitrógeno, fósforo y potasio (NPK); así mismo, es el mayor factor de estabilización de estructura edáfica (ORELLANA y PILATTI, 1994).

Influye en el mejoramiento de la formación de agregados aflojando los suelos arcillosos, dando una permeabilidad buena (agua y aire), de acuerdo

a su grado de descomposición, la materia orgánica fresca o descompuesta parcialmente, presenta un color pardo muy oscuro o negro, ya que estos colores oscuros absorben, más calor, favoreciendo la germinación y crecimiento de las plantas, y su capacidad retentiva de humedad del suelo aumenta debido a que la materia orgánica en forma coloidal admite mayor cantidad de agua (TAM HAMS, 1979).

La materia orgánica es el componente clave del suelo que afecta sus propiedades químicas, físicas y biológicas, siendo un pre requisito para la obtención de cultivos con niveles de producción elevados y estables (KEMPER, 1966). Es la materia orgánica la cual, parcialmente descompuesta, es incorporada al suelo por los seres vivos, combinándose con las más finas partículas de arcilla, para contribuir el complejo coloide – biológico (BAZÁN, 2000).

La materia orgánica, en la capacidad de cambio de nutrientes del suelo junto con la arcilla, constituye parte fundamental del complejo absorbente en la disponibilidad de nutrientes, ya que es única fuente de nitrógeno del suelo, se representa en combinación orgánica; la materia orgánica ayuda a compensar los suelos contra cambios químicos; rápidos en el pH (THOMPSON, 1982). Por lo tanto la que materia orgánica de los suelos es ampliamente reconocida como reservorio de nutrientes para las plantas (ORELLANA y PILATTI, 1994); y por estas razones la materia orgánica contribuye al crecimiento vegetal mediante sus efectos en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, teniendo las siguientes funciones:

- Nutricional, que sirve como fuente de N, P para el desarrollo vegetal.
- Biológica, la que afecta las actividades de organismos, microflora y microfauna.
- Física y físico-química, la que promueve una buena estructura del suelo, por lo tanto mejorando la labranza, aireación y retención de humedad e incrementando la capacidad amortiguadora y de intercambio de los suelos.

La materia orgánica tiene numerosas funciones y efectos benéficos en el suelo, los principales son:

- Contribuye a la productividad del suelo.
- Actúa como depósito de nutrientes.
- Aumenta la capacidad de intercambio de aniones y cationes.
- Reduce los efectos de compactación.
- Contribuye a mejorar la estructura del suelo.
- Aumenta la tasa de infiltración de agua.
- Ayuda a proteger al suelo contra cambios rápidos de pH.
- Aumenta la tolerancia a los efectos nocivos de los herbicidas y otros biocidas.
- Permite la siembra estacional temprana.
- Favorece la aireación.
- Aumenta la capacidad de retención de la humedad.
- Aumenta la permeabilidad y la conductividad hidráulica.
- Es fuente de energía y nutrientes para los microorganismos del suelo (GOMERO, 1999).

Cuadro 3. Niveles de contenido de materia orgánica del suelo.

Nivel	M.O. (%)
Bajo	< 2
Medio	2 – 4
Alto	> 4

Fuente: BAZÁN *et al.* (2000).

2.3.3. Nitrógeno del suelo

El nitrógeno es el elemento más crítico en el crecimiento de las plantas. Es un constituyente de las proteínas de la planta, la clorofila (el pigmento verde importante para la fotosíntesis), los ácidos nucleicos y otras sustancias de la planta. Un suministro adecuado de nitrógeno produce paredes celulares más delgadas, originando plantas más delicadas y suculentas, significando plantas más grandes y por ende mayor producción (DONAHUE *et al.*, 1970).

Estimula el crecimiento por encima del suelo, y contribuye al brillante color verde característico de las plantas saludables. Aunque el nitrógeno molecular (N_2) compone el 78% de la atmósfera, esta forma de nitrógeno no puede usarse por los animales ni por la mayoría de las plantas en la fabricación de aminoácidos y proteínas esenciales. Este nitrógeno molecular, primero, ha de "fijarse" (combinado con oxígeno o hidrógeno) para formar compuestos tales como amoníaco (NH_3) o nitrato (NO_3^-), o alguna otra forma orgánica de nitrógeno (GOMERO, 1999).

2.3.4. Fósforo del suelo

El fósforo es un elemento esencial para la vida. Las plantas lo necesitan para crecer y desarrollar su potencial genético. Lamentablemente, el fósforo no es abundante en el suelo. Y lo que es peor, el fósforo presente en el suelo no está en forma disponible para la planta. La disponibilidad de este elemento depende del tipo de suelo, según esté, una pequeña o gran parte del fósforo total puede estar "fijado" (no disponible) en los minerales del suelo. Esto significa que la planta no puede absorberlo. En la naturaleza, el fósforo forma parte de las rocas y los minerales del suelo. Las fuentes de fósforo como nutrimento para las plantas son los fertilizantes minerales y los fertilizantes orgánicos (JIMÉNEZ y ALVAREZ 2005).

Las plantas absorben únicamente el fósforo que está en la solución del suelo en forma de HPO_4^{-2} (ión fosfato monoácido) y H_2PO_4^- (ión fosfato diácido). Cualquier fertilizante ya sea de origen orgánico o mineral debe de transformarse primero en esas formas químicas antes de ser utilizado por el cultivo (GOMERO, 1999).

Las diferencias entre los residuos orgánicos y los fertilizantes minerales son principalmente dos:

- Velocidad de disponibilidad para el cultivo (los residuos orgánicos tienen que ser primero descompuestos por los microbios, mientras que los abonos minerales ya tienen los compuestos en la forma que la planta los utiliza).

- Concentración (los residuos orgánicos tiene concentraciones más bajas de fósforo que los compuestos minerales (GOMERO, 1999).

Cuadro 4. Niveles de fósforo el suelo.

Valores	Rangos
Mayor de 14 ppm	Alto
Entre 7 – 14 ppm	Medio
Menor de 7 ppm	Bajo

Fuente: Sánchez *et al.* (2006).

2.3.5. Potasio del suelo

El potasio es uno de los tres nutrientes minerales que necesitan las plantas en mayor cantidad. Las plantas absorben el potasio que se encuentra en la solución del suelo en forma del catión K^+ . La cantidad de K en la solución del suelo está en función de la liberación del potasio intercambiable, generalmente localizado alrededor de las partículas de arcilla. Los cultivos extraen grandes cantidades de potasio del suelo para su crecimiento y desarrollo y como es de esperarse, la falta de éste elemento, influye negativamente en el rendimiento y calidad del cultivo. Además, la deficiencia de potasio aumenta la vulnerabilidad del cultivo a enfermedades y lo hace menos resistente a condiciones de "stress" tales como sequías, heladas etc. (GOMERO, 1999).

El abastecimiento de K en el suelo es limitado, aun los suelos que contienen arcillas ricas en este mineral no pueden suplirlo indefinidamente. Es

un error creer que en suelos que por naturaleza son ricos en K, adicionar este elemento a los cultivos es innecesario. El potasio extraído por los cultivos debe de regresarse al suelo para no disminuir la fertilidad del mismo; cuando el agricultor saca de la parcela o campo la cosecha, se está llevando consigo el K fuera del sistema agrícola (GOMERO, 1999).

Cuadro 5. Niveles de potasio en el suelo.

Valores	Rangos
Mayor de 500 Kg/ha	Alto
300 – 500 Kg/ha	Medio
Menor de 300 kg/ha	Bajo

Fuente: Sánchez *et al.* (2006).

2.3.6. Calcio y magnesio del suelo

En muchos suelos la principal fuente de calcio para las planta es el calcio intercambiable y el calcio de minerales fácilmente meteorizables (como carbonatos). Del mismo modo pasa con el magnesio, el Ca y Mg intercambiable son removidos por las plantas y es factible de lavarse, este pool es repuesto a partir del Ca y Mg mineral por la meteorización de los minerales (como dolomita, hornblenda y serpentina). Algunos suelos también proveen al contenido de Ca y Mg intercambiable a partir del Ca y Mg que se encuentra en las interláminas de ciertas arcillas de tipo 2:1 (Ca y Mg lentamente disponible) (JIMÉNEZ y ALVAREZ, 2005).

El pH del suelo es grandemente regulado por la fracción coloidal del suelo (arcilla y humus) y los cationes de intercambio asociados a ella. Los niveles satisfactorios de la fertilidad de un suelo en las regiones húmedas dependen del uso de enmiendas para balancear las pérdidas de Ca y Mg. Las enmiendas no sólo mantienen los niveles de Ca y Mg sino que también proveen de una estabilidad física y química al suelo.

En términos generales el Ca y Mg se encuentran disponibles como cationes de intercambio y la cantidad disponible tiene una relación directa con la meteorización de los minerales y el grado de lixiviación. Los principales caminos de pérdidas y ganancias para mantener un nivel de suficiencia o disponibilidad es el lavado y posteriormente la erosión. Y son principalmente reemplazados por la adición de enmiendas cálcicas (GOMERO, 1999).

2.3.7. Aluminio del suelo

Un pH neutro o poco ácido, entre 5 y 7, favorecerá la disponibilidad de la mayoría de los nutrientes. Los valores altos harán menos disponible algunos nutrientes, entre ellos el P. Un pH muy bajo puede insolubilizar algunos nutrientes y movilizar al aluminio (Al^{3+}). El catión aluminio es soluble a pH ácido. En estas condiciones, inhibe el crecimiento de muchas especies, dado que inhibe la absorción de Fe y algunos procesos metabólicos (GOMERO, 1999).

La presencia del aluminio de cambio aunque sea de 2 ppm, puede resultar perjudicial para los cultivos y condiciona la vegetación natural, los síntomas de fitotoxicidad por presencia de aluminio cambiante consisten en clorosis y, sobre todo, en necrosis irregular en las hojas. Sin embargo, estas características pueden confundirse con las causadas por exceso de magnesio, si bien cuando el pH es inferior de 5 se puede augurar que la fitotoxicidad se debe a la presencia de aluminio de cambio (COBERTERA, 1993).

La disponibilidad de elementos nocivos para las plantas, como el aluminio y los metales pesados aumentan conforme disminuye el pH del suelo. En el caso del Al, el incremento de las lluvias ácidas determina serios problemas de toxicidad por Al, al alterarse la absorción de P y Ca por las plantas (GOMERO, 1999).

2.3.8. Capacidad de intercambio catiónico

La medida de la capacidad de intercambio catiónico, representa el número total de enlaces negativos del complejo coloidal del suelo, expresada en miliequivalentes por 100 g de suelo o Cmol/Kg. Se trata de un valor que cuantifica la capacidad eléctrica del complejo adsorbente siempre que sea debidamente contrastado con la composición en humus y de los distintos tipos de arcillas. (COBERTERA, 1993).

Los cationes de mayor importancia con relación al crecimiento de las plantas son el calcio (Ca^{++}), magnesio (Mg^{++}), potasio (K^+), amonio (NH_4^+),

sodio (Na^+) e hidrógeno (H^+). Los primeros cuatro son nutrientes involucrados directamente en el crecimiento de las plantas. El sodio y el hidrógeno tienen un pronunciado efecto en la disponibilidad de los nutrientes y la humedad.

También contribuyen a la CIC las clases, cantidades y combinaciones de los minerales arcillosos y las cantidades de materia orgánica y su estado de descomposición. Los cationes no son retenidos con las mismas energías de enlace. Los sitios de intercambio de la materia orgánica, solo enlazan en forma débil a los cationes. Las arcillas con gran capacidad de intercambio tienden a enlazar los cationes bivalentes como el Ca^{++} y el Mg^{++} , con más energía que el K^+ . Esta característica puede afectar la disponibilidad de los nutrientes. Los suelos con arcillas caoliníticas tienen una menor energía de enlace y, por lo tanto, para un nivel analítico determinado o un porcentaje de saturación de un elemento se mostrará una disponibilidad relativa mayor (JIMÉNEZ y ALVAREZ, 2005).

Si la CIC está neutralizada principalmente por calcio, magnesio, potasio y sodio, se dice que está saturada de bases. Sin embargo, si los cultivos o el lixiviado han removido la mayor parte de los cationes básicos, el suelo está bajo en saturación de bases o alto en saturación ácida. Las cantidades totales de cationes ácidos relativas a la CIC son una medida de la saturación ácida. Desde un punto de vista práctico el valor de más utilidad es la CIC efectiva (CICE). Esta se obtiene sumando las bases y el aluminio cambiante. Este valor refleja mejor las condiciones de intercambio catiónico en suelos ácidos. Los valores de referencia para estos suelos de baja actividad son los siguientes (SCHARGEL y DELGADO, 1990).

Cuadro 6. Niveles de CICE en el suelo.

Niveles	Valores (me/100 g – suelo)
Baja	< 1.5
Medio	1.5 – 4.0
Alta	> 4.0

Fuente: SCHARGEL y DELGADO, 1990

2.4. Biodiversidad en el suelo

El suelo sano contiene diversos microorganismos, mesofaunas y raíces de plantas o hierbas asociadas con su sistema dinámica de intercambios nutricionales y flujos energéticos. Esta composición del suelo lo definimos como la biodiversidad, una gran diversidad de organismos que da vida al suelo.

En efecto el suelo sano es la complejidad de los seres vivos pequeños junto con su alimentación, su hospedaje, sus comunidades, y su medio ambiente especial, que trabaja armoniosamente en un sistema completo. Este pensamiento es lejos del pensamiento moderno e industrial, en donde el suelo está puesto como un material simplemente físico-químico sin vida, con la casualidad de la presencia de algunos microorganismos y definitivamente sin biodiversidad.

Junto a la pérdida de materia orgánica, se ha perdido la biodiversidad, la materia orgánica es la alimentación que sostiene la biodiversidad y sin ella la biodiversidad ésta limitada, esto promueve la

especialización de microorganismos agresivos causando los daños patogénicos como *Fusarium* y *Rhizoctonia sp.* Esta pérdida de biodiversidad trae otras consecuencias al cultivo y se niega los beneficios al cultivo que son difíciles de remplazar (MASAKI, 2000).

2.5. Control biológico

2.5.1. Control biológico a base de equilibrio en el suelo

En el suelo se encuentran diversos microorganismos que son antagonicos a los microorganismos patógenos. Esta condición se da en “suelos supresivos de enfermedad”. Con la presencia de microorganismos como *Penicilium*, *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Paecilomyces* *Streptomyces* y otros, se puede bajar los patógeno *Fusarium* y *Rhizoctonia* a menos de 5%, un porcentaje que no afecta al cultivo. También se puede observar la función de antioxidantes contra toxinas de algunos microorganismos patógenos. Los suelos sin biodiversidad son los que mas podrían ser “suelos inductores de enfermedad” (EARTH, 2000).

2.5.2. Barbasco como controlador biológico

El barbasco (*Lonchocarpus nicou*) en una planta del grupo de las Leguminosas con propiedades biocidas. El ingrediente activo es la rotenona, tiene poder residual corto y es foto-inestable. El ingrediente activo se encuentra principalmente en las raíces. Se puede usar en extracto acuoso, extracto

orgánico y como polvo seco. La rotenona genera la muerte de insectos al contacto. Puede ser útil para el control de *Heliothis*, cigarritas y áfidos.

2.6. Enmiendas orgánicas

Son sustancias que están constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto que se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, químicas y biológicas. Estos pueden consistir en residuos de cultivos dejados en el campo después de la cosecha; cultivos para abonos en verde (principalmente leguminosas fijadoras de nitrógeno); restos orgánicos de la explotación agropecuaria (estiércol, purín); restos orgánicos del procesamiento de productos agrícolas, desechos domésticos, (basuras de vivienda, excretas); compost preparado con las mezclas de los compuestos antes mencionados (HURTADO, 2002).

La clase de abonos no sólo aporta al suelo materiales nutritivos, sino que además influye favorablemente en la estructura del suelo. Asimismo, aportan nutrientes y modifican la población de microorganismos en general, de esta manera se asegura la formación de agregados que permiten una mayor retención de agua, intercambio de gases y nutrientes, a nivel de las raíces de las plantas (GOMERO, 1999).

2.6.1. Fertilización con enmiendas orgánica

Su objetivo es mantener o aumentar la fertilidad de los suelos y su

actividad biológica. Se trata de “nutrir el suelo para alimentar a la planta”, dándole primacía a la fertilización orgánica. Los seres vivos del suelo la transforman en humus y elementos minerales que las plantas absorben progresivamente, conforme a sus necesidades durante el crecimiento. Este tipo de abonado respeta más la fisiología de las plantas que la fertilización clásica a base de abonos minerales químicos, en la que se considera más el rendimiento y la cantidad de producción que su calidad (SILGUY, 1994).

2.6.2. Características de las enmiendas orgánicas

Las enmiendas orgánicas están formados por un conjunto de materiales hidratos de carbono (celulosa, feculosa, azúcares, etc.), estos componentes unidos a las gran población microbiana que llevan las deyecciones y a la ración de la mesa constituyen medios muy apropiados para entrar en transformación, siempre y cuando existan buenas condiciones de humedad en el medio (AGUIRRE, 1963).

2.6.3. Uso de las enmiendas orgánicas

El uso de las enmiendas orgánicas se recomienda especialmente en suelos con bajo contenido de materia orgánica y degradada por el efecto de la erosión, pero su aplicación puede mejorar la calidad de la producción de cultivos en cualquier tipo de suelo (HURTADO, 2002).

La composición y contenido de los nutrientes de los estiércoles

varía mucho según la especie de animal, el tipo de manejo y el estado de descomposición de los estiércoles. La gallinaza es el estiércol más rico en nitrógeno, en promedio contiene el doble del valor nutritivo del estiércol de vacuno. Otros abonos orgánicos son humus de lombriz, guano de isla, abonos verdes (GOMERO, 1999).

Los estiércoles son los excrementos de los animales que resultan como desechos del proceso de digestión de los alimentos que consumen. Generalmente entre el 60 y 80% de lo que consume el animal lo elimina como estiércol. La estimación de la cantidad producida por un animal puede hacerse de la siguiente manera: peso promedio del animal x 20 = cantidad de estiércol/animal/año. La calidad de los estiércoles depende de la especie, del tipo de cama y del manejo que se le da a los estiércoles antes de ser aplicados. El contenido promedio de elementos químicos es de 1.5% de N, 0.7% P y 1,7% K. Los estiércoles mejoran las propiedades biológicas, físicas y químicas de los suelos, particularmente cuando son utilizados en una cantidad no menor de 10 Tn/ha al año, y de preferencia de manera diversificada. Para obtener mayores ventajas deben aplicarse después de ser fermentados, y de preferencia cuando el suelo está con la humedad adecuada (SIMPSON, 1991).

2.6.4. Compost de estiércol

El compost es el producto de la mezcla de restos vegetales y estiércol con el objeto de que sufran la descomposición microbiana mediante la fermentación, también nos dice que el estiércol aumenta la actividad

microbiana y, a consecuencia del suministro continuo de los nutrientes, facilita la producción de altas cosechas. La riqueza de las deyecciones de los distintos animales es sumamente variable dependiendo en gran parte del régimen alimenticio, así como del estado del animal, por consiguiente su composición varía entre límites muy amplios (SIMPSON, 1991).

2.7. Abono orgánico fermentado tipo bocashi

El Bocashi, es un término japonés que significa abono orgánico fermentado, que se logra siguiendo un proceso de fermentación acelerada, con la ayuda de microorganismos benéficos, que pueden tomar la materia orgánica del suelo y hacerla entrar en el mundo vivo, gracias a la energía química de la tierra.

El Bocashi es un abono orgánico fermentado hecho a base de desechos vegetales y excretas de animales y se puede mezclar con microorganismos benéficos lo cual mejora su calidad y facilita la preparación de éste usando muchas clases de desechos. Se puede preparar un tipo aeróbico u otro tipo anaeróbico, dependiendo de los materiales y situación en particular (SHINTANI, 2000).

El Bocashi puede ser utilizado entre 5 y 21 días después del tratamiento (fermentación), este abono puede ser usado en la producción de cultivos, aun cuando la materia orgánica no se haya descompuesto del todo. Cuando es aplicado al suelo, la materia orgánica es utilizada como alimento

para los microorganismos eficaces y benéficos, los mismos que continuarán descomponiéndola y mejorando la vida del suelo; pero no hay que olvidar que suple nutrimentos al cultivo (JIMÉNEZ y ALVARADO, 2004).

2.7.1. Ventajas del bocashi

La elaboración del abono tipo Bocashi se basa en procesos de descomposición aeróbica de los residuos orgánicos y temperaturas controladas a través de poblaciones de microorganismos existentes en los propios residuos, que en condiciones favorables producen un material parcialmente estable de lenta descomposición (RESTREPO, 2007). La elaboración de este abono fermentado presenta algunas ventajas en comparación con otros abonos orgánicos:

- No se forman gases tóxicos ni malos olores.
- El volumen producido se puede adaptar a las necesidades.
- No causa problema en el almacenamiento y transporte.
- Desactivación de agentes patógenos, muchos de ellos perjudiciales en los cultivos como causantes de enfermedades.
- El producto permite ser utilizado inmediatamente después de la preparación.
- Bajo costo de producción.

Cuadro 7. Contenido de nutrientes del bocashi.

Elemento	Valor
Nitrógeno (%)	1.18
Fósforo (%)	0.7
Potasio (%)	0.5
Calcio (%)	2.05
Hierro (mg/lit)	2.034
Manganeso (mg/lit)	506
Zinc (mg/lit)	61
Cobre (mg/lit)	19
Boro (mg/lit)	14

Fuente: (RODRÍGUEZ, y PANIAGUA, 1994).

2.8. Principales aportes de los ingredientes utilizados para elaborar los abonos orgánicos fermentados tipo bocashi

La calidad de las enmiendas orgánicas se determina a través de las propiedades físicas, químicas y biológicas (LASARIDI *et. al.*, 2006). Asimismo LEBLANC *et. al.* (2007), dice que la calidad de un abono orgánico se determina a partir de su contenido nutricional y de su capacidad de proveer nutrientes a un cultivo. Este contenido está directamente relacionado con las concentraciones de esos nutrientes en los materiales utilizados para su elaboración (BENZING, 2001).

SANTOS (2004) al evaluar algunos abonos orgánicos procedentes de la zona de Solimán en República Dominicana reportó que el contenido

nutricional era bajo en el material compostado. Recomendó mejorarlos mediante la incorporación de otras fuentes con mayores contenidos nutricionales. (PANEQUE y CALAÑA, 2004) reportaron en Cuba valores superiores de nutrientes en lombricompost al compararlo con estiércol animal. En países como Bolivia, Guatemala y Cuba se dispone de la caracterización de los materiales utilizados en la elaboración de enmiendas orgánicas (BENZING, 2001; PANEQUE y CALAÑA, 2004).

JULCA y OTINIANO *et. al.* (2008) reportaron altos valores de MO (91%), P (0.28%) y K (2.5%). Este alto contenido de MO es una fuente importante de liberación de nutrientes.

Por otro lado MELÉNDEZ (2003) refiere que el contenido de MO en la enmienda tiene un efecto positivo sobre la fertilidad de los suelos. Está demostrado que incrementos mínimos de MO mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

A mayor contenido de MO en el bocashi, se encontró un mayor contenido de nutriente, lo cual está relacionado con el tipo de material usado y el proceso de elaboración de la enmienda. (CASTILLO *et. al.*, 2000).

ZAPATA *et. al.* (2005), utilizando compost a base de lodos municipales y residuos de corteza de pinos, reportan valores de MO en un rango de 46 a 56%; sin embargo, ABAD *et. al.* (1993) reportan valores superiores al 80% en este tipo de compost, y aseguran que es una mayor reserva de nutrientes.

Los ingredientes utilizados para elaborar el abono orgánico fermentado tipo Bocashi son los siguientes:

2.8.1. Carbón vegetal

Mejora las características físicas del suelo, como su estructura, lo que facilita una mejor distribución de las raíces, la aireación y la absorción de humedad y calor (energía).

Su alto grado de porosidad beneficia la actividad macro y microbiológica de la tierra, al mismo tiempo que funciona con el efecto tipo “esponja sólida”, el cual consiste en la capacidad de retener, filtrar y liberar gradualmente nutrientes útiles a las plantas, disminuyendo la pérdida y el lavado de éstos en la tierra. Por otro lado, las partículas de carbón permiten una buena oxigenación del abono, de manera que no existan limitaciones en el proceso aeróbico de la fermentación, otra propiedad que posee este elemento es la de funcionar como un regulador térmico del sistema radicular de las plantas, haciéndolas más resistentes contra las bajas temperaturas nocturnas que se registran en algunas regiones. Finalmente, la descomposición total de este material en la tierra dará como producto final, humus (RESTREPO, 2007).

2.8.2. Gallinaza

Es la principal fuente de nitrógeno en la elaboración de los abonos orgánicos fermentados. Su aporte básico consiste en mejorar las características vitales y la fertilidad de la tierra con algunos nutrientes, principalmente con

fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro, entre otros elementos. Dependiendo de su origen, puede aportar inóculo microbiológico y otros materiales orgánicos en mayor o menor cantidad, los cuales mejorarán las condiciones biológicas, químicas y físicas del terreno donde se aplicarán los abonos (RESTREPO, 2007).

La mejor gallinaza para la elaboración de abonos orgánicos es la que se origina de la cría de gallinas ponedoras bajo techo y con piso cubierto con materiales secos mezclados con harinas de rocas. Los agricultores evitan el uso de pollaza que se origina a partir de la cría de pollos de engorde, porque presenta una mayor cantidad de agua, es putrefacta y muchas veces en la misma están presentes los residuos de coccidiostáticos y antibióticos, los cuales interfieren en muchos casos en el proceso de la fermentación de los abonos. Algunos agricultores han venido experimentando con éxito la utilización de otros estercoles, para no utilizar la gallinaza (RESTREPO, 2007).

2.8.3. Cascarilla del arroz

Este ingrediente mejora las características físicas de la tierra y de los abonos orgánicos, facilitando la aireación, la absorción de humedad y el filtrado de nutrientes. También beneficia el incremento de la actividad macro y microbiológica de la tierra, al mismo tiempo que estimula el desarrollo uniforme y abundante del sistema radical de las plantas así como de su actividad simbiótica con la microbiología de la rizosfera. Es, además, una fuente rica en silicio, lo que favorece a los vegetales, pues los hace más resistentes a los ataques de insectos y enfermedades.

A largo plazo, se convierte en una fuente de humus. En la forma de cascarilla semi-calcinada o carbonizada, aporta principalmente silicio, fósforo, potasio y otros minerales trazos en menor cantidad y ayuda a corregir la acidez de los suelos (RESTREPO, 2007).

2.8.4. Afrecho de trigo

Es uno de los ingredientes que favorecen, en alto grado, la fermentación de los abonos, la cual se incrementa por la presencia de vitaminas complejas en la pulidura o en el afrecho de arroz, también llamado de salvado en muchos países. Aporta activación hormonal, nitrógeno y es muy rica en otros nutrientes muy complejos cuando sus carbohidratos se fermentan, los minerales, tales como fósforo, potasio, calcio y magnesio también están presentes (RESTREPO, 2007).

2.8.5. Melaza de caña

Es la principal fuente energética para la fermentación de los abonos orgánicos. Favorece la multiplicación de la actividad microbiológica; es rica en potasio, calcio, fósforo y magnesio; y contiene micronutrientes, principalmente, boro, zinc, manganeso y hierro (RESTREPO, 2007).

2.8.6. Tierra de floresta virgen o manto forestal

Este ingrediente constituye la principal fuente de inoculación

microbiológica para la elaboración de los abonos orgánicos fermentados. Es el arranque o la semilla de la fermentación (RESTREPO, 2007).

2.8.7. Tierra común

En muchos casos, ocupa hasta una tercera parte del volumen total del abono que se desea elaborar. Entre otros aportes, tiene la función de darle una mayor homogeneidad física al abono y distribuir su humedad; con su volumen, aumenta el medio propicio para el desarrollo de la actividad microbiológica de los abonos y consecuentemente, lograr una buena fermentación. Por otro lado, funciona como una esponja, al tener la capacidad de retener, filtrar y liberar gradualmente los nutrientes a las plantas de acuerdo con las necesidades de éstas. Dependiendo de su origen, puede aportar variados tipos de arcillas, microorganismos inoculadores y otros elementos minerales indispensables al desarrollo normal de los vegetales (RESTREPO, 2007).

2.8.8. Cal agrícola

Su función principal es regular la acidez que se presenta durante todo el proceso de la fermentación, cuando se está elaborando el abono orgánico; dependiendo de su origen, natural o fabricado, puede contribuir con otros minerales útiles a las plantas. En el medio rural de América Latina, comúnmente se le conoce con el nombre de cal agrícola o cal dolomítica (RESTREPO, 2007).

Cada suelo tiene una necesidad específica de cal para desviar su pH hacia un determinado valor que depende de su pH actual y de su capacidad de intercambio catiónico, la que, a su vez, es regulada por las cantidades y por el tipo de arcilla y materia orgánica que contiene. Cuanto mayor es la capacidad de intercambio catiónico, tanto mayor es la cantidad de cal que necesita para elevar el pH desde un valor a otro. (SIMPSON, 1991).

2.8.9. El agua

Tiene la finalidad de homogeneizar la humedad de todos los ingredientes que componen el abono. Propicia las condiciones ideales para el buen desarrollo de la actividad y reproducción microbológica, durante todo el proceso de la fermentación cuando se están elaborando los abonos orgánicos (RESTREPO 2007).

2.9. Generalidades de la especie en estudio

2.9.1. Clasificación botánica

La clasificación botánica de la planta según MOSTACERO *et al.* (2002), es la siguiente:

Reino	:	Plantae
Sub reino	:	Fanerógamas
División	:	Angiospermae
Clase	:	Dicotyledoneae

Subclase	:	Archichlamydeae (Choripetalae)
Orden	:	Geraniales (Gruinales)
Familia	:	Euphorbiaceae
Género	:	Plukenetia
Especie	:	volubilis linneo.
Nombre científico	:	<i>Plukenetia volubilis</i> L.
Nombre común	:	Sacha inchi, maní del monte

2.9.2. Morfología de la especie en estudio (MANCO, 2006)

- **Planta** - Trepadora, voluble, semi leñosa, de crecimiento indeterminado.
- **Hojas.**- Son alternas, de colores verde oscuro, forma oval-elípticos, aserruchadas; el ápice es puntiagudo, y la base es plana o semi arriñonada.
- **Flores.**- Las flores masculinas son pequeñas, blanquecinas dispuestas en racimo; las flores femeninas se encuentran en la base del racimo y ubicadas lateralmente de una a dos flores.
- **Frutos.**- Son cápsulas dehiscentes de 3.5 a 4.5 cm. de diámetro, con cuatro lóbulos aristados (tetralobados) dentro de las cuales se encuentran cuatro semillas, aunque algunos ecotipos presentan cápsulas con 5 a 7 lóbulos.
- **Semilla.**- En la mayoría de los ecotipos es ovalada, de color marrón oscuro, ligeramente abultada en el centro y aplastadas hacia el borde. Según los ecotipos, el diámetro fluctúa entre 1.3 y 2.1 cm.

2.9.3. Propagación del sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.)

El sachá inchi se propaga comúnmente por semilla, aunque también se puede realizar la propagación asexual o por estacas, según ensayo preliminar realizado en la Estación Experimental El Porvenir. En dicho ensayo se utilizaron diferentes tipos de estacas: estaca apical, estaca media y estaca basal, con un testigo de semilla botánica. La estaca basal resultó ser el mejor material de propagación, pues tuvo un mejor prendimiento, aunque no se llegó a realizar el trasplante (ARÉVALO, 1996).

2.9.4. Usos y valores nutritivos

El sachá inchi es un producto de consumo muy popular en la población nativa y mestiza de algunas áreas rurales de San Martín. La semilla actualmente se consume tostada, cocida con sal, en confituras (turrón), en mantequilla y como ingrediente de diversos platos típicos como: Inchi cucho (ají con maní), lechona api (mazamorra de plátano con maní), Inchicapi (sopa de gallina con maní o sopa de res con maní); en los cuales el maní es reemplazado por el sachá inchi. En algunos lugares se obtienen aceites en forma artesanal para la alimentación y combustible de iluminación.

Análisis preliminares realizados en el Instituto de Ciencia de los Alimentos de la Universidad de Cornell (HAZEN y STOEWSAND), mostraron que el sachá inchi presentaba un inusual nivel elevado de aceite 49 % y un contenido relativamente alto de proteínas (33 %) (HAMAKER *et. al.*, 1992).

Cuadro 8. Contenido de proteínas y ácidos grasos del sachá inchi. (*Plukenetia volubilis* L.) (HAMAKER *et. al.*, 1992).

Contenido	%
Proteínas	33
Aceite total	54
Palmítico	3.85
Esteárico	2.54
Oleico	8.28
Linoleico	36.8
Linolénico	48.61

Fuente: Hazen & Stoewesand, Cornell University, Ithaca – USA. 1980

Los aminoácidos azufrados (metionina + cistina), tirosina treonina y triptófano están presentes en cantidades más elevadas que en las otras oleaginosas; además posee saponinas y un interesante contenido de isoflavinas (fitoestrógenos) estudiados actualmente por sus propiedades anticancerígenos, sus funciones antioxidantes y un rol en la mejoría de la mineralización ósea (HAMAKER *et. al.*, 1992).

2.9.5. Distribución natural

El género *Plukenetia* comprende 17 especies de distribución tropical, 12 en América, 03 en África, 01 en Madagascar y 01 en Asia (GILLESPIE, 1993).

En el Perú se le encuentra en estado silvestre en diversos lugares de San Martín, Ucayali, Huánuco, Cuzco, Amazonas, Loreto y Madre de Dios. En

San Martín se encuentra en toda la cuenca del Huallaga, en la provincia de Lamas, en el Valle de Sisa, en Alto Mayo y Bajo Mayo. Crece desde los 100 hasta los 2 000 m.s.n.m.

BRACK (1999), indica que el sachá inchi es un arbusto trepador o rastrero silvestre y cultivado que se le encuentra en bordes de bosques secundarios, en cañaverales, sobre cercos vivos y como malezas en platanales y cultivos perennes. Fue cultivado también en la costa peruana en la época prehispánica y se han encontrado semillas y representaciones en cerámicas

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar y fecha de ejecución

El estudio experimental tuvo una duración de cuatro meses, iniciándose en el mes de junio del año 2009. Se inició los trabajos preliminares de campo y posteriormente se continuó en el Laboratorio de Suelos y de Fitopatología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva

3.1.1. Ubicación política y geográfica

El trabajo de campo se realizó en el caserío La Victoria, del distrito Daniel Alomía Robles, provincia Leoncio Prado, región Huánuco; ubicado a una altitud es 720 m.s.n.m. y latitud sur entre 09°10'00'' y 75°54'30'' de longitud oeste. Sus coordenadas geográficas UTM 396323 Este y 8984649 Norte.

3.2. Características generales de la zona

3.2.1. Clima

El clima que presenta la zona de estudio, es cálido húmedo - lluvioso, presentando las siguientes características:

- Temperatura promedio media anual de 25°

- Precipitación promedio anual de 3,300 mm
- Humedad relativa promedio de 85.67%

3.2.2. Suelo

Para determinar las condiciones del suelo, se realizó un análisis inicial en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María, cuyos resultados se presentan en el Cuadro 9 y tiene la siguiente interpretación: textura franco arenoso, reacción fuertemente ácido, con problemas de toxicidad de aluminio para la mayoría de los cultivos. La materia orgánica y el nitrógeno son bajos; igualmente el fósforo disponible y bases cambiables son bajos.

Cuadro 9. Análisis físico-químico inicial del suelo.

Elemento	Valor (0 – 30 cm)	Método
Arena (%)	58.00	Hidrómetro
Limo (%)	24.00	Hidrómetro
Arcilla (%)	18.00	Hidrómetro
Textura	Franco Arenoso	
pH	4.30	Electrométrico
M.O. (%)	2.00	Walkler y Black
N (%)	0.09	% M.O. x 0.045
P. (ppm)	7.70	Olsen modificado
K ₂ O (Kg/Ha)	235	Acido sulfúrico
Ca (me/100g.)	1.80	Verseno
Mg (me/100g.)	0.40	Verseno
Al (me/100g.)	3.10	Yuan
H (me/100g.)	1.80	Yuan
Bases cambiables	30.99	
Ac. Cambiable	69.01	
Sat. Al.	43.66	

Fuente: Laboratorio de suelo UNAS – Tingo María.

3.2.3. Vegetación

El área donde se realizó el trabajo de investigación presenta una vegetación de purma baja, con predominancia de macorilla (*Pteridium equilinum*) y rabo de zorro (*Andropogon bicornis*), especies indicadoras de suelos ácidos y pobre en nutrientes. De acuerdo a la clasificación ecológica por Holdridge, el clima corresponde a la formación vegetal de bosque muy húmedo sub tropical (bmh-ST).

3.2.4. Fisiográfica

El área donde se realizó la investigación presenta un relieve fisiográfico plano, con una pendiente de 0%.

3.3. Componentes en estudio

La investigación se desarrolló en condiciones de un suelo con baja fertilidad, con los siguientes antecedentes:

- Antes del 1980 : Bosque primario.
- 1982 - 2001 : Cultivo de coca.
- 2001 - 2009 : Purma baja.

3.3.1. Preparación del terreno

Se inició eliminando todas las malezas existentes, entre ellas la

macorilla (*Pteridium aquilinum*) y rabo de zorro (*Andropogon bicornis*); esta actividad se realizó utilizando el machete y motocultivadora como herramientas únicas de deshierbe, posteriormente se aplicó el abono haciendo coincidir según demanda el diseño de la parcela donde un mes después se realizaría la siembra.

3.3.2. Demarcación del terreno

Para delimitar el terreno se utilizó una wincha y estacas, cuadrando finalmente los tratamientos con rafia, conforme a la disposición experimental.

3.3.3. Establecimiento de la plantación

La siembra se realizó en forma directa a partir de semillas, con la ayuda de un tacarpo tradicional, siguiendo el orden de alineamiento y cantidad exigida en cada parcela; obteniendo así, 25 semillas por parcela con un total de 400 semillas sembradas en campo.

3.3.4. Control de malezas

Se realizó 3 deshierbos, el primer deshierbo se hizo 3 meses antes de iniciado el experimento, el segundo deshierbo al inicio del trabajo experimental y el tercer deshierbo a los 2 meses de iniciado el experimento, con la ayuda de una motocultivadora y de un machete.

3.3.5. Preparación del abono fermentado tipo bocashi

Este abono ha sido experimentado por muchos agricultores del Perú y Latinoamérica. En cada lugar varía la forma de realizarse y los ingredientes que se utilizan. Es por ello que en la presente tesis de investigación, nos proponemos realizar un abono orgánico tipo bocashi, de acuerdo a las condiciones y materiales que se encuentran con mayor disponibilidad en nuestra localidad.

Ingredientes:

- 20 kg de gallinaza.
- 10 kg de carbón.
- 20 kg de tierra agrícola.
- 2 litros de melaza.
- 2 litros de E.M. activo.
- 2 litros de cal.
- 20 kg de cascarilla de arroz.
- 1 kg de afrecho de trigo.
- Agua la necesaria.

Elaboración:

Fue necesario que el lugar donde se elaboró los ingredientes, estuviera protegido del sol y de la lluvia y se ubicara en un terreno plano.

1. Se colocó por capas cada uno de los ingredientes, aunque no es importante el orden de la colocación pues se removía hasta homogenizar la mezcla.

2. La melaza o panela se disolvió en agua y se fue incorporando a la mezcla conforme se aplicaba el agua.
3. El agua se aplicó lo necesario y suficiente para ir mezclando uniformemente mientras se removía con todos los ingredientes, hasta que quedó una mezcla uniforme.
4. Una vez lista la mezcla se realizó la prueba de puño para determinar la humedad, teniendo en cuenta lo siguiente:
 - El punto óptimo es cuando al tomar un poco de la mezcla en la mano y apretarlo se formó un churrito que fácilmente se desmorona y al soltarlo dejó la mano mojada.
 - Si al abrir la mano no se forma el churrito y se desmorona, le falta agua; si escurre, se pasó de agua.
5. Una vez mezclada con la cantidad de agua necesaria, el bocashi fue cubierto sólo el primer día con costales.
6. Durante los primeros días el abono alcanzó temperaturas de 80°C, por lo que se procedió durante los primeros 7 días, darle 1 vuelta diaria. A partir del octavo día se realizó una vuelta interdiaria.

El bocashi estuvo listo a los 15 días, a una temperatura igual a la del ambiente, coloración grisácea, aspecto polvoso, consistencia suelta, seco y sin olor desagradable. Para determinar el contenido de nutrientes del bocashi en estudio, se llevó una muestra al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, donde se le realizó el análisis químico y biológico, que mostraron los siguientes contenidos:

Cuadro 10. Contenido de nutrientes del bocashi de la finca San Felipe

Clave	M.O.	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Bocashi	88.20%	3.10%	60000ppm	45000ppm	1.84%	1.10%

Fuente: (Laboratorio de análisis de suelo UNAS-Tingo María).

3.3.6. Controlador biológico

Durante la etapa del desarrollo inicial del sachá inchi, se presentó una mínima incidencia de grillos, que atacaban la base del tallo, produciendo un corte total y afectando el normal crecimiento del cultivo. Para repeler este ataque se utilizó el barbasco como controlador biológico tradicional, lográndose controlar de una manera eficiente casi el total del problema.

3.3.7. Muestreo final de suelo

Para recolectar aproximadamente un kilo de muestra compuesta y representativa, se recorrió cada parcela en “zig-zag”, recolectando 21 submuestras a la profundidad de 30 cm con la ayuda de un tubo muestreador; obteniéndose finalmente 4 muestras, uno por cada tratamiento; seguidamente se destinaron al Laboratorio de Análisis de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María.

3.4. Tratamientos en estudio

Los niveles de fertilización con abono orgánico fermentado tipo bocashi, se aplicó de acuerdo a lo indicado en el presente cuadro de

tratamientos, los cuales serán considerados como indicadores de la variable independiente.

Cuadro 11. Tratamientos en estudio

Nº de Tratamiento	Abono orgánico fermentado tipo bocashi (g/planta)
T0	0
T1	200
T2	300
T3	400

3.4.1. Análisis estadístico

3.4.1.1. Diseño estadístico

Se empleó el Diseño de Bloque Completamente Randomizado (DBCR), con 4 tratamientos y 4 repeticiones.

3.4.1.2. Modelo aditivo lineal

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

Donde:

Y_{ij} : Variable resultado u observación cualquiera

μ : Media general

T_i : Efecto del i-esimo tratamiento

B_j : Efecto verdadero del j-esimo bloque

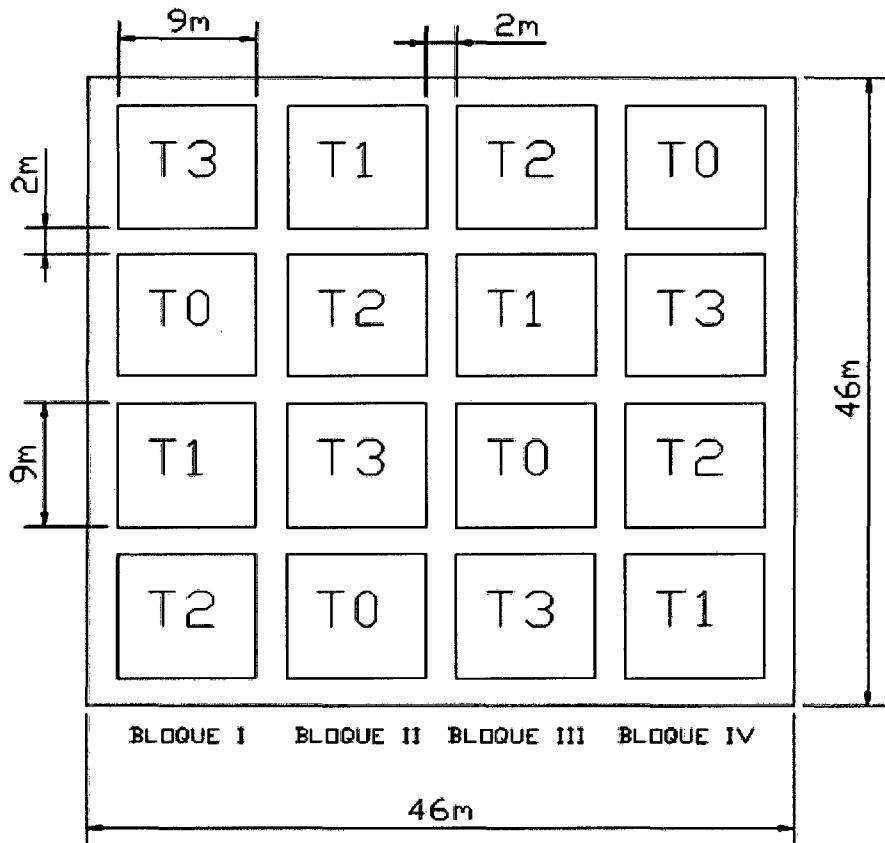
E_{ij} : Efecto del error experimental

3.4.2. Diseño del área experimental

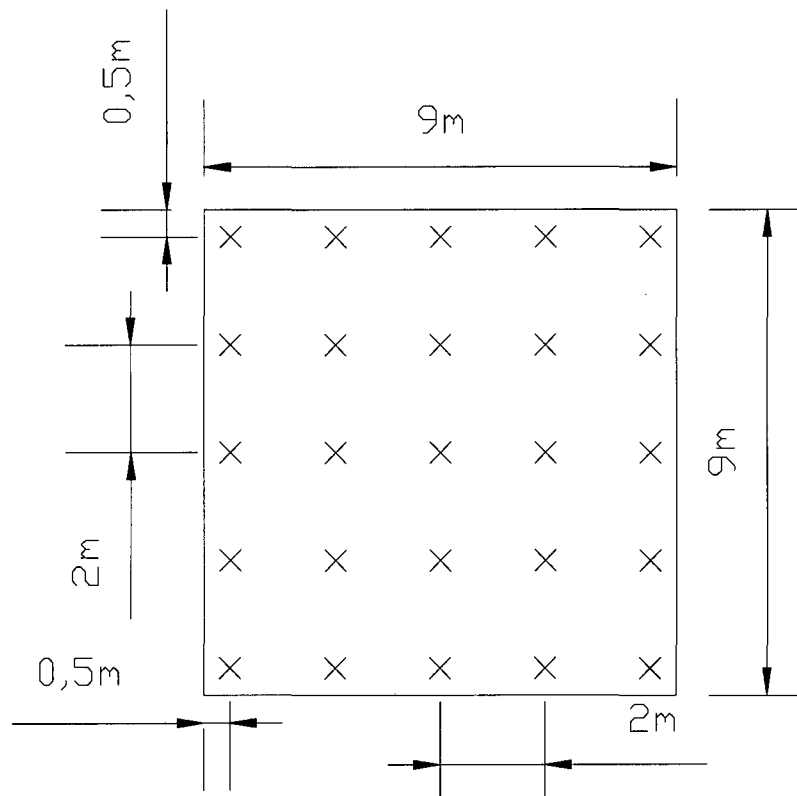
3.4.2.1. Parcelas

Área de parcelas	=	9 m x 9 m
Nº de parcelas	=	16
Nº de plantas x parcela	=	25
Nº de pileras x parcela	=	5
Distancia entre plantas	=	2 m x 2 m
Área total	=	2,116 m ²

3.4.2.2. Detalle de área experimental



3.4.2.3. Detalle de la unidad experimental



Leyenda: X = Plantulas

3.5. Variable independiente

3.5.1. Abono orgánico fermentado tipo bocashi

El abono fermentado tipo bocashi se aplicó en forma directa alrededor de la planta, limpiando el rastrojo y dosificando de acuerdo a los tratamientos en estudio planteado en el diseño experimental y finalmente se cubrió con el mismo rastrojo, esta actividad se realizó un mes antes de la siembra y la segunda aplicación se realizó dos meses después de la siembra.

Indicadores

Dosis de abono fermentado tipo bocashi (0 g de bocashi/planta, 200 de bocashi/planta, 300 de bocashi/planta y 400 de bocashi/planta.

3.6. Variable dependiente

3.6.1. Fertilidad del suelo

La fertilidad del suelo se determinó mediante dos análisis, el primero se realizó antes de ejecutar la investigación, y el segundo al finalizar la investigación. Las muestras recolectadas fueron llevadas al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para determinar los niveles de pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, aluminio, capacidad de intercambio catiónico efectivo, bases cambiables y acidez cambiante en el suelo después de las aplicaciones del abono bocashi.

Indicadores

Niveles de pH, MO, N, P, K_2O , Ca, Mg, Al, H, CICE., bases cambiables y acidez cambiables.

3.6.2. Crecimiento de planta

La evaluación del crecimiento del sachá inchi se realizó con la ayuda de una regla milimétrica graduada, con la cual se midió la altura de las

plántulas, éste control se hizo cada 10 días durante los 4 meses del trabajo experimental de campo.

Indicadores

Se evaluó la altura de planta (cm), desde la base del tallo hasta la copa de la planta.

3.6.3. Mortalidad de la planta

La evaluación de la mortalidad del sachá inchi se realizó con una frecuencia de cada 10 días por el tiempo que duró el estudio de campo (4 meses), luego se iban registrando la cantidad de plantas muertas. Eran consideradas plántulas muertas, porque se secaban desde la parte desde la raíz, tallo y hojas, progresivamente, hasta estar completamente secas.

Así mismo, se procedió a llevar unas muestras de plántulas muertas al laboratorio de Fitopatología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para determinar el agente fitopatógeno causante de la enfermedad de las plántulas.

Indicadores

Índice de mortalidad del sachá inchi (unidad de plantas perdidas afectadas por enfermedades).

IV. RESULTADOS

4.1. Niveles de abono fermentado tipo bocashi en el crecimiento de la altura y porcentaje de mortandad del sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

4.1.1. Crecimiento de la altura

El P-valor para los tratamientos es menor que 0.05, lo cual indica que existe diferencia significativa en las alturas de las plantas según los niveles de tratamientos utilizados (Cuadro 12).

Cuadro 12. Análisis de la varianza para las alturas de las plantas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Fuente	SC	GL	CM	Coeficiente F	P-Valor
A. Bloques	69.2	3	23.1	0.03	0.9929
B. Tratamientos	18942.3	3	314.1	8.26	0.0001
C. Evaluación	153831.0	11	13984.7	18.30	0.0001
Residuos	132970.0	174	764.2		
TOTAL	305813.0	191			

CV : 13.6 %

A la prueba de Duncan, nos indica que los tratamientos T_0 - T_1 , T_0 - T_2 y T_0 - T_3 , existen diferencias significativas de contraste con relación a las alturas de las plantas, quiere decir que los tratamientos T_2 , T_3 , y T_4 muestran diferencia estadística a niveles de 0.05 frente al T_0 (testigo) tal como se observa (Cuadro 13).

Cuadro 13. Contraste múltiple de rangos para altura de planta según tratamientos (prueba de Duncan).

Trat.	Recuento	Media LS	Sigma LS	Nivel de significación
T_0	48	25.5892	3.99007	b
T_1	48	45.3062	3.99007	a
T_2	48	47.3913	3.99007	a
T_3	48	51.2696	3.99007	a
Contraste		Diferencias		
$T_0 - T_1$		*- 19.7171		
$T_0 - T_2$		*- 21.8021		
$T_0 - T_3$		*- 25.6804		
$T_1 - T_2$		- 2.085		
$T_1 - T_3$		- 5.96333		

* indica diferencia significativa a $p < 0.05$.

Las plantas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) que alcanzaron alturas máxima en la última evaluación que se dio a los 120 días (4 meses), fue el tratamiento 3 (T_3) que llegó a 184 cm de altura de planta, seguidos por los (T_1), (T_2) y (T_0) que obtuvieron una altura de planta de 165 cm, 146 cm y 86 cm respectivamente (Cuadro 14).

Cuadro 14. Valores de las alturas máximas del sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.). (cm).

Evaluaciones	Tratamientos			
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃
1	14.5	13.2	13.6	15.5
2	16.1	15.0	15.2	18.5
3	16.8	17.4	18.2	19.5
4	16.0	17.5	17.7	21.0
5	18.6	20.3	20.2	27.8
6	23.8	26.9	29.1	40.4
7	36.1	37.0	51.0	71.3
8	53.0	67.0	97.0	101.0
9	64.0	93.5	127.0	136.5
10	66.5	94.7	129.3	139.3
11	73.5	119.6	137.7	161.6
12	86.0	165.0	146.0	184.0

Los comportamientos de las alturas máximas obtenidas de las plantas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) por tratamiento de las 12 evaluaciones durante el periodo de crecimiento; el T₁ con aplicaciones de (200 g de bocashi/planta); T₂ (300 g de bocashi/planta); T₃ (400 g de bocashi/planta); se ajustan a una línea de tendencia “polinomial”, y el T₃ (testigo) se ajusta a una línea de tendencia “media móvil”, tal como se puede observar (Figura 1).

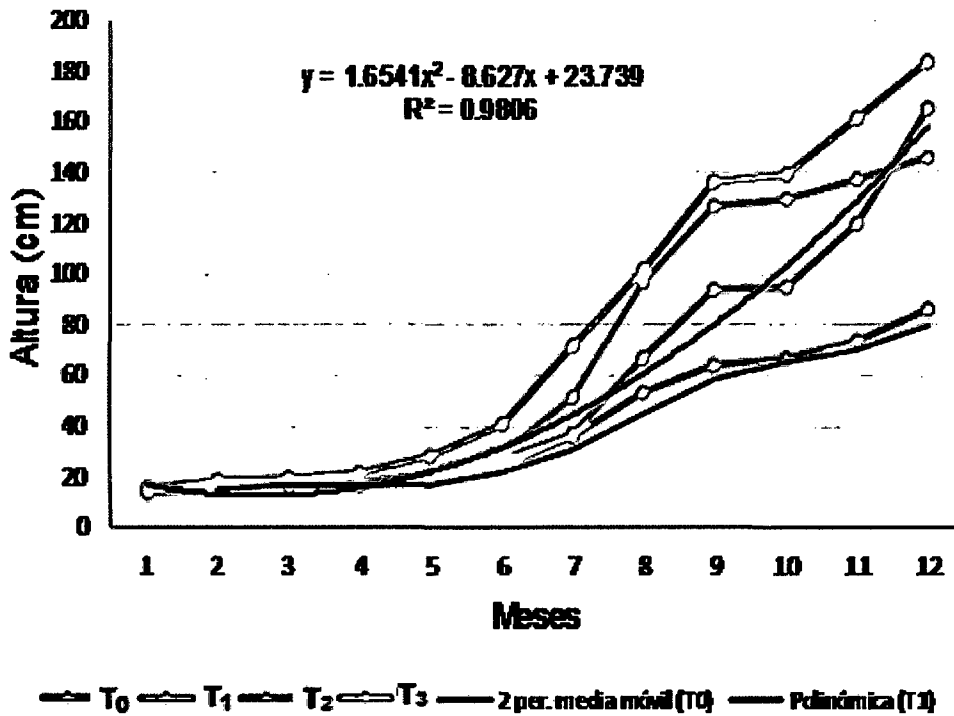


Figura 1. Alturas máximas del sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) según tratamiento.

4.1.2. Mortandad del cultivo

En cuanto a la cantidad de plantas muertas durante los 120 días de evaluación (4 meses) se observa que el T₁ y T₂ hubo 5 y 1 planta muerta respectivamente, mientras que en el T₃ no se registró mortandad de las plantas, por tanto se ajustó a una línea de tendencia "media móvil", mientras que el tratamiento testigo T₀ se registró 24 plantas muertas que se ajusta a una línea de "tendencia lineal", tal como se puede visualizar en la (Figura 2).

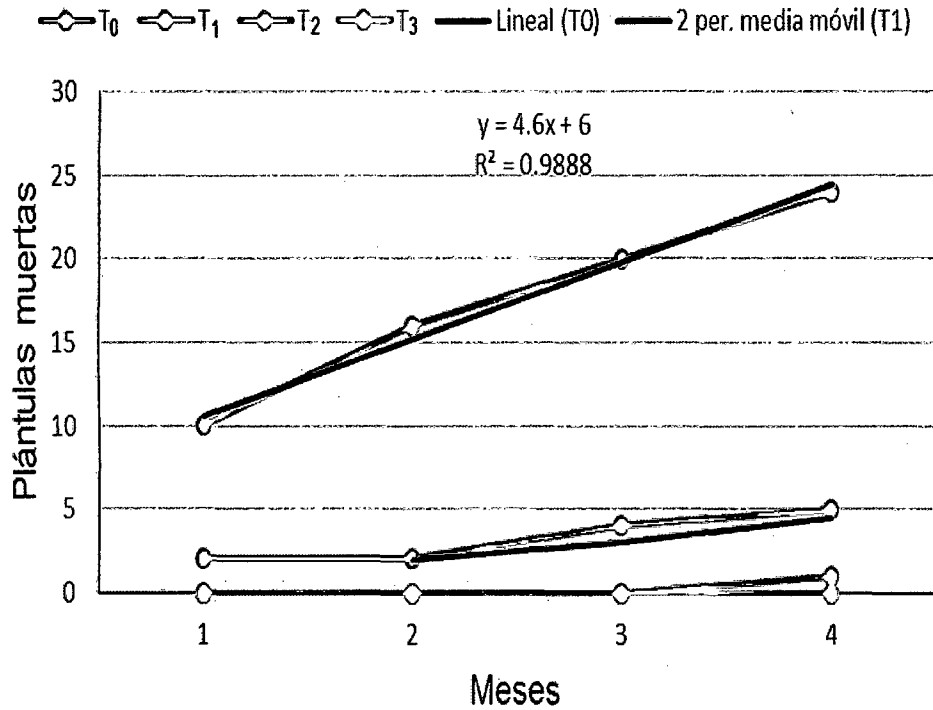


Figura 2. Evaluación de mortandad de las plantas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en los cuatro meses de evaluación.

Durante el periodo de evaluación se registró un aumento progresivo en la mortandad de las plantas de sachá inchi, con 24% de mortandad en la parcela T₀, de las cuales se llevó muestras al laboratorio de fitopatología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva para determinar el agente patógeno, donde se determinó que estaban siendo atacadas por *Rhizoctonia* sp.

4.2. Efecto del abono fermentado tipo bocashi en la fertilidad de un suelo degradado por acidez

Los valores comparativos entre el análisis inicial y final de los niveles de abono en los tratamientos en estudio, resulta que el (T₃) da mejores indicadores de los componentes nutritivos, en comparación con los demás tratamientos en estudio (Cuadro 15).

Cuadro 15. Resultados comparativos del análisis iniciales y final.

	T. Inicial	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃
Ph	4.3	4.9	5.1	5.3	5.2
Mo(%)	2.0	1	3.1	3.1	5.3
N(%)	0.09	0.04	0.14	0.14	0.24
P(ppm)	7.7	4.08	5.69	8.81	11.38
K ₂ O(Kg/ha)	235.0	144	113	138	216
Ca(Me/100g)	1.8	0.5	2.8	0.48	3.3
Mg(Me/100g)	0.4	0.1	0.42	0.1	0.55
Al(Me/100g)	3.1	0.5	1.2	0.3	0.1
H(Me/100g)	1.8	0.25	0.9	0.1	0.1
CICE(Me/100g)	7.1	1.35	5.32	0.98	4.05
Bas. Camb.(%)	30.99	44.44	60.53	59.18	95.06
Ac. Camb.(%)	69.01	55.56	39.47	40.82	40.94
Sat. Al.(%)	43.66	37.04	22.56	30.61	20.47

4.2.1. pH

El valor inicial de pH 4.3 del suelo en estudio es considerado como “fuertemente ácido” pero, en el presente trabajo de investigación el incremento del pH fue ascendente hasta obtener valores finales de pH 4.9, 5.1, 5.2, y 5.3 en los tratamientos, T₀, T₁, T₃, T₂, respectivamente, dichos resultados se encuentran dentro del calificado “ácido” en el rango de acidez de suelo, no habiendo diferencias estadísticas solo mínimamente numéricas (Figura 3).

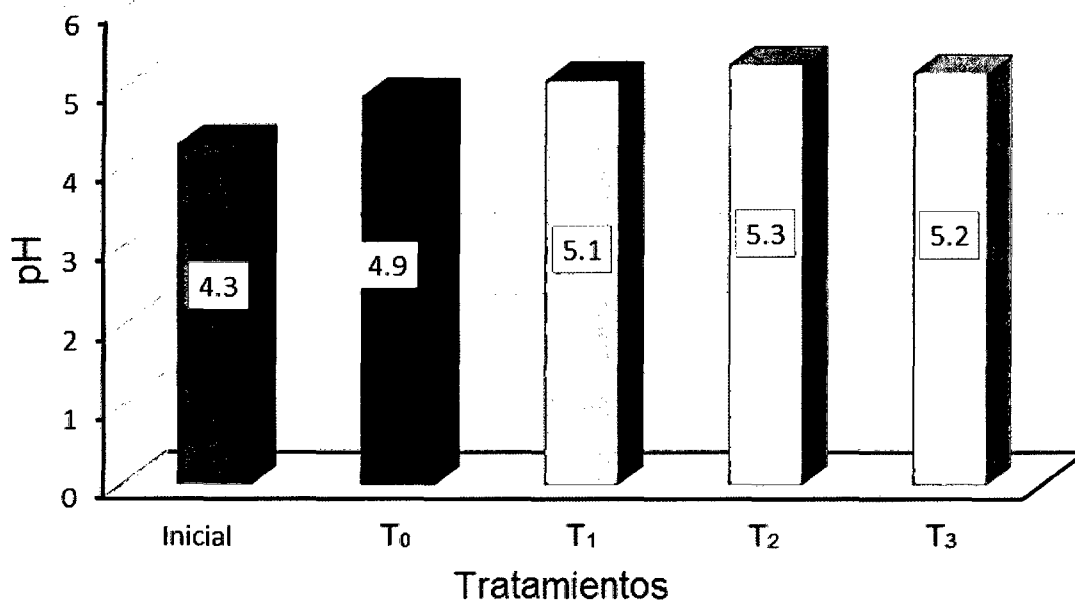


Figura 3. Resultados del pH en el suelo.

4.2.2. Materia orgánica

Este componente de suma importancia como es la materia orgánica del suelo, en su etapa inicial tuvo 2%, y tal como observamos fue ascendiendo a 3.1% para los tratamientos T₁ y T₂ y de 5.3%, para el

tratamiento T₃; considerando que el incremento se dio según porcentajes de dosis de abono para T₁ (200 g de bocashi), T₂ (300 g de bocashi) y para T₃ (400 g de bocashi). Por otro lado se puede observar que el tratamiento testigo (T₀) la que no recibió ningún tipo de dosis presenta un descenso en el porcentaje de materia orgánica disminuyendo hasta un 1% (Figura 4).

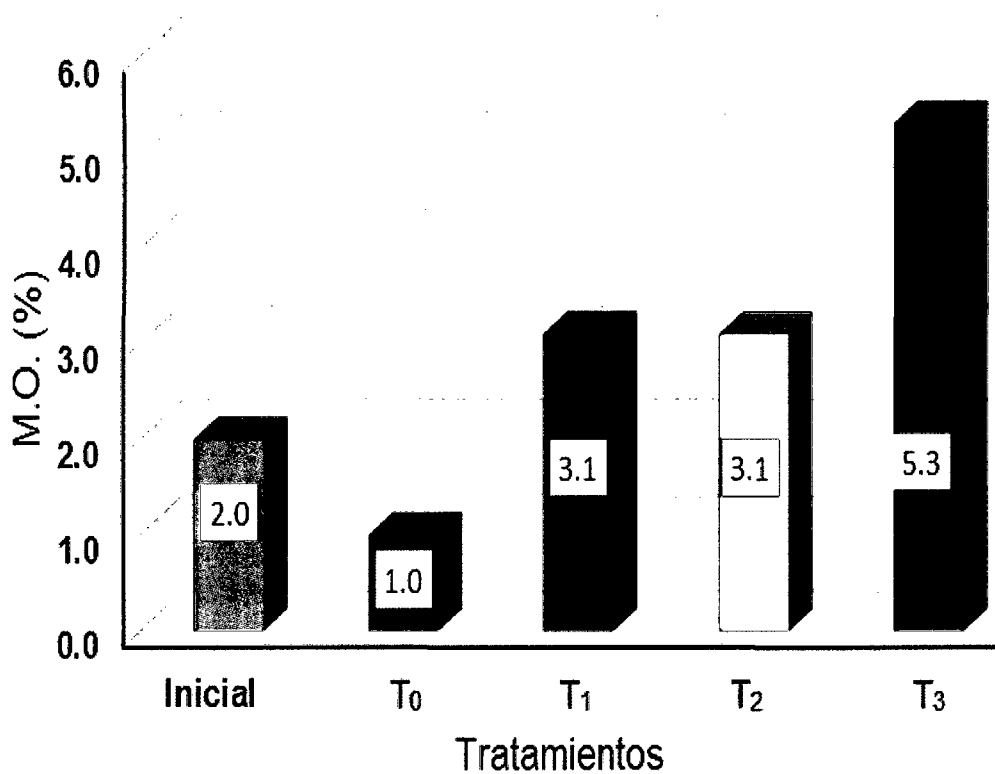


Figura 4. Resultados del porcentaje de materia orgánica en el suelo.

Dada la importancia de la materia orgánica para la producción agrícola, es necesario destacar que éste no se acumula en proporciones altas en los suelos tropicales, como sí ocurre en los suelos de las regiones templadas.

4.2.3. Nitrógeno, fósforo y potasio

Nitrógeno.

Considerando que el contenido de nitrógeno en el suelo está estrechamente relacionado con el contenido de materia orgánica en el suelo obtuvimos resultados similares, el componente porcentual inicial de nitrógeno es de 0.09, descendiendo notablemente a 0.04 en la parcela testigo (T_1) la que no recibió tratamiento alguno y un incremento hasta 0.14, en los tratamientos T_1 y T_2 , y 0.24 para el tratamiento T_3 , que obviamente recibieron la aplicación de niveles de 200, 300 y 400 g de bocashi para los tratamientos 2, 3 y 4 respectivamente (Figura 5).

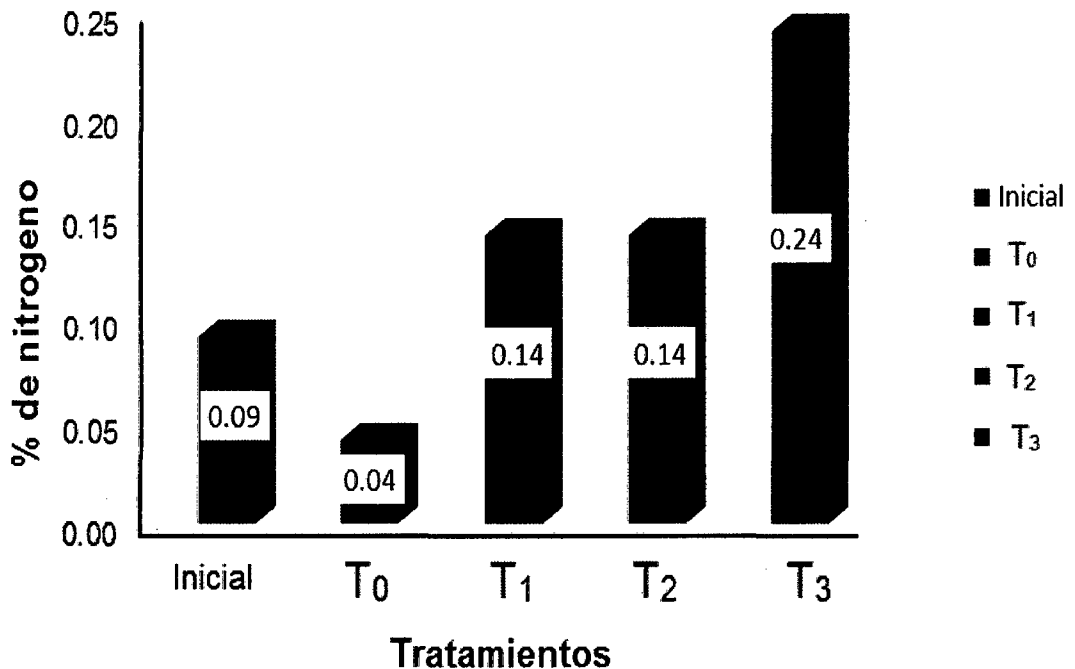


Figura 5. Resultados del porcentaje de nitrógeno en el suelo

Fósforo

El suelo experimental presentó niveles iniciales de 7.7 ppm y si observamos los resultados finales nos muestra que hay un descenso para $T_0 = 4.08$ ppm; $T_1 = 5.69$ ppm; y valores superiores a la concentración inicial de fósforo en el suelo encontramos en los tratamientos $T_2 = 8.81$ ppm y $T_3 = 11.38$ ppm, siendo estos los resultados con más alta concentración de fósforo en el suelo (Figura 6).

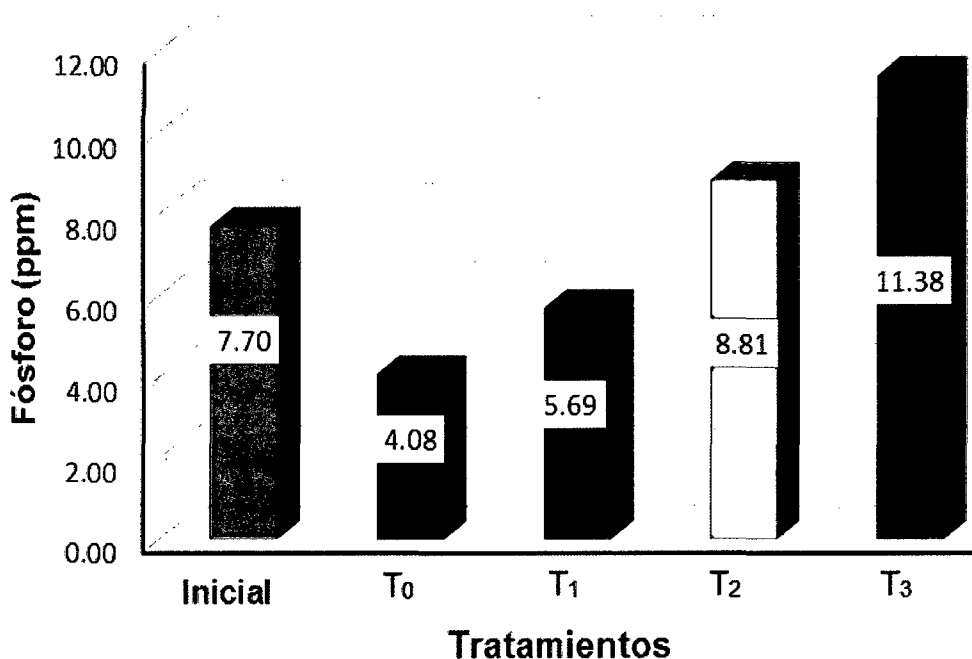


Figura 6. Resultados de la concentración de fósforo en el suelo.

Potasio

Finalmente el nutriente potasio los resultados es totalmente opuesto a los anteriores componentes; pues se observa que hay descenso

paulatino para el tratamiento T_0 (144 kg/ha) seguido de T_1 (113 kg/ha) y un incremento para T_2 (138 kg/ha) y T_3 (216 kg/ha), los mismos que ninguno superó la concentración inicial del potasio en el suelo (Figura 7).

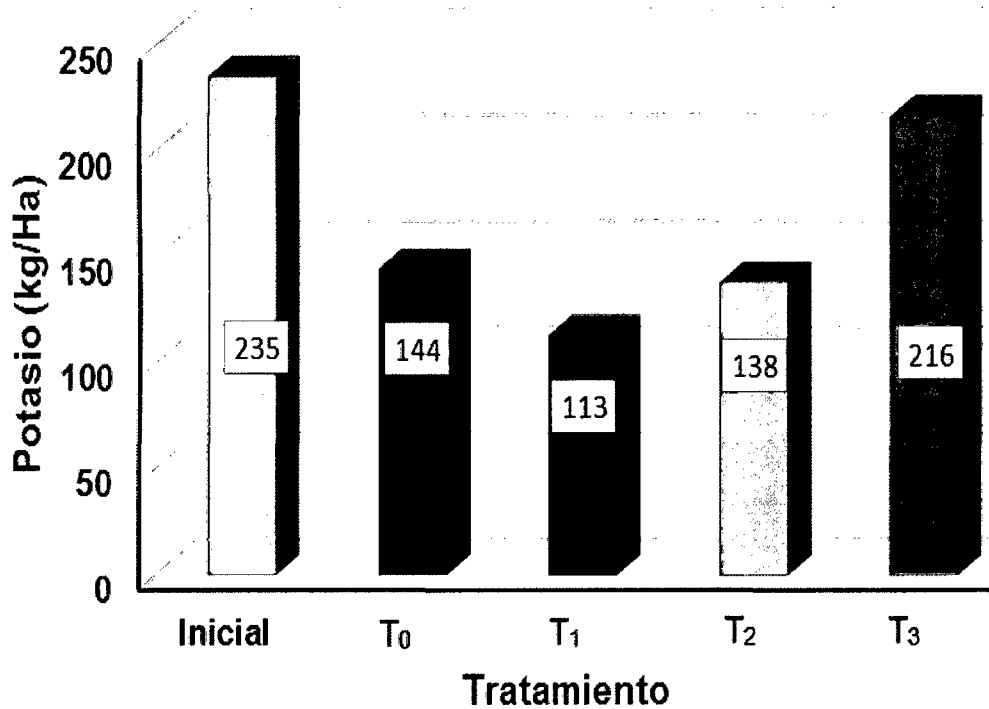


Figura 7. Resultados de la concentración de potasio en el suelo.

4.2.4. Capacidad de intercambio catiónico

Los resultados nos indica que existe un descenso acentuado, en comparación al análisis inicial de suelo donde hubo mayor concentración de CICe con 7.1 me/100 g; mientras que las parcelas T_0 y T_2 reportan valores muy bajos de 1.35 y 0.98 me/100g en el suelo respectivamente, mientras que el descenso fue menor en los T_1 y T_3 con valores de 5.32 y 4.05 me/100 g de CIC

en el suelo, debido a que estos valores expresan el total de cationes entre las bases cambiables (calcio, magnesio, potasio) y acidez cambiante (hidrógeno y aluminio), tal como muestra la (Figura 8).

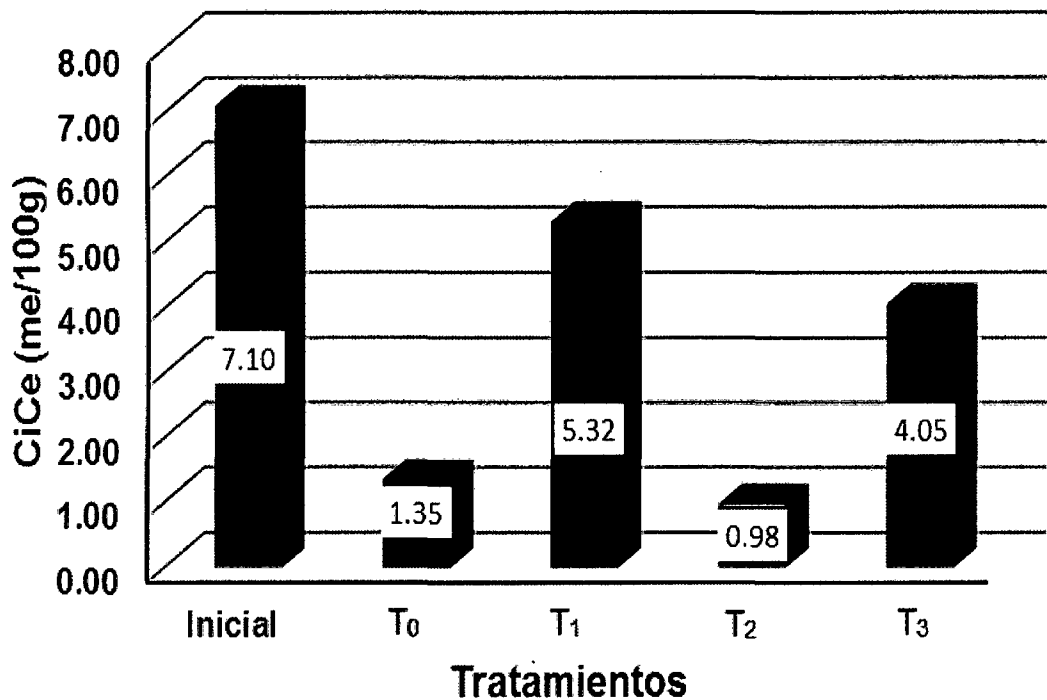


Figura 8. Resultados de la capacidad de intercambio catiónico efectivo en el suelo.

Por último un incremento notable en el porcentaje de las bases cambiables, y un descenso en el porcentaje de acidez cambiante como en la saturación del aluminio, el T₃ presenta los resultados más resaltantes, elevando el porcentaje de bases cambiables a un 95.06 %, y la acidez cambiante como la saturación de aluminio descienden a un 4.94 y 2.47%, respectivamente (Figura 9).

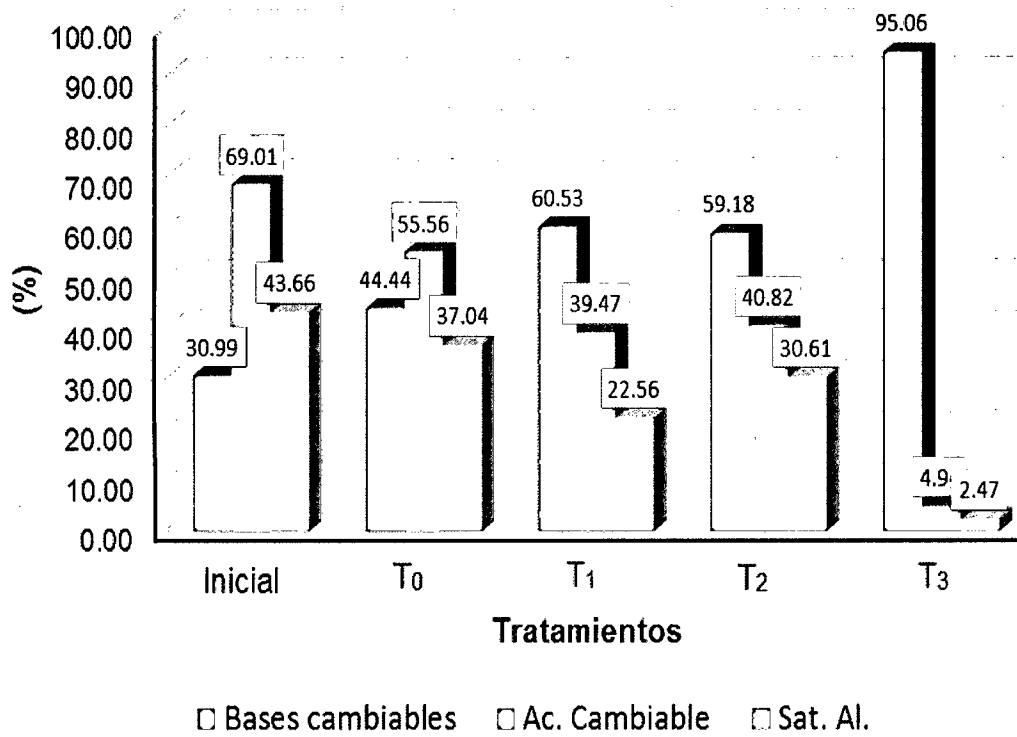


Figura 9. Resultados del porcentaje de los cationes de cambio el suelo.

V. DISCUSIÓN

5.1. Niveles de abono fermentado tipo bocashi en el crecimiento de la altura y porcentaje de mortandad del sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

5.1.1. Crecimiento de la altura

El análisis de variancia muestra que existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, con respecto a la altura de plantas tratadas con diferentes concentraciones de bocashi. Posiblemente, mejoró las características de los suelos degradados dándole primacía a la fertilización orgánica “nutrir el suelo para alimentar a la planta”, quizás también se debe a otros factores que influyeron en la elaboración del “bocashi”, tal como, fertilidad original del suelo, tipo de cultivo, el clima, exigencia nutricional del tipo de planta, etc. como lo indican HURTADO (2002), SILGUY (1994) y GOMERO (1999). Asimismo la influencia estaría dada por las ventajas del bocashi, tal como lo menciona (RESPRETO, 2007 y SHINTANI, 2000) que concluyeron que la descomposición de los residuos orgánicos pueden ser aeróbicas y anaeróbicas mejorando la calidad del abono orgánico fermentado que les ofrece a los vegetales y al suelo.

El tratamiento T₀ (testigo), no presentó resultados positivos, dado que la investigación se hizo en suelos degradados, lo cual no permitió el buen

desarrollo de la planta por disminución de la materia orgánica que autoacelera el proceso degradativo de la vegetación, así como lo mencionan (GRAETZ, 2004) y (JIMÉNEZ y ALVAREZ, 2005).

Los resultados muestran que la altura máxima alcanzada por *Plukenetia volubilis* L. se logró con el tratamiento 3 (T₃) al obtener 184 cm, seguidos de los tratamientos T₂, T₁ y T₀; con alturas de 146 cm, 165 cm y 86 cm respectivamente, como se podrá diferenciar que a medida como se iba incrementando el nivel de bocashi en la planta influenciaba en el crecimiento, mejoramiento y en la formación de agregados, aflojando los suelos, dando una permeabilidad buena; que el contenido de nutrientes del bocashi determina la calidad del abono y su capacidad de proveer nutrientes a un cultivo LEBLANC *et al.* (2006). Asimismo la planta presentó un color pardo oscuro o negro, posiblemente estos colores oscuros absorbieron más calor, favoreciendo la germinación y crecimiento de las plantas (TAM HAMS, 1979).

5.1.2. Mortandad del cultivo

En cuanto a la mortalidad de las plantas de sachá inchi, el T₀ (testigo) el que no tuvo inclusión de abono bocashi, es el que presentó mayor cantidad de plantas muertas (24 %), causada por *Rhizoctonia sp.*, este hongo ataca exclusivamente a las hojas, lo que no ha sido evaluado ni controlado ya que nos encontramos con un suelo sin biodiversidad considerados como “suelos inductores de enfermedad” así lo define (EARTH y MASAKI, 2000), a esto se suma la carencia de nutrientes requeridos por la planta para su desarrollo normal (GRAETZ, 2004).

Entre los tratamientos T₂ (1%) y T₃ (0 %) no hubo mayor relevancia de mortandad de plantas, pero hay que resaltar que el T₃ con adición de bocashi en 400 g/planta no registró muerte alguna de las plantas, fueron más vigorosas y sanas; deducimos entonces que dicha aplicación protege al cultivo de ataques por agentes patógenos inesperados. El T₁ halló 5 % de mortandad porque posiblemente el abono en 200 g/planta es utilizada como alimento para los microorganismos eficaces y benéficos, los mismos que continuarán descomponiéndola y mejorando la vida del suelo; pero no hay que olvidar que suple nutrimentos al cultivo. (JIMENEZ y ALVAREZ, 2004).

5.2. Efecto del abono fermentado tipo bocashi en la fertilidad de un suelo degradado por acidez

5.2.1. pH

Los resultados del análisis inicial muestran que el suelo presentaba un pH de 4.3, lo cual era “fuertemente ácido”, requirió de la incorporación de bases cambiables para incrementar su pH a un nivel óptimo; esto se dio indirectamente a través del suministro de bocashi y efectivamente se obtuvo un incremento en el pH de las diferentes parcelas que fueron tratada pero igual solo se mantuvieron en un nivel ácido o sea no llegaron a un nivel de un pH óptimo alcalino que hubiera sido lo ideal; posiblemente esto se debió a que la cal como ingrediente en el bocashi regula la acidez que se presenta durante todo el proceso de la fermentación (RESTREPO, 2007), y como el pH del suelo es ácido entonces existe riesgo de carencias de elementos que sea ácido o neutro tal como lo afirma (JIMENEZ, 2005).

5.2.2. Materia orgánica

Los niveles de aplicación del bocashi a las plantas y por ende el contenido de materia orgánica en el suelo resulta ser importante. El tratamiento T₃ (400 g de bocashi/planta) resultó tener mejor incremento en el contenido de materia orgánica (5.3%) seguramente por mayor disponibilidad de nutrientes en suelos ácidos, efecto positivo sobre la fertilidad del suelo, tal como concluye (MELENDEZ, 2003).

Mientras que los tratamientos T₁ (200 g de bocashi/planta) y T₂ (300 g/bocashi/planta), pese a una diferencia de 100 g de bocashi entre ambos tratamientos mantuvieron similar porcentaje de materia orgánica (3.1 %). Sin embargo T₀ (testigo), tuvo un descenso del porcentaje en MO al 1 %, este resultado puede deberse a la mínima cantidad de materia orgánica que no contribuyó en alimentar al suelo ácido degradado, característica de los suelos de selva o pastura tropical que, cuando estos terrenos son puestos en producción de cultivos, la materia orgánica existente puede ser completamente gastada al cabo de uno o tres años debido a las condiciones que imperan en el suelo referido tal como lo menciona (MASAKI, 2000).

5.2.3. Nitrógeno, fósforo y potasio

Comprendiendo que el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio están estrechamente vinculado con el porcentaje de materia orgánica en el suelo, lo cual nos permitió obtener un incremento notable en el porcentaje de nitrógeno en todas las parcelas que fueron tratadas con abono fermentado tipo

bocashi, manteniéndose así las parcelas T_1 y T_2 en un nivel “medio”, y las parcelas T_3 lograron un nivel “alto”; Así mismo, el nivel de nitrógeno en el suelo para las parcelas T_0 , disminuyó hasta un nivel “bajo”, debido al consumo de nutrientes por la planta y a la ausencia de materia orgánica que es la única abastecedora de nitrógeno (GRAETZ, 2000), lo cual se dio a través de la incorporación del bocashi.

El contenido de nitrógeno en el suelo está estrechamente relacionado con el contenido de materia orgánica en el suelo obtuvimos resultados similares, el componente porcentual inicial de nitrógeno es de 0.09, descendiendo notablemente a 0.04 en el T_0 (testigo) la que no recibió tratamiento alguno y un incremento hasta 0.14 para T_1 y T_2 , y para T_3 (0.24), obviamente recibieron la aplicación de niveles de 200, 300 y 400 g de bocashi para los tratamientos 2, 3 y 4 respectivamente, podemos deducir entonces que la gallinaza juega un papel importante como fuente de nitrógeno, su aporte en el bocashi que visiblemente mejoró las características de la fertilidad del suelo y por ende las condiciones físicas del suelo como también plantas más delicadas, suculentas y mayor producción tal como lo indica (DONAHUE *et al.*, 1970).

Mientras que los resultados para el contenido de fósforo como nutrimento para las plantas se logró un ligero incremento en la concentración de fósforo en el suelo en los tratamientos T_2 (8.81) y T_3 (11.38), y manteniéndose un nivel por debajo del contenido de fósforo en el suelo los tratamientos T_0 (4.08) y T_1 (5.69), estos resultados se debe a la naturaleza del bocashi que no cuenta con compuestos minerales fosfatados en sus

ingredientes, además, los residuos orgánicos que componen el bocashi tiene concentraciones bajas de fósforo, alcanzando una escasa concentración de 0.7% corroborado por (GOMERO, 1999).

Los resultados hallados para el potasio es totalmente opuesto a los anteriores componentes; hay un descenso paulatino de lo inicial que fue 235 kg/ha, luego el T₀ (144 kg/ha) y el T₁ (113 kg/ha) y seguidamente un incremento para T₂ (138 kg/ha) y T₃ (216 kg/ha), los mismos que ninguno superó a la concentración inicial del potasio en el suelo que fue muy deficiente. Estos resultados del análisis inicial indican que mantuvieron un nivel “muy deficiente” en los cuatro tratamientos en estudio después de aplicado el bocashi, porque nos confirma que el nivel de potasio en el suelo es limitado, aun en suelos que contienen arcillas ricas en este mineral que no pueden suplirlo, como lo afirma (GOMERO, 1999).

El contenido de potasio en el bocashi elaborado para la investigación alcanzó apenas un 0,5%; sin embargo, JULCA y OTINIANO *et. al.*, (2008), han reportado altos valores de potasio K (2.5%), debiéndose a la naturaleza de sus componentes.

5.2.4. Capacidad de intercambio catiónico

Los resultados muestran que existe un descenso fluctuante, reportándose el análisis inicial de suelo la mayor concentración de CICE con 7.1 me/100g de suelo; sin embargo en la Figura 9, muestra un incremento notable en el porcentaje de las bases cambiables y un descenso en el

porcentaje de acidez cambiante como en la saturación del aluminio, debido posiblemente a que los suelos con arcillas caoliníticas tienen una menor energía de enlace y, por lo tanto, para un nivel analítico determinado o un porcentaje de saturación de un elemento se mostrará una disponibilidad relativa mayor corroborado por (JIMENEZ y ALVAREZ, 2005).

Si la CIC está neutralizada principalmente por calcio, magnesio, potasio y sodio, se dice que está saturada de bases. Sin embargo, si los cultivos o el lixiviado han removido la mayor parte de los cationes básicos, el suelo está bajo en saturación de bases o alto en saturación ácida. Las cantidades totales de cationes ácidos relativas a la CIC son una medida de la saturación ácida. De esta manera, a partir de la aplicación del abono fermentado tipo bocashi, se logra la saturación de las bases y la fijación de los cationes básicos, evitando la pérdida por lixiviación; alcanzando de este modo la disminución de la acidez cambiante y saturación del aluminio así lo refiere también (GOMERO, 1999).

VI. CONCLUSIONES

1. Se obtuvo mejores resultados en el T₃ (400 g de bocashi por planta) pues notoriamente influyó en el crecimiento de la planta llegando al final del estudio a medir 184 cm y también fue el tratamiento que tuvo 0 % de mortandad
2. Mejoró las condiciones de fertilidad del suelo, obteniendo los mejores resultados el T₃ (400 g de bocashi /planta), se incrementó el pH desde 4.3 a 5.2; materia orgánica de 2.0 % a 5.3 %; nitrógeno de 0.09 % a 0.24 %; fósforo 7,7 ppm a 11,38 ppm; bases cambiables de 30.99 % a 95.06 %; así mismo, se logró reducir la acidez cambiabile de 69.01% a 4.94% y por consiguiente la saturación de aluminio en el suelo descendió de un 43.66 % a 2.47 %.
3. La aplicación del abono fermentado tipo bocashi es una alternativa eficaz para favorecer el desarrollo de cultivos de sachá inchi aun en condiciones de un suelo degradado lo cual nos permite asegurar que el bocashi es un abono orgánico indispensable para recuperar o mejorar la fertilidad de un suelo.

VII. RECOMENDACIONES

1. Utilizar una dosis de 400g/planta de bocashi, para obtener mejores resultados tanto en el crecimiento de la planta como en el mejoramiento de las condiciones nutritivas del suelo.
2. Implantar nuevos cultivos con la aplicación del abono fermentado tipo bocashi, ya que dicho abono tiene la propiedad de mejorar la fertilidad del suelo.
3. Dar uso a los suelos degradados, aplicando abono fermentado tipo bocashi para la siembra de sachá inchi u otros cultivos, a fin de aprovechar el área disponible que fácilmente son abandonadas por su baja productividad.

“EFFECTS OF APPLICATION OF THE BOCASHI IN THE GROWTH OF SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.) AND RECOVERY A DEGRADED SOIL IN DANIEL ALOMIA ROBLES DISTRICT, HUANUCO”

VIII. ABSTRACT

The Amazonian ecosystem by the deforestation and the constant burning of tress, suffers a severe degradation; before this the investigation situation aims to recover a degraded soil across the incorporation the type bocashi abono and his influence in the growth the sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.); whose objective was to evaluate the levels effect of fermented abono bocashi kind in the height growth, and mortality percentage of sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), and evaluate the effect fermented abono, bocashi type in the fertility of a soil degraded by acidity. The experiment is developed for four months, in the finca San Felipe located what in the caserío the Victoria, Daniel Alomía Robles district, Leoncio Prado province, region Huánuco, Peru. For statistical analysis, we used the design the Blocks Completely Randomizado (RBCA) with 4 treatments applying different levels of bocashi ($T=0$ g., $T_1=200$ g., $T_2=300$ g, y $T_3=400$ g) and 4 repetitions; demonstrating that yes there were statistical differences between treatments both for the growth of the plants and for the soil fertility, the results were: The T_3 (400 g), arrived at the end of the study to measure 184 cm, not register mortality; improved soil fertility conditions, increased the pH from 4.3 to 5.2; organic matter of 2.0 % to 5.3 %; nitrogen of 0.09 % to 0.24 %; phosphorus 7,7 ppm to 11,38 ppm; changeable bases of 30.99 % to 95.06 %; also managed reducing the changeable acidity of 69.01 % to 4.94 %, consequently the aluminum saturation in the soil lowered from 43.66 % to 2.47 %; finally it concludes, that the application of abono fermented type bocashi, it is an effective alternative to favor the development of sachá inchi cultivation even in conditions of a degraded soil, which allows us to ensure that the bocashi is an organic abono indispensable to restore or to improve the fertility of a soil.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASOCIACIÓN DE AGRICULTURA ORGÁNICA. 1995. Abonos orgánicos fermentados Boletín N° 17. São Paulo -SP- Brasil. Adaptado por Jairo Restrepo Rivera, Experto OIT. San José, Costa Rica. 23 p.
- ABAD, M., MARTÍNEZ, P. F., MARTÍNEZ, M. D., MARTÍNEZ. J., 1993. Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. Actas de horticultura 11:141-154.
- ARÉVALO, G. 1996. El Cultivo de Sacha inchi (*Plukenetia Volúbilis L.*) en la Amazonía, Instituto de Investigación Agraria, Proyecto Suelos Tropicales. Lima, Perú. 68 p.
- ARNING, I; VELÁSQUEZ, H. 2000. Plantas con potencial biocida: metodologías y experiencias para su desarrollo. Ed. RAAA. Lima, Perú. 191 pp.
- BAZÁN, R., ROMERO, R., VALENCIA, M., NAZARIO, J., GARCIA, S., 2000. Guía de prácticas de edafología. Departamento de Suelos. Universidad Nacional Agraria la Molina. 49 p.
- BENZING, A. 2001. Agricultura Orgánica - fundamentos para la región andina. Neckar-Verlag, Villingen-Schwenningen, Alemania. 682 p.
- BIENES, R. y MARQUÉS, M.J. 2003. Perspectivas de la degradación del suelo. IMIA, Madrid. 69 p.
- BRACK, A. 1999. *Plukenetia Volúbilis L.* Diccionario enciclopédico de plantas útiles del Perú. PNUD: Cuzco – Perú 550 p.

- CASTILLO, A. E., QUARÍN, S. H., IGLESIAS, M. C., 2000. Vermicompost chemical and physical characterization from raw and mixed organic wastes. *Agricultura Técnica* 60:74-79.
- COBERTERA, L. E. 1993. Edafología aplicada, suelos, producción agraria, planificación territorial e impactos ambientales. Ediciones cátedra S.A., Madrid, España. p. 223-259.
- COSCIA, A. A. 1993. Agricultura sostenible; hemisferio sur, S.A. Pag.17.
- DEIONA, A. C., NORIEGA, S.E., PETKOVIC, L. M., 1998. Carbón activado, Costa Rica. p.12-13.
- DONAHUE, R. L., RAIMOND, W. M., SHICKLUNA, J. C., 1970. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Editorial, Prentice Hall Internacional. Cali, Colombia. p. 128-136.
- FAO. 1994. Erosión de suelos en América Latina. Suelos y aguas N° 1.
- FASSBENDER, H.W. y BORNEMISZA, E. 1985. Química de suelos. 2^{da} Ed. Revisada IICA. San José. Costa Rica 420 p.
- GILLESPIE, L. J. 1993. A synopsis of Neotropical Plukenetia (Euphorbiaceae) including two new species. *Systematic Botany* 18 (4):575 – 592.
- GOMERO, O. L. 1999. Manejo ecológico de suelos: Conceptos, Experiencias y técnica. RAAA. Lima-Perú.
- GRAETZ, H. A. 2004. Suelos y fertilización; 2nd ed. México, Trillas. p.23-27.
- HAMAKER, B.R., et al., 1992. Perfiles de aminoácidos y ácidos grasos del "maní del inca" (*Plukenetia volubilis*).
- HAZEN Y STOEWESAND. 1980. Resultados de análisis del aceite y proteína del cultivo de sacha inchi. Universidad de Cornell. USA.

- HUAMANI, H., MANSILLA, L. 1995. Caracterización del estado Nutricional de los Suelos Degradados del Alto Huallaga. En Tropicultura. Vol VII N° 1-2 Pp 7-17 Tingo María, Perú.
- HURTADO, L. 2002. Manejo y conservación del suelo. Fundamentos, y prácticas. PRONAMACHS, Lima Perú.
- JIMÉNEZ, B. R. y ALVAREZ, A. M. 2005. Control de la degradación de suelos. UAM, Madrid.
- JULCA, O., SOLANO, A., CRESPO, C., 2008. Crecimiento de coffea arabica variedad caturra amarillo en almácigos con substratos orgánicos en Chanchamayo, selva central del Perú. p. 1-17.
- KEMPER, W., ROSENAU, R. 1986. Aggregates stability and size distribution. In Methods of soil analysis, 1era parte: physical and mineralogical methods. Agronomy serie N° 09. 2da Edición. p. 425-441.
- LASARIDI, K., PROTOPAPA, I., KOTSOU, M., PILIDIS, G., MANIOS, T., KYRIACOU, A., 2006. Quality assessment of composts in the Greek market: The need for standards and quality assurance. Journal of Environmental Management. p. 58-65.
- LEBLANC, H.A. CERRATO, M.E. MIRANDA, A., VALLE, G., 2007. Determinación de la calidad de abonos orgánicos a través de bioensayos. Tierra Tropical 3: 97-107.
- MANCO, E. 2006. Cultivo de sachá inchi. Estación Experimental Agraria "El Porvenir", INIEA. Tarapoto. 11 p.
- MASAKI, S., LEBANC, M., TABORA, P. 2000. Bocashi. Guacino, Limón, Costa Rica p. 1-25.

- MELÉNDEZ, G. 2003. Indicadores químicos de calidad de abonos orgánicos. En: Abonos orgánicos: Principios, características e impacto en la agricultura. Ed Meléndez, G. San José, Costa Rica. pp. 50-63.
- MOSTACERO, MEJIA, GAMARRA. 2002. Taxonomía de las fanerógamas útiles del Perú. Ed. Normas legales. CONCYTEC. Vol I y II. Trujillo, Perú. 674 p.
- MUÑOZ FERNANDO 1996. Plantas medicinales y aromáticas, estudio, cultivo y procesado, Edit. Mundi Prensa. Barcelona - España 365 p.
- NEPSTAD, D., CARVALHO, G., BARRIOS, A., ALENCAR, A., CAPOBIANCO, J., BOSHOP, J., MOUTINHO, P., LEFEBVRE, P., SILVA, J., PRINS, E., 2001. Road paving, fire regime feedbacks, and the future of amazon forest. *Forest ecology and management*, p. 395-407.
- ORELLANA, J., PILITTI, M. 1994. La Estabilidad de agregados como indicador edáfico de sostenibilidad. *ciencia del suelo*, p. 75-80.
- PANEQUE, V. M., CALAÑA, J. M. 2004 Abonos Orgánicos, conceptos prácticos para su evaluación y aplicación. Folleto Técnico. Asociación Cubana de técnicos Agrícolas y forestales. La Habana, Cuba. 54 p.
- PROAMAZONIA. 2003. Ministerio de agricultura. Formulación de una metodología para la recuperación de suelos Degradados en zonas de cultivo de Coca. Perú.
- RESTREPO, R. 2007. El ABC de la Agricultura orgánica y harina de rocas, 1a ed. - Managua: SIMAS, Pag. 22-26.

- RODRIGUEZ, M., PANIAGUA. G. 1994. Horticultura orgánica: Una guía basada en experiencias en Coyena de Alfonso Ruiz, Costa Rica. Fundación Guilombe, San José, Costa Rica. p. 41-50.
- SANTOS, U. 2004. Caracterización del sistema de producción de café orgánico de Solimán. In IDIAF. Resultados de investigación. p. 29-53.
- SCHARGEL W., R. y DELGADO, F. 1990. Características y manejo de los suelos utilizados en la producción de carne en Venezuela. In Plasse, D., Peña de Borsotti, N., eds. VI Cursillo sobre Bovinos de Carne. FCV-UCV, Maracay. pp. 187-220
- SILGUY, C. 1994. La agricultura biológica, técnicas eficaces y no contaminantes. Suiza. Tard. NOVA, D., Pág. 2, 7, 8, 24, 38.
- SIMPSON, K. 1991. Abonos y estiércoles. Aula magna. España.
- TAM HAMS, R. V. 1979. Suelos; su química y fertilidad en zonas tropicales. 2^{da} ed. México, CIESA. 620 p.
- THOMPSON, L.; TROCH, F. R. 1982. Los suelos y su fertilidad, 4^{ta} Edición. Barcelona, Reverté. 649 p.
- VALLES, 1992. El "Sacha Inchi", planta nativa de importancia proteica y aceitera promisorio para la Selva Alta". Separata 2p.
- ZAPATA, N., GUERRERO, F., POLO, A., 2005. Evaluation of pine bark and urban wastes as components of plant growth media. Agricultura Técnica 65:378-387.

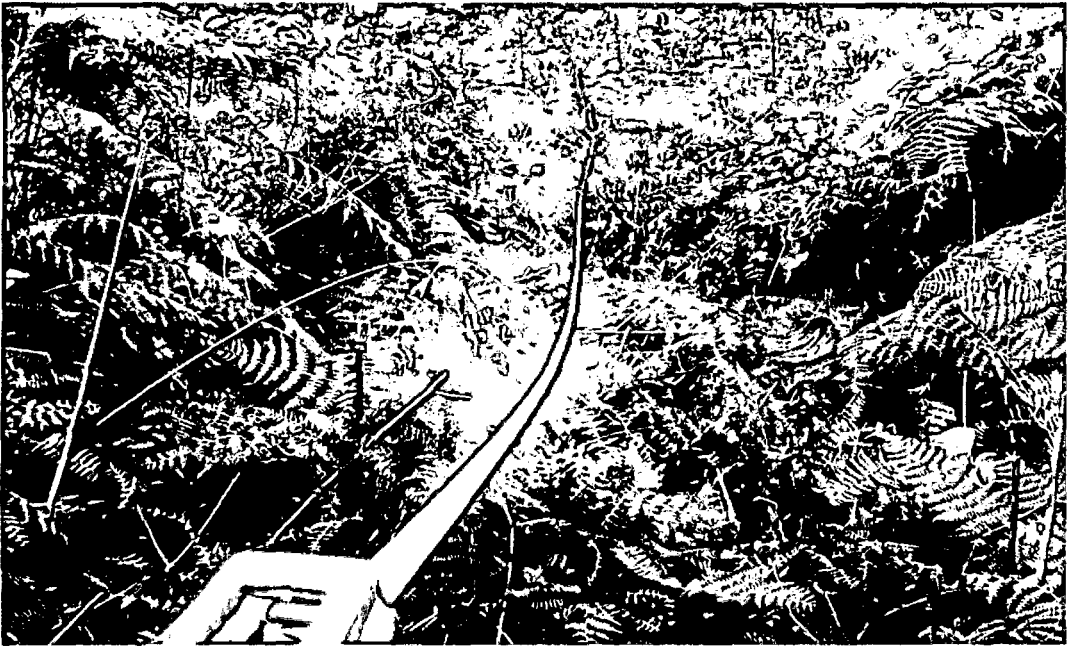
ANEXOS



Estado inicial del terreno donde se realizó la tesis de investigación



Plantas indicadoras de suelos degradados pobres en nutrientes



Trazado y demarcación del área experimental.



Instalación del área experimental



Abono fermentado tipo bocashi.



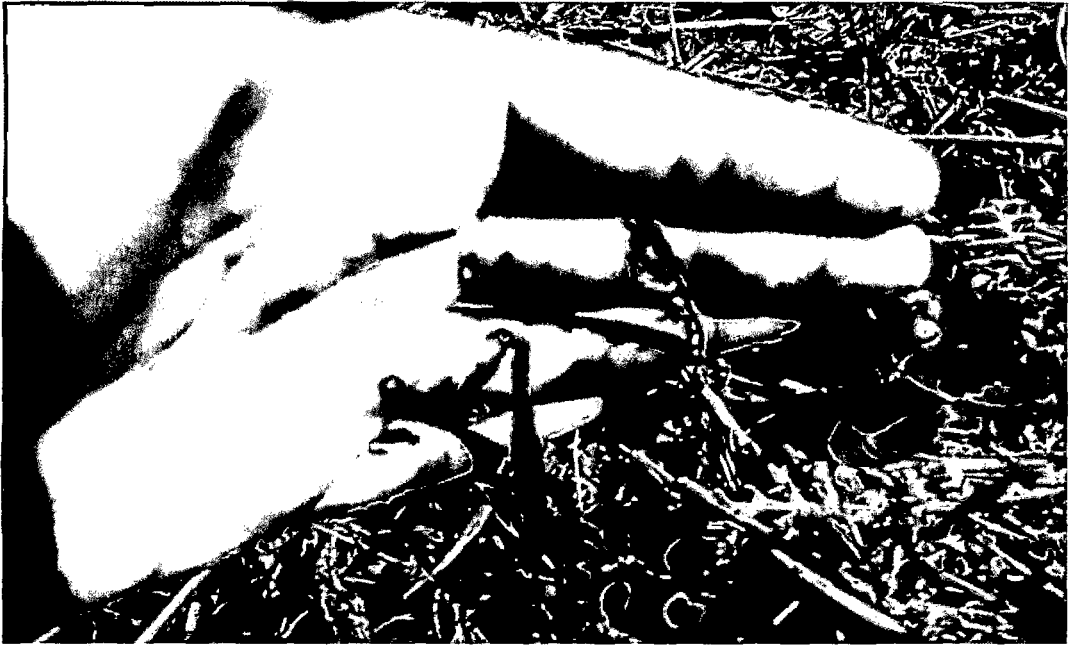
Preparación de los rótulos para la señalización de las parcelas.



Señalización de las parcelas con rótulos según tratamientos.



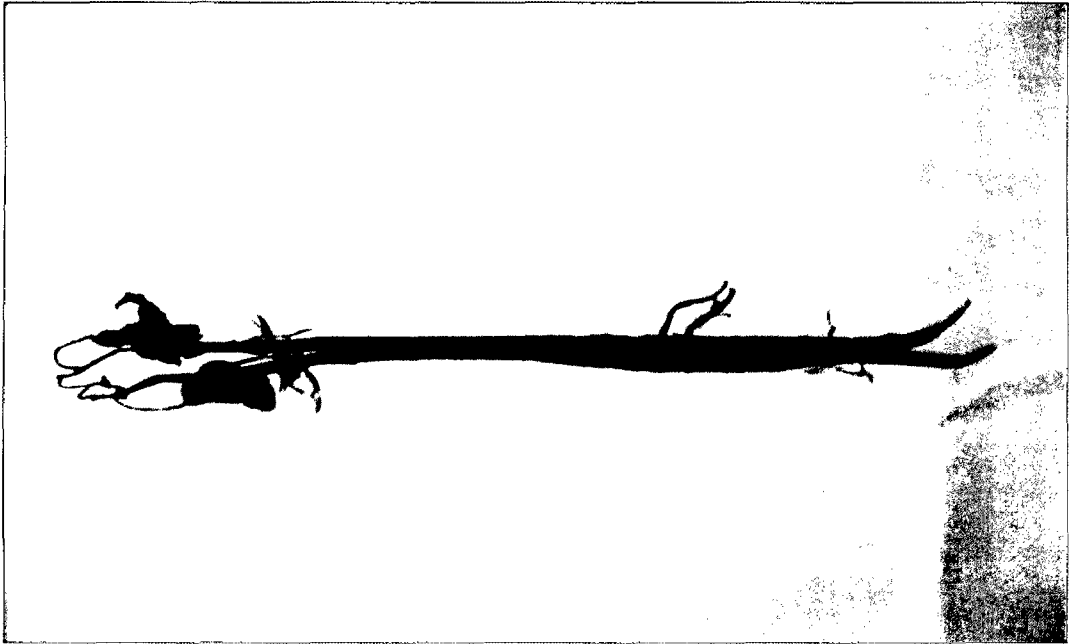
Área experimental instalada con sus respectivos rótulos y tutores vivos.



Evaluación de plantas muertas por ataque de *Rhizoctonia*.



Recolección de muestras para su identificación del agente patógeno.



Evaluación de muestras en el laboratorio de fitopatología.



Fertilización del sachá inchi, según tratamiento en estudio.



Aplicación de barbasco como controlador biológico.



Vista del desarrollo del sacha inchi en las parcelas instaladas.



Evaluación de crecimiento del sacha inchi en parcela con tratamiento T3.



Máximo crecimiento alcanzado del Sacha Inchi en parcela con tratamiento T3.



El cultivo de Sacha Inchi en parcela con tratamiento T3, llega a la etapa de producción después del cuarto mes.