

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

Departamento Académico de Ciencias en Conservación de Suelo y Agua



**EFFECTO DEL BOCASHI EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO Y
EN EL CRECIMIENTO DEL CACAO (*Theobroma cacao L.*) FASE
VIVERO EN SANTA ROSA - NARANJILLO**

TESIS

Para optar al Título de:

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES - MENCIÓN
CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**

GERALDINE GRIS HUAMANCAYO YSMINIO

PROMOCIÓN 2009 - II

“UNAS, Cuna de profesionales con éxito”

TINGO MARÍA - PERÚ

2011



F04
H82

Huamancayo Ysminio, Geraldine Gris

Efecto del Bocashi en las Propiedades del Suelo y en el Crecimiento del Cacao
(*Theobroma cacao* L.) Fase Vivero en Santa Rosa - Naranjillo. Tingo María, 2011.

68 h.; 36 cuadros; 11 fgrs.; 34 ref.; 30 cm.

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

1. THEOBROMA CACAO L.
2. ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO
3. CRECIMIENTO
4. PROPIEDADES - SUELO
5. FASE - VIVERO
6. BOCASHI
7. PERU.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María - Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 13 de Abril del 2011, a horas 11:00 a.m. en la Sala de Grados de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, para calificar la tesis titulada:

“EFECTO DEL BOCASHI EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO Y EN EL CRECIMIENTO DEL CACAO (*Theobroma cacao* L.) FASE VIVERO EN SANTA ROSA - NARANJILLO”

Presentado por la Bachiller: **GERALDINE GRIS HUAMANCAYO YSMINIO**, 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 la sustentante queda apta para optar el **Título de INGENIERO en RECURSOS NATURALES RENOVABLES**, mención **CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUAS**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del título correspondiente.

Tingo María, 20 de abril del 2011


Ing. MSc. **JOSE LEVANO CRISOSTOMO**
Presidente


Ing. M.Sc. **LUIS GARCÍA CARRIÓN**
Vocal


Ing. **JAIME TORRES GARCÍA**
Vocal




Ing. **NELINO FLORIDA ROFNER**
Asesor

DEDICATORIA

Con mi amor y cariño

A Dios, por darme la oportunidad de vivir, por ser quien ha estado a mi lado en todo momento dándome las fuerzas necesarias para continuar y seguir adelante.

A mis amados padres Pedro Donato y Romelia, mis hermanos, George Gabriel, Noemí Doris y Nadia Paola, por todo el amor, cariño y apoyo que me dieron en mi formación profesional.

A mis queridos abuelos, Leonardo, Alberto, Gerarda y Manuela por sus sabios consejos.

AGRADECIMIENTO

- A Dios, por estar conmigo en cada momento de mi vida, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente.
- A mis padres, por su amor, confianza y dedicación en mi educación.
- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Recursos Naturales Renovables que contribuyeron a mi formación profesional.
- Al Ing. Nelino Florida Rofner, patrocinador del presente trabajo, por su valiosa colaboración y supervisión de la tesis.
- A los miembros del jurado de tesis, Ing. M.Sc. José Lévano Crisóstomo, Ing. Jaime Torres García e Ing. Luis García Carrión, por su apoyo.
- A mi familia Huamancayo por todo el apoyo incondicional que me brindaron para ser posible la realización del presente trabajo de investigación.
- A Rover Saccaco Vásquez por su cariño, comprensión y apoyo en mi carrera profesional.
- A mis amigos, Viviana Ruiz Pinedo, Evelyn Rivera Zevallos, Nancy Tamara Trujillo, Tania Linares Macedo, Yessica Patricio Egusquiza, Maritza Camones Fernández, Lisbeth Tupiño Peláez, Lucy Saavedra Coral, Nelly Aranda Villar, Milton Huarauya Aguirre, John Simón, Rider Barra Cántaro, con quienes compartí momentos inolvidables en mi formación académica y brindaron su apoyo en la realización del presente trabajo de de investigación.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Generalidades del cacao.....	3
2.2. Condiciones edafoclimáticas del cacao.....	4
2.2.1. Precipitación	5
2.2.2. Temperatura	5
2.2.3. Viento	6
2.2.4. Altitud.....	7
2.2.5. Luminosidad	7
2.3. Requerimiento de suelos para el cultivo de cacao	8
2.3.1. Suelo	8
2.3.2. Drenaje	9
2.3.3. pH.....	9
2.3.4. Materia orgánica.....	9
2.3.5. Topografía	10
2.4. Siembra en el vivero.....	11
2.4.1. Crecimiento de la planta de cacao.....	11
2.4.2. Crecimiento de las raíces de cacao.....	12
2.5. Bocashi	12
2.5.1. Ventajas del uso de bocashi.....	13
2.5.2. Materiales que se emplean para su elaboración	14
2.6. Propiedades físicas del suelo	16
2.6.1. Textura del suelo	16

2.7. Propiedades químicas del suelo.....	17
2.7.1. pH del suelo.....	17
2.7.2. Materia orgánica del suelo.....	18
2.7.2.1. Composición de la materia orgánica del suelo ..	20
2.7.3. Nitrógeno del suelo.....	21
2.7.4. Fósforo del suelo.....	22
2.7.5. Potasio del suelo.....	24
2.7.6. Calcio y magnesio del suelo.....	25
2.7.7. Capacidad de intercambio catiónico CIC.....	26
2.8. Ensayos experimentales.....	27
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
3.1. Campo experimental.....	29
3.1.1. Ubicación.....	29
3.2. Materiales y equipos.....	29
3.2.1. Materiales de campo.....	29
3.2.2. Equipos de campo.....	30
3.2.3. Equipos de laboratorio.....	30
3.3. Componentes de estudio.....	30
3.3.1. Material vegetativo.....	30
3.3.2. Sustrato a utilizar.....	30
3.4. Historia de campo.....	31
3.5. Condiciones del campo experimental.....	31
3.6. Fases de la ejecución en la investigación.....	31
3.6.1. Fase en vivero.....	31
3.6.1.1. Construcción del vivero.....	31

3.6.1.2. Extracción del vivero.....	32
3.6.1.3. Llenado de bolsas y dosis del material	32
3.6.1.4. Obtención de semillas y siembra	32
3.7. Observaciones a registrar	33
3.7.1. Proceso de evaluación	33
3.7.1.1. Determinación de altura de la planta	33
3.7.1.2. Determinación de diámetro de la planta	33
3.7.1.3. Determinación del peso fresco de la parte aérea y radicular de la planta.....	33
3.7.1.4. Determinación del peso seco de la parte aérea y radicular de la planta.....	34
3.7.2. Análisis final del suelo	34
3.8. Tratamiento en estudio.....	34
3.9. Diseño experimental.....	35
3.9.1. Esquema de análisis estadístico (ANVA)	35
3.9.2. Modelo estadístico.....	36
3.9.3. Disposición experimental.....	37
3.9.3.1. Dimensiones	37
3.9.3.2. Tratamientos.....	37
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1. Altura.....	38
4.2. Diámetro.....	40
4.3. Materia fresca	42
4.3.1. Peso fresco de la parte aérea.....	42
4.3.1. Peso fresco de la raíz	45
4.4. Materia seca.....	45

4.4.1. Peso seco de la parte aérea.....	47
4.4.2. Peso seco de la raíz.....	49
4.5. Evaluación de las propiedades físicas y químicas del suelo.....	51
4.5.1. Propiedades físicas del suelo.....	51
4.5.1.1. Textura del suelo.....	51
4.5.2. Propiedades químicas del suelo.....	52
4.5.2.1. pH del suelo.....	52
4.5.2.2. Materia orgánica y nitrógeno.....	53
4.5.2.3. Fósforo.....	54
4.5.2.4. Potasio.....	55
4.5.2.5. Capacidad de intercambio catiónico.....	56
V. CONCLUSIONES.....	58
VI. RECOMENDACIONES.....	60
VII. ASBTRACT.....	61
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Clasificación taxonómica	4
2. Niveles de pH	18
3. Niveles de materia orgánica	21
4. Niveles de nitrógeno del suelo.....	22
5. Niveles de fósforo del suelo.....	24
6. Niveles de potasio del suelo.....	25
7. Niveles de capacidad de intercambio catiónico para un pH mayor de 5.5	27
8. Descripción de los tratamientos de estudio	35
9. Esquema del análisis estadístico (ANVA)	35
10. Análisis de varianza en altura de la planta a los cuatro meses en fase vivero.....	38
11. Prueba de Duncan con $\alpha=0.05$ promedio de altura de la planta de cacao en los cuatro meses de evaluación.....	39
12. Análisis de varianza en diámetro de la planta a los cuatro meses en fase vivero.....	40
13. Prueba de Duncan con $\alpha=0.05$ promedio en diámetro de la planta de cacao en los cuatro meses de evaluación	41
14. Análisis de varianza en peso fresco del tallo a los cuatro meses en fase de vivero.....	42
15. Prueba de Duncan con $\alpha=0.05$ en peso fresco del tallo a los cuatro meses de evaluación.....	44

16.	Análisis de varianza en peso fresco de la raíz a los cuatros meses en fase de vivero	45
17.	Prueba de Duncan con $\alpha=0.05$ en peso fresco de la raíz a los cuatro meses de evaluación.....	46
18.	Análisis de varianza en peso seco del tallo a los cuatros meses en fase de vivero	48
19.	Prueba de Duncan con $\alpha=0.05$ en peso seco del tallo a los cuatro meses de evaluación.....	48
20.	Análisis de varianza en peso seco de la raíz a los cuatros meses en fase de vivero	49
21.	Prueba de Duncan con $\alpha=0.05$ en peso seco de la raíz a los cuatro meses de evaluación.....	50
22.	Textura al inicio y final del experimento.....	52
23.	pH al inicio y final del experimento	53
24.	Materia orgánica y nitrógeno al inicio y final del experimento.....	54
25.	Fósforo al inicio y final del experimento.....	55
26.	Potasio al inicio y final del experimento	56
27.	CIC al inicio y final del experimento.....	57
28.	Promedios de altura de planta de cacao a los cuatro meses	68
29.	Promedios de diámetro de planta de cacao a los cuatro meses	68
30.	Promedios de peso fresco de tallo a los cuatro meses	68
31.	Promedios de peso fresco de la raíz a los cuatro meses	69
32.	Promedios de peso seco del tallo a los cuatro meses.....	69
33.	Promedios de peso seco de la raíz a los cuatro meses	69
34.	Análisis del suelo.....	70

35.	Análisis del Bocashi.....	72
-----	---------------------------	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Promedio de altura de los plántones de cacao CCN51	40
2. Promedio de diámetro de los plántones de cacao CCN51	42
3. Promedio de peso fresco del tallo de los plántones de cacao CCN51	44
4. Promedio de peso fresco de la raíz de los plántones de cacao CCN51	46
5. Promedio de peso seco del tallo de los plántones de cacao CCN51.	48
6. Promedio de peso seco de la raíz de los plántones de cacao CCN51	52
7. Medición de altura de la planta de cacao en vivero.....	72
8. Medición de diámetro de la planta de cacao en vivero.....	72
9. Peso fresco de la planta de cacao.....	73
10. Peso seco de la planta de cacao.....	73
11. Croquis del campo experimental	74

RESUMEN

El presente trabajo de tesis, realizado en fundo "Huamancayo", ubicado en el caserío de Santa Rosa, distrito de Luyando, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco. Se estudió el efecto del bocashi en las propiedades del suelo y en el crecimiento del cacao (*Theobroma cacao L.*) fase vivero. Se empleó un diseño completamente al azar, aplicando 4 tratamientos con 3 repeticiones. Los tratamientos estaban con la proporción suelo: bocashi, resultando T₁ (1:1), T₂ (2:1), T₃ (3:1) y T₄ (Testigo). El mejor resultado en altura y diámetro en planta de cacao CCN51 lo obtuvo el T₁ con 35.98 cm y 0.74 cm respectivamente y el menor el T₄ con 27.20 y 0.60 cm respectivamente, el peso de materia fresca y seco del tallo y raíz los mayores resultados también lo obtuvo el T₁; asimismo el T₄ presentó los menores resultados, respecto a los análisis físico la textura no cambió, en los análisis químicos, el pH de mayor contenido lo obtuvo el T₁ y T₂ con 7.40 respectivamente, en materia orgánica y nitrógeno el mayor contenido lo obtuvo el T₁ con 5.56% y 0.25% respectivamente y el menor el T₄ con 1.95% y 0.09% respectivamente, en fósforo y potasio mayor contenido lo obtuvo el T₁ con 15.83 ppm y 364.56 k₂O respectivamente y el menor el T₄ con 10.73% y 257.32 k₂O respectivamente, en la CIC el mayor contenido lo obtuvo el T₁ con 12.03 Cmol(+)/kg y el menor el T₄ con 9.75 Cmol(+)/kg.

I. INTRODUCCIÓN

Como consecuencia del mal uso del bosque y suelo, se ha venido perdiendo la capacidad de protección, conservación y producción de cultivos integrales.

Técnicamente el cacao es un cultivo de fácil manejo y constituye una alternativa de diversificación importante, por las condiciones agroclimáticas favorables y por la expectativa que los pobladores tienen para establecer plantaciones que resuelvan su precaria economía, razones por la cual resulta de suma importancia promover la instalación de plantaciones de cacao en sistemas agroforestales como una alternativa de diversificación de la producción agropecuaria (ICT, 2004).

En la actualidad, la agricultura se orienta particularmente a la producción orgánica, el uso del bocashi en varios cultivos demuestran su efectividad como biofertilizante y biocontrolador de patógenos, el bocashi contribuye a una agricultura sostenible y un ambiente más saludable, entre los beneficios que brinda el bocashi se tiene bajo costo de producción, mejorando así las propiedades físicas y químicas (fertilidad) de los suelos (CORCUERA, 2001).

En el presente trabajo se resolvió la interrogante ¿el bocashi más suelo en relación (1:1), (2:1) y (3:1) tendrán el mismo efecto en la producción de plántones de cacao?, por lo cual tenemos los siguientes objetivos.

Objetivo General

- Evaluar el efecto del bocashi en las propiedades del suelo y en el crecimiento de plántones de cacao CCN-51 (*Theobroma cacao L.*) en el caserío de Santa Rosa - Naranjillo.

Objetivos Específicos

- Evaluar las propiedades físicas (textura) y químicas (pH, M.O, N, P, K y CIC) del suelo.
- Evaluar el efecto de bocashi a diferentes concentraciones en los parámetros, altura, diámetro, peso fresco y peso seco de las plantas de cacao CCN51 (*Theobroma cacao L.*).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades sobre el cacao

El cultivo de cacao es un típico cultivo perenne y pertenece a la familia Sterculiaceae cuya principal característica es que sus miembros producen flores y frutas en el tallo y ramas. Es además, un cultivo que crece y produce en forma adecuada cuando está protegido por la sombra de árboles de otras especies.

Para que el cacao represente un buen negocio para el agricultor, una plantación debe producir entre el quinto o sexto año de establecida, más de 1 000 kg de grano seco por hectárea.

Para lograrlo, no es suficiente que el cultivo se establezca en zonas con condiciones apropiadas de clima y suelo, o sembrar semilla certificada de buena calidad; se requiere también, aplicar en forma oportuna una serie de prácticas sencillas y fáciles de ejecutar, que van a asegurar larga vida de la plantación y producciones rentables (GOMEZ, 1967).

Cuadro 1. Clasificación Taxonómica

REINO	Plantae
DIVISIÓN	Angiospermae
CLASE	Dicotyledoneae
SUB-CLASE	Archychlamedeae
ORDEN	Malvales
SUB-ORDEN	Malvinae
FAMILIA	Sterculiaceae
TRIBU	Bythnerieae
GENERO	Theobroma
ESPECIE	<i>Theobroma cacao</i> L.

Fuente: ENRIQUEZ (1985).

2.2. Condiciones edafoclimáticas para el cultivo del cacao

El crecimiento, desarrollo y la buena producción del cacao están estrechamente relacionados con las condiciones medioambientales de la zona donde se cultiva. Es por ello que los factores climáticos influyen en la producción de una plantación; por lo tanto, las condiciones térmicas y de humedad deben ser satisfactorias para el cultivo por ser una planta perenne y que su periodo vegetativo como la época de floración, brotamiento y cosecha está regulado por el clima, cuya relación del transcurso climático y el periodo vegetativo nos permite establecer los calendarios agroclimáticos.

Las interacciones que existen entre la planta y el medio ambiente son difíciles de entender para mejorar el medio en que crece el cacao. Como un cultivo de trópico húmedo, el cacao es comercialmente cultivado entre las latitudes 15° N y 15° S del Ecuador. Excepcionalmente se encuentran en las latitudes subtropicales a 23° N y 25° S (ICT, 2004).

Cuando se define un clima apropiado para el cultivo de cacao generalmente se hace referencia a la temperatura y la precipitación (lluvia), considerados como los factores críticos del crecimiento. Así mismo, el viento, la radiación solar y la humedad relativa afectan muchos procesos fisiológicos de la planta (MORE, 2002).

2.2.1. Precipitación

El cacao es una planta que necesita un adecuado suministro de agua para efectuar sus procesos metabólicos. En términos generales, la lluvia es el factor climático que más variaciones presenta durante el año. Su distribución varía notablemente de una a otra región y es el factor que determina las diferencias en el manejo del cultivo. La precipitación óptima para el cacao fluctúa de 1 600 a 2 500 mm. Distribuidos durante todo el año. Precipitaciones que excedan los 2 600 mm. Pueden afectar la producción del cultivo de cacao (REUTER, 2006).

2.2.2. Temperatura

La temperatura es un factor de mucha importancia debido a su relación con el desarrollo, floración y fructificación del cultivo de cacao. La

temperatura media anual debe ser alrededor de los 25 °C. El efecto de temperaturas bajas se manifiesta en la velocidad de crecimiento vegetativo, desarrollo de fruto y en grado en la intensidad de floración (menor intensidad), así mismo, controla la actividad de las raíces y de los brotes de la planta. La temperatura para el cultivo de cacao debe estar entre los valores siguientes:

- Mínima de 23 °C
- Máxima de 32 °C
- Optima de 25 °C

Las temperaturas extremas definen los límites de altitud y latitud para el cultivo de cacao. La absorción del agua y de los nutrientes por las raíces de la planta del cacao está regulada por la temperatura. Un aspecto a considerar es que a temperaturas menores de 15 °C la actividad de las raíces disminuye; temperaturas muy elevadas pueden afectar las raíces superficiales de la planta del cacao limitando su capacidad de absorción, por lo que se recomienda proteger el suelo con la hojarasca existente. Del mismo modo, la rápida descomposición de la materia orgánica en el suelo a través de la oxidación y en presencia de la humedad está determinada por la temperatura (CRESPO, 1997).

2.2.3. Viento

Es el factor que determina la velocidad de evapotranspiración del agua en la superficie del suelo y de la planta. En las plantaciones expuestas continuamente a vientos fuertes se produce la defoliación o caída prematura de

hojas. En plantaciones donde la velocidad del viento es del orden de 4 m/seg y con muy poca sombra, es frecuente observar defoliaciones fuertes, comparativamente, en regiones con velocidades de viento del 1 a 2 m/seg no se observa dicho problema (BERTONI, 1980).

2.2.4. Altitud

El cacao crece mejor en las zonas tropicales cultivándose desde el nivel del mar hasta los 800 metros de altitud. Sin embargo, en latitudes cercanas al ecuador las plantaciones desarrollan normalmente en mayores altitudes que van del orden de los 1 000 a 1 400 msnm. La altitud no es un factor determinante como lo son los factores climáticos y edafológicos en una plantación de cacao. Observándose valores normales de fertilidad, temperatura, humedad, precipitación, viento y energía solar, la altitud constituye un factor secundario (ICT, 2004).

2.2.5. Luminosidad

La luz es otro de los factores ambientales de importancia para el desarrollo del cacao especialmente para la fotosíntesis, la cual ocurre a baja intensidad aún cuando la planta este a plena exposición solar. En la etapa de establecimiento del cultivo de cacao es recomendable la siembra de otras plantas para hacer sombra, debido a que las plantaciones jóvenes de cacao son afectadas por la acción directa de los rayos solares. Para plantaciones ya establecidas, se considera que una intensidad lumínica menor del 50% del total

de luz limita los rendimientos, mientras que una intensidad superior al 50% del total de luz los aumenta (BERTONI, 1980).

2.3. Requerimiento de suelos para el cultivo del cacao

El crecimiento y la buena producción del cultivo de cacao no solo dependen de la existencia de las buenas condiciones físicas y químicas en los primeros 30 cm de profundidad del suelo, donde se encuentra el mayor porcentaje de raíces fisiológicamente activas encargadas de la absorción de agua y nutrientes; sino también de las buenas condiciones físicas y químicas de los horizontes o capas inferiores del suelo que permitan una buena fijación de la planta y un crecimiento sin restricciones de la raíz principal que puede alcanzar hasta los 1.5 metros de profundidad si las condiciones del suelo lo permiten. Los suelos más apropiados para el cacao son los aluviales, los francos y los profundos con subsuelo permeable. Los suelos arenosos son poco recomendables porque no permite la retención de humedad mínima que satisfaga la necesidad de agua de la planta. Los suelos de color negrozco son generalmente los mejores puesto que están menos lixiviados (NAVARRO, 2003).

2.3.1. Suelo

Los suelos más apropiados para el cultivo de cacao son los aluviales profundos y fértiles, se adaptan a suelos de textura Arcillo - Arenoso, Arena - Arcilloso (CRESPO, 1976).

2.3.2. Drenaje

Está determinado por las condiciones climáticas del lugar, la topografía, la susceptibilidad del área a sufrir inundación y la capacidad intrínseca del suelo para mantener una adecuada retención de humedad y disponer de una adecuada aireación. Existen problemas de drenaje interno por disposición de texturas en el perfil del suelo. Cuando hay texturas arcillosas en el subsuelo, estas no permiten el rápido movimiento del agua originando procesos de óxido reducción que ocasionan la aparición de moteaduras (CRESPO, 1997).

2.3.3. pH del suelo

El cacao se desarrolla eficientemente cuando el pH se encuentra en el rango de 6.0 a 6.5, permitiendo obtener buenos rendimientos. Sin embargo, también se adapta a rangos extremos desde los muy ácidos hasta los muy alcalinos cuyos valores oscilan de pH 4.5 hasta el pH de 8.5, con una producción decadente o muy deficiente, en estos suelos se debe aplicar correctivos (POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE, 1988).

2.3.4. Materia orgánica

La materia orgánica es uno de los elementos que favorece la nutrición del suelo y a través de ésta a la planta. Su contenido en el suelo influye en las condiciones físicas y biológicas de la plantación. Así mismo, favorece la estructura del suelo posibilitando que éste se desmenuce con facilidad, evita la desintegración de los gránulos del suelo por efecto de las

lluvias. Otro factor importante de la materia orgánica es que constituye el alimento del microorganismos del suelo que participan en forma activa en la formación y desarrollo del suelo (REUTER, 2006).

Producto de la descomposición de la materia orgánica en el suelo se obtiene el humus que constituye un depósito de calcio, magnesio y potasio; el contenido de materia orgánica no debe ser menor del 3% para el cultivo de cacao (ARCA, 2000).

2.3.5. Topografía

Es otro elemento importante para el establecimiento de plantaciones de cacao, ya que una topografía accidentada impide la mecanización y la aplicación de técnicas modernas, además que estas zonas están sujetas a la erosión constante por efecto de las lluvias lo cual constituye un problema serio que ocasiona la pérdida de la capa arable del suelo. Con la finalidad de evitar que esto ocurra se deben realizar prácticas de conservación de suelos, como barreras vivas, barreras muertas, siembra a curvas a nivel, coberturas vegetales, etc.

Por lo general, en pendientes mayores al 15% las actividades agrícolas se realizan manualmente; en tanto que en pendientes menores se puede hacer uso de maquinarias y la aplicación de tecnologías moderna. Se ha podido observar que la incidencia de la moniliasis es menor en terrenos con pendientes menores al 15% (ICT, 2004).

2.4. Siembra en el vivero

Cuando el cacao es fresco, es decir se abren las mazorcas ese momento, las semillas tienen el mucílago, lo que dificulta la identificación de la raicilla. Por esta razón algunos proveedores de semillas las lavan y las empacan en bolsas plásticas con agujeros en un medio de arena o aserrín de madera blanca. A los pocos días de sacadas de las mazorcas, las semillas emiten una radícula, que debe tratarse cuidadosamente.

En este caso la semilla se debe depositar con la raicilla hacia abajo, procurando no lastimarla. Si no se puede distinguir la radícula o la raicilla, debido a que los extremos son aparentemente iguales, las semillas deben colocarse horizontalmente, cubriéndolas luego con aserrín.

En el vivero las semillas se siembran en tres formas: en cajas de germinación, en eras o semilleros y en macetas directamente (BRAUDEAU, 1981).

2.4.1. Crecimiento de la planta de cacao

Desde que germina una semilla, conforme pasa el tiempo, la planta va creciendo, sus células se dividen y multiplican y luego se alargan, paralelamente al aumento en tamaño y número, las células sufren modificaciones en la estructura de su protoplasma, en el que aparecen organillos especializados en funciones determinadas, y al fin toda la célula

aparece con una serie de estructuras cuya forma está en relación con su función.

2.4.2. Crecimiento de las raíces del cacao

Luego de la germinación de la semilla, el cálculo y la radícula del cacao guardan una perfecta proporcionalidad, tanto en su crecimiento en altura y profundidad. Después de veinte días de germinada, el tallo tiene el mismo tamaño que la raíz principal. Pasados setenta días después de la germinación época en que se verifican que quedan dos cotiledones, la relación entre la altura del tallo y la profundidad de la raíz continúa constante.

En este período las radículas laterales se distribuyen por toda la superficie de la raíz principal, presentándose bien ramificadas en toda su extensión.

A medida que el tallo crece, la raíz también crece con la misma intensidad hasta el cuarto mes de vida, cuando el tallo toma la delantera sobre la raíz principal (BAUTISTA, 1980).

2.5. Bocashi

Es una palabra japonesa que significa materia orgánica fermentada una traducción de esta palabra al español, es un abono orgánico fermentado; el objetivo principal del bocashi es activar y aumentar la cantidad de microorganismos benéficos del suelo, pero también se persigue nutrir el cultivo

y suplir alimentos (materia orgánica) para los organismos del suelo. El sustrato liberado de microorganismos benéficos asegura la fermentación rápida y una mayor actividad de estos organismos benéficos, elimina los organismos patógenos gracias a una combinación de la fermentación alcohólica con una T° entre 40 – 55 C° (MASAKI *et al.*, 2000).

El bocashi es un abono orgánico resultado de la descomposición y transformación de materia vegetativa y animal como, cascarilla de arroz, tierra cernida, gallinaza o estiércol, carbón vegetal, pulido de arroz, tierra negra, cal o ceniza, melaza o piloncillo y levadura de pan (RODRIGUEZ y PANIAGUA. 1994).

2.5.1. Ventajas al usar bocashi

- Se obtiene de forma rápida el producto final con respecto a otros abonos. Es favorable con las plantas y causa menos daño que el uso directo del abono.
- Contribuye a mejorar el suelo activando microorganismos.
- Puede ser hecho fácilmente por cualquier persona, en la cantidad necesaria y que utiliza el material que está disponible en la zona.
- Constituye una fuente de nutrientes para las plantas.

- Aumenta el contenido de la materia orgánica en el suelo. Mejorando la retención de agua, mejor trabajabilidad del suelo, y aumento de la resistencia frente a la erosión.
- Representa una alternativa más económica que el uso de otros abonos (MAU, 2006).

2.5.2. Materiales que se emplean para su elaboración

No existe una receta exclusiva o fórmula única para su elaboración, la composición de este abono se ajustara a las condiciones y materiales existentes en las comunidades.

- Suelo o tierra: Este es el ingrediente que nunca debe faltar en la formulación de este abono orgánico, provee los microorganismos necesarios para la transformación de los materiales en abono.
- Gallinaza, estiércol de ganado: son las fuentes principales de nutrientes como el: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y micronutrientes.
- Ceniza: proveen altas cantidades de potasio, esta puede ser obtenida de los fogones o estufas caseras que funcionan con leña.
- Cal: Se emplea como enmienda para neutralizar la acidez de los estiércoles y materiales verdes que se emplean y constituye una fuente de Calcio y magnesio.

- **Melaza:** sirven como fuente de energía para los microorganismos, quienes se encargan de descomponer los materiales orgánicos. Además proveen cierta cantidad de boro, calcio y otros nutrientes.
- **Desechos vegetales:** constituyen una fuente rica de nutrientes y alimento de los microorganismos. Son diversas las fuentes que se podrían emplear como materia prima entre ellas están: (repollo, zanahoria, lechuga, plátano).
- **Suero o ácido láctico:** es un derivado de la leche, es un fuerte esterilizante y supresor de microorganismos nocivos. Además posee propiedades hormonales y fungistáticas, es buen descomponedor de materia orgánica.
- **Levadura:** producen sustancias bioactivas tales como hormonas y enzimas que promueven la división celular y la división de las raíces.
- **Carbón:** contribuye a mejorar las características físicas del suelo como la aireación, absorción de calor y humedad. Actúa como una esponja reteniendo, filtrando y liberando poco a poco los nutrientes.
- **Agua:** favorece en la creación de condiciones óptimas para el desarrollo de la actividad y reproducción de los microorganismos durante la fermentación.

- El exceso de humedad al igual que la falta de esta, afecta la obtención de un abono de buena calidad (FUNEZ *et al.*, 2004).

2.6. Propiedades físicas del suelo

Las propiedades físicas de los suelos textura/estructura, densidad, porosidad, consistencia, temperatura y color son factores dominantes que afectan su uso. Estas propiedades determinan la disponibilidad de oxígeno y la movilidad del agua a través del suelo (ROY *et al.*, 1987).

2.6.1. Textura del suelo

La textura es una importante característica del suelo ya que determina la capacidad de absorción y de almacenamiento del agua, la facilidad de cultivarlo, la cantidad de aire (vital para el desarrollo radicular), e influenciará la fertilidad. El suelo de arena gruesa tiene una buena aireación para un buen desarrollo radicular y se puede humedecer fácilmente (ROY, *et al.*, 1987).

Por otra parte, la textura del suelo nos puede ayudar a determinar que las propiedades físicas son más difíciles de corregir que las propiedades químicas, de ahí su interés desde el punto de vista de la fertilidad de un suelo (BAZÁN *et al.*, 2000).

2.7. Propiedades químicas del suelo

Las propiedades químicas son estudiadas a fin de mejorar la disponibilidad de los nutrientes para las plantas, evitar toxicidades de elementos y utilizar la población microbiana para mejorar la condición física del suelo (ROY *et al.*, 1987).

2.7.1. El pH del suelo

El pH influye en el suelo en varios aspectos, pero lo más significativo se refiere a la disponibilidad de nutrientes que se encuentra en el suelo (ARVILDO 2009).

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 sea ácido o neutro.

La escala del pH va desde valores de 0 a 14, pero en los suelos se han encontrado valores entre 3.5 y 10. Los suelos con pH inferiores a 4.5 presentan óxidos de hierro, aluminio y otros óxidos metálicos; en el Cuadro 2, se observan los niveles de pH en los suelos propuesto por (AREVALO. 2002; JACKSON. 1982 y ZAVALETA. 1992)

Cuadro 2. Niveles de pH

NIVELES DE pH DEL SUELO	
DESCRIPCION	RANGO
Extremadamente ácido	Menor de 4.5
Fuertemente ácido	4.6 – 5.4
Moderadamente ácido	5.5 – 6.5
Neutro	6.6 – 7.3
Moderadamente alcalino	7.4 – 8.5
Fuertemente alcalino	Mayor de 8.5

Fuente: JACKSON (1982).

El pH óptimo para el desarrollo de las plantas está dado entre los valores de pH de 6.5 y 7.5; pH mayores o menores a este rango traerán consigo problemas por toxicidad. Los que presentan pH menores o igual a 5.0, indican que tienen deficiencia en elementos como: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ o como también pueden tener efectos que estén volviendo tóxico al suelo como: Zn^{2+} , Al^{3+} , Ni^{2+} , etc.

2.7.2. Materia orgánica del suelo

La materia orgánica contribuye al crecimiento vegetal mediante sus efectos en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, presenta las siguientes funciones:

- Biológica, ya que afecta profundamente las actividades de organismos de microflora y microfauna.

- Física y físico - química 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 CIC de la materia orgánica y de los silicatos laminares se incrementa conforme se incrementa el pH, pero la CIC de la materia orgánica del suelo se incrementa más rápido con el pH que la de los silicatos laminares.

Entre los procesos químicos de más importancia, se mencionan los siguientes:

- El suministro de elementos nutritivos por la mineralización; en particular, la liberación de nitrógeno, fósforo, azufre y micronutrientes disponible para las plantas (CEPEDA, 1991).
- La materia orgánica del suelo amortigua el pH del suelo en los límites entre ligeramente ácido, neutro y alcalino; causado por la adición de enmiendas y/o fertilizantes, además sirve como depósito de elementos químicos para el desarrollo de las plantas. La descomposición de la materia orgánica produce CO_2 , NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} y es fuente de elementos nutritivos para el crecimiento de las plantas, además incrementa la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo. La materia orgánica acelera la

formación de tejidos radiculares por acción del ácido indol – acético y giberélico.

- Contribuye a la productividad del suelo y actúa como depósito de nutrientes. Reduce los efectos de compactación, contribuye a mejorar la estructura del suelo y aumenta la tasa de infiltración de agua y la tolerancia a los efectos nocivos de los herbicidas y otros biocidas, además es fuente de energía y nutrientes para los microorganismos del suelo (CEPEDA, 1991).

La materia orgánica contribuye no solo al crecimiento vegetal sino, que es fuente de energía y carbono de toda la microflora presente en los suelos, entendiendo que son ellos los responsables del proceso de mineralización es necesario conocer que para desarrollar este proceso necesitan de ciertos nutrientes tales como el carbono y nitrógeno (GOMERO, 1999).

2.7.2.1. Composición de la materia orgánica del suelo

La materia orgánica del suelo es una sustancia muy compleja, de naturaleza variable y de origen diverso. Contienen un número variable de materiales cuyos porcentajes varían de acuerdo a la clase de residuos de plantas o animales y de su estado de descomposición. Como materiales son:

- Carbohidratos, que incluyen azúcares, almidones, celulosa, que contribuyen del 1 al 28% de la materia orgánica y

minerales como calcio, fósforo, azufre, hierro, magnesio y potasio (CEPEDA, 1991).

Cuadro 3. Niveles de la materia orgánica

Niveles de Materia Orgánica	
Nivel	Contenido (%)
Bajo o pobre	menos de 2
Medio	2 – 4
Alto o rico	mayor de 4

Fuente: JACKSON (1982).

2.7.3. Nitrógeno del suelo

El nitrógeno es uno de los elementos principales para la vida. Es esencial para la vida de las plantas porque 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, ésta forma de nitrógeno no puede usarse por los animales ni por la mayoría de las plantas en la fabricación de aminoácidos y proteínas esenciales (GOMERO, 1999).

El nitrógeno se encuentra en distintas formas en el suelo, aunque es absorbido por las plantas y microorganismos como nitrato (NO_3^-) o amonio (NH_4^+), puede encontrarse en muy diversos estados de oxidación y reducción, entre las ganancias de nitrógeno en el suelo se pueden considerar las fijaciones los abonos de origen orgánico (estiércoles) y los residuos de

cosecha, las pérdidas de nitrógeno más significativas son: la extracción por los cultivos, lixiviación, volatilización, desnitrificación y fijación de amonio (NAVARRO, 2003).

Un aspecto muy importante con respecto al comportamiento del nitrógeno en el suelo, es su relación con el pH, cuando del amonio pasa a nitrato (nitrificación), se liberan iones H^+ lo que genera acidez en el suelo, por esta razón, la mineralización de la materia orgánica y el suministro de fuentes de nitrógeno amoniacales, incrementa la acidez, si la planta no absorbe el amonio directamente (ZAVALETA, 1992).

Cuadro 4. Niveles de contenido de nitrógeno

Niveles de contenido total de Nitrógeno	
Nivel	Nitrógeno (%)
Bajo	menos de 0.1
Medio	0.1 – 0.2
Alto	Mayor de 0.2

Fuente: JACKSON (1982).

2.7.4. 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 generalmente no se encuentra 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 (ARVILDO, 2009).

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.

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 transformarse primero en esas formas químicas antes de ser utilizado por el cultivo (GOMERO, 1999).

El fósforo, luego del nitrógeno, es el macronutriente que en mayor medida limita el rendimiento de los cultivos. Interviene en numerosos procesos bioquímicos a nivel celular y se lo considera un nutriente esencial para las plantas.

La única entrada de este elemento al sistema proviene del agregado de fertilizantes fosfatados, mientras que las salidas pueden por extracción en los granos cosechados, erosión, escurrimiento, lixiviación (de escasa importancia) (NAVARRO, 2003).

Cuadro 5. Niveles del fósforo

Niveles de contenido total de Fósforo	
Nivel	Fósforo (ppm)
Muy bajo	menos de 5
Bajo	5.1 – 15
Normal	15.1 – 30
Alto	30.1 – 40

Fuente: JACKSON (1982).

2.7.5. 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.

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 6. Niveles de contenido de potasio

Niveles de contenido total de Potasio	
Nivel	Potasio K ₂ O/ha (ppm)
Muy bajo	menos de 300
Bajo	300 – 600
Normal	Más de 600

Fuente: JACKSON (1982).

2.7.6. 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 Ca²⁺ y Mg²⁺ intercambiable son removidos por las plantas y es factible de lavarse, este pool es repuesto a partir del Ca²⁺ y Mg²⁺ mineral por la meteorización de los minerales como dolomita, hornablenda y serpentina (ARVILDO, 2009)

Algunos suelos también proveen al contenido de Ca²⁺ y Mg²⁺ intercambiable a partir del Ca²⁺ y Mg²⁺ que se encuentra en las interlamina de ciertas arcillas de tipo 2:1 (Ca²⁺ y Mg²⁺ lentamente disponible).

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).

2.7.7. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Los cationes de mayor importancia con relación al crecimiento de las plantas son el calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), potasio (K^+), amonio (NH_4^+), sodio (Na^+) e hidrógeno (H^+). Los primeros cuatro son nutrientes y se encuentran involucrados directamente con el crecimiento de las plantas. El sodio y el hidrógeno tienen un pronunciado efecto en la disponibilidad de los nutrientes y la humedad. En los suelos ácidos, una gran parte de los cationes son hidrógeno y aluminio en diversas formas (ARVILDO, 2009).

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^{2+} y el Mg^{2+} , con más energía que el K^+ esta característica pueden 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 (GOMERO, 1999).

Cuadro 7. Niveles de capacidad de intercambio catiónico para un pH mayor de 5.5

Niveles de CIC	
Nivel	CIC (meq/100 g de suelo)
Bajo	menos de 12
Medio	12 – 20
Alto	mayor de 20

Fuente: JACKSON (1982).

2.8. Ensayos experimentales

La investigación llevada a cabo en Costa Rica por MORENO (2002) muestra, que el uso del bocashi en diferente relación en el cultivo de plátano en vivero aumenta el crecimiento de altura, diámetro, peso fresco, peso seco, número de hojas. Asimismo los contenidos de nutrientes en la etapa final del vivero incrementaron su disponibilidad en comparación del sustrato inicial; esto se debe a que el bocashi es un abono orgánico y que con el tiempo va liberando mayor cantidad de nutrientes (SIEVERDING, 1991).

En los resultados de los análisis químicos de los tratamientos se noto que a medida que incrementa el contenido de bocashi, aumenta la disponibilidad de nutrientes N, P, K, Mg, Ca (SIEVERDING, 1991).

GOMEZ, (2001) en un estudio realizado sobre el efecto de bocashi en semilleros de tomate en Costa Rica en diferente relación menciona que la

relación de bocashi mas tierra quemada en diferente relaciones, dieron mejores resultados tanto en crecimiento de las raíces de la planta, germinación y brotación.

Según TAKAHASHI (1991) el etileno liberado por el abono orgánico tipo bocashi influye en el crecimiento de las raíces de la planta. Además, WEAVER (1989) reportó algunas funciones del etileno en las cuales resalta el papel de este como una hormona que logra estimular la germinación y crecimiento, esto lo atribuye a la activación de las giberelinas dentro del endosperma de las semillas.

Es importante mencionar que el bocashi contiene gran cantidad de sustancias como vitaminas, enzimas, hormonas, entre otras, las cuales pueden ser utilizadas por las semillas y posteriormente por las plántulas como estimuladoras del crecimiento (TABORA, 1999).

ROMERO, *et al.*, (2000). Evaluaron sobre el efecto del abono orgánico tipo bocashi llevado a cabo en Costa Rica sobre la altura, el vigor y producción de materia seca en un almacigo orgánico de café, donde tubo efecto el abono orgánico tipo bocashi, en la relación bocashi – suelo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Campo experimental

3.1.1. Ubicación

El presente trabajo experimental se llevó a cabo en el fundo “Huamancayo” del señor Leonardo Huamancayo Quispe, ubicado en el caserío de Santa Rosa, distrito de Luyando, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco. Las coordenadas UTM en el centro del campo experimental se determinaron con equipo GPS siendo N 8981582 y E 390840 a 665 mnsnm.

Según la temperatura media de la zona y la precipitación anual acumulada, la zona de vida correspondería a un bosque muy húmedo premontano tropical (Holdridge, 1976 citado por ARAUJO, 2005), con temperatura media anual de 25 °C, humedad relativa promedio de 80 – 90% y una precipitación pluvial anual de 3000 mm.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales de campo

- Wincha
- Libreta de campo
- Bolsas de plástico (30 x 15 cm)

- Machete
- Regadera
- Pala recta
- Alambre
- Alicata
- Bambú
- Hojas de palmera o yarina

3.2.2. Equipos de campo

- Cámara fotográfica
- GPS

3.2.3. Equipos de laboratorio

- Estufa
- Balanza analítica

3.3. Componentes en estudio

3.3.1. Material vegetativo

- Semillas de cacao CCN51

3.3.2. Sustrato a utilizar

- Suelo agrícola
- Bocashi

3.4. Historia del campo

El área donde se realizó la investigación fue en el fundo Huamancayo. En el año 1985 una parte del área del fundo estaba abandonada y luego en el año 1990 se inicio la preparación del terreno para posteriormente instalar el cultivo de naranja.

El experimento se instaló a partir del mes del 01 de junio del 2010, terminándose las últimas evaluaciones de campo el día 20 de octubre del mismo año.

3.5. Condiciones del campo experimental

El suelo donde se instaló el experimento es de origen y de topografía plana, el análisis de suelo agrícola (testigo) y bocashi, fue realizado en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva,

3.6. Fases de la ejecución en la investigación

3.6.1. Fase en vivero

3.6.1.1. Construcción del vivero

Se realizó el nivelado de terreno y trazado de la cama para las bolsas que contienen las semillas de cacao con una medida de 4.0 m de largo por 2.0 m de ancho, luego se empleó cuatro bambús delgados con una altura de 1.80 m. colocando como techo hojas de palmeras propias del lugar.

3.6.1.2. Extracción y muestreo del suelo para el vivero

Se utilizó muestras superficiales (0 – 20 cm) de profundidad de un suelo agrícola (cultivo de plátano) y fueron llevados en costales al vivero para su respectivo proceso de llenado. Luego se sacó una muestra de suelo y se llevó al laboratorio de la Facultad de Agronomía para su respectiva, tamizado y análisis de suelo.

3.6.1.3. Llenado de bolsas y dosis del material

Una vez construido el vivero y obtenido el suelo agrícola con el bocashi se procedió al llenado de las bolsas de plástico (30 cm x 10 cm), luego se agregó los tratamientos relación de suelo agrícola y bocashi (1:1), suelo agrícola y bocashi (2:1), suelo agrícola y bocashi (3:1), suelo agrícola (testigo) y sus respectivas repeticiones.

3.6.1.4. Obtención de semilla y siembra

Para las semillas de cacao variedad CCN-51, se eligió las mazorcas maduras y bien constituidas, ubicadas en el tercio superior del tronco donde se encuentran las semillas más grandes. Después de extraídas las semillas de las mazorcas y eliminado el mucílago a través de la frotación con aserrín, se puso a orearlas bajo sombra durante 8 horas. Transcurrido este tiempo se desinfectó con ceniza y quedando aptos para ser sembrado. Para la siembra se colocó una semilla por bolsa haciendo un total de 120 semillas a utilizar.

3.7. Observaciones a registrar

3.7.1. Proceso de evaluación

3.7.1.1. Determinación de altura de la planta

Se evaluó la altura desde el suelo hasta el ápice de la planta utilizándose una cinta métrica, la evaluación fue iniciada el 20 de julio y culminó el 20 octubre del 2010, realizándose 4 evaluaciones.

3.7.1.2. Determinación de diámetro de la planta

Se evaluó el diámetro, se midió en la base del tallo (cuello de la planta) con la utilización de un vernier mecánico. La evaluación del diámetro fue iniciada el 20 de julio y culminó el 20 octubre del 2010, realizándose 4 evaluaciones.

3.7.1.3. Determinación del peso fresco de la parte aérea y radicular de la planta

Se determinó el peso fresco de la parte aérea y radicular de la planta, en primer lugar se lavó con agua de caño, para eliminar algún material adherido a la muestra evaluando dos plantas por tratamiento en una balanza analítica se procedió al pesado de la parte aérea como radicular de cada tratamiento. Esta evaluación fue iniciada el 20 de julio y culminó el 20 octubre del 2010, realizándose 4 evaluaciones.

3.7.1.4. Determinación del peso seco de la parte aérea y radicular de la planta

Se determinó el peso seco de la parte aérea y radicular de la planta, en primer lugar se lavó con agua de caño, para eliminar algún material adherido a la muestra evaluando dos plantas por tratamiento. Las muestras limpias se colocaron a la estufa a una temperatura de 65 °C, durante 48 horas (ALBITRES, 1981) hasta obtener peso constante que luego fueron pesados en una balanza analítica. Semejante método se empleó para las raíces. Esta evaluación fue iniciada el 20 de julio y culminó el 20 octubre del 2010, realizándose 4 evaluaciones.

3.7.2. Análisis final de suelos

Este análisis se realizó el 23 de diciembre del 2010, las muestras fueron secadas y llevadas al laboratorio de la Universidad Nacional Agraria de la Selva de la Facultad de Agronomía. En estas muestras, se analizó y se determinó el pH, N, P, K, C.I.C. y M.O. por cada tratamiento y sus repeticiones respectivas.

3.8. Tratamiento en estudio

Se realizó 4 tratamientos con 30 plantas/repeticiones y su respectivo testigo, haciendo un total de 120 plantas.

- T1: Sustratos, suelo agrícola más bocashi relación (1:1)
- T2: Sustratos, suelo agrícola más bocashi relación (2:1)

- T3: Sustratos, suelo agrícola más bocashi relación (3:1)
- T4: Testigo

Cuadro 8. Descripción de los tratamientos en estudio

Tratamiento	Relación	Sustrato
T1	(1:1)	suelo agrícola + bocashi
T2	(2:1)	suelo agrícola + bocashi
T3	(3:1)	suelo agrícola + bocashi
T4	(Testigo)	Suelo agrícola

3.9. Diseño experimental

Se empleó un diseño completamente al azar (DCA), ya que este diseño se adecua para realizar experimentos en vivero, donde se tuvo 4 tratamientos y 3 repeticiones por tratamiento.

3.9.1. Esquema de análisis estadístico (ANVA)

Cuadro 9. Esquema de análisis estadístico (ANVA)

Fuentes de variabilidad	Grados libertad
Tratamiento	T-1
Error experimental	T(r-1)
Total	Tr - 1

3.9.2. Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij} \quad i= 1,2,\dots,t \quad j= 1,2,\dots,r_i$$

Donde:

- Y_{ij} = Valor observado en la j - ésimo observado bajo el i - ésimo tratamiento.
- μ = Media poblacional.
- T_i = Efecto del i - ésimo tratamiento, $i = 1, 2, 3, \dots, T$.
- E_{ij} = Error experimental, $J = 1, 2, 3, \dots, n$.
- T = Número de tratamientos de la investigación.
- r_i = Número de repeticiones de los tratamientos de la investigación.

3.9.3. Disposición experimental

3.9.3.1. Dimensiones

- Longitud de repetición : 3.00 m.
- Ancho de repetición : 0.24 m.
- Distancia del ancho de pasadizo : 0.60 m.
- Distancia entre tratamientos : 0.06 m.

3.9.3.2. Tratamientos

- Número de tratamientos por repetición : 4
- Número de repeticiones : 3

- **Número de semillas por repetición : 40**
- **Numero de semillas por tratamiento : 10**
- **Número total de semillas : 120**

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Altura

Del Cuadro 10, para la prueba realizada en el parámetro de altura de los plántones del cacao, con diferente relación de bocashi, presenta un 15.6105% de coeficiente de variación (CV), esto indica que los datos están en un rango de buena homogeneidad.

Cuadro 10. Análisis de varianza en altura de la planta a los cuatro meses en fase de vivero

F. V.	GL	SC	CM	Sig.
Tratamientos	3	564.211	188.07	**
Error Experimental	44	965.762	21.9491	
Total	47	1529.970		

El Cuadro 11 y Figura 1, muestran que el tratamiento T_1 con promedio en altura de 35.98 cm es el que superan en altura a T_2 y T_3 (29 cm y 28.46 cm), de acuerdo a la prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) expresa diferencias significativas estadística de comportamiento entre ellas; esto quiere decir que el T_1 con promedio en altura de 35.98 cm presenta el mayor valor en altura de los plántones de cacao CCN51, indicando que la relación de bocashi (1:1) es la adecuada y el menor promedio en altura lo presenta el testigo T_4 (27.20 cm).

Cuadro 11. Prueba de Duncan con $\alpha=0.05$, promedio de altura de la planta a los cuatro meses de evaluación

Tratamientos	Relación suelo/bocashi	Altura de planta (cm)	Significación
T ₁	(1:1)	35.98	a
T ₂	(2:1)	29.00	a
T ₃	(3:1)	28.46	a
T ₄	Testigo	27.20	b

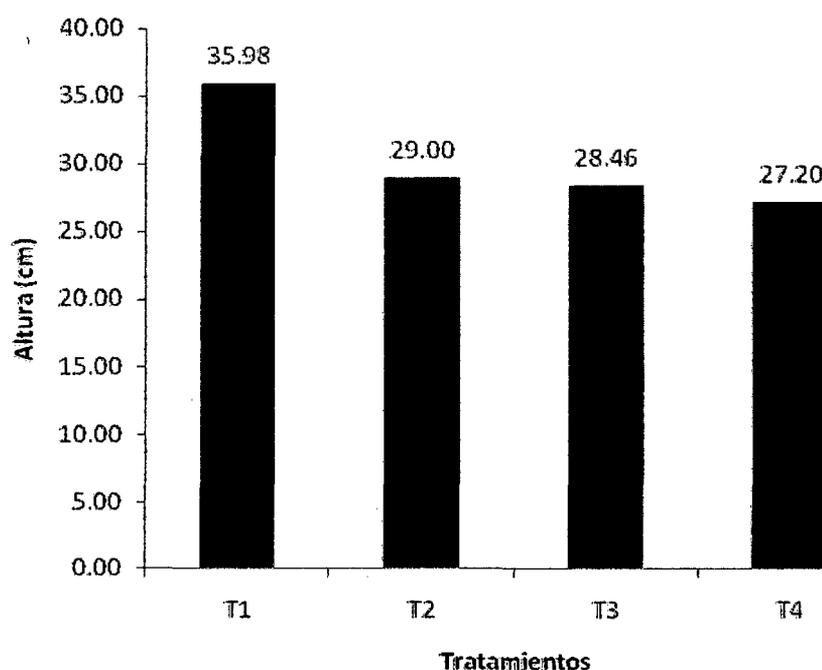


Figura 1. Promedio de altura de los plantones de cacao CCN51.

El resultado de la altura que presenta la planta en el T₁ se debe a que la relación (1:1) presenta una adecuada proporción de materia orgánica disponible para la planta, el comportamiento de estos datos coincide con ENRIQUEZ (1985), que la materia orgánica favorece la germinación y el crecimiento de las plantas y mejora la capacidad retentiva de la humedad del

suelo, debido a que la materia orgánica, en forma coloidal, admite mayor cantidad de agua. Asimismo la materia orgánica contribuye no solo al crecimiento vegetal sino, que es fuente de energía y carbono de toda la microflora presente en los suelos (GOMERO, 1999). Es importante mencionar que el bocashi contiene gran cantidad de sustancias como vitaminas, enzimas, hormonas, entre otras, las cuales pueden ser utilizadas por las semillas y posteriormente por las plántulas como estimuladoras del crecimiento (TABORA, 1999).

4.2. Diámetro

Del Cuadro 12, para la prueba realizada en el parámetro de diámetro de los plantones del cacao, con diferente relación de bocashi, presenta un 15.6105% de coeficiente de variación (CV), esto indica que los datos están en un rango de buena homogeneidad.

Cuadro 12. Análisis de varianza de diámetro de la planta a los cuatro meses en fase de vivero

F. V.	GL	SC	CM	Sig.
Tratamientos	3	0.13854	0.0461799	**
Error Experimental	44	0.330258	0.00750587	
Total	47	0.468798		

El Cuadro 13 y Figura 2, muestran que el tratamiento T₁ con promedio en diámetro es de 0.74 cm es el que superan en promedio en

diámetro a T₂ y T₃ (0.68 cm y 0.63 cm), de acuerdo a la prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) expresa diferencias significativas estadística de comportamiento entre ellas; esto quiere decir que el T₁ con promedio en diámetro de 0.74 cm presenta el mayor valor en diámetro de los plántones de cacao CCN51, indicando que la relación de bocashi (1:1) es la adecuada y el menor promedio en diámetro lo presenta el testigo T₁ (0.60 cm).

Cuadro 13. Prueba de Duncan con $\alpha=0.05$ promedio de diámetro de la planta de cacao en los cuatro meses de evaluación

Tratamientos	Relación suelo/bocashi	Diámetro de la planta (cm)	Significación
T ₁	(1:1)	0.74	a
T ₂	(2:1)	0.68	ab
T ₃	(3:1)	0.63	bc
T ₄	Testigo	0.60	c

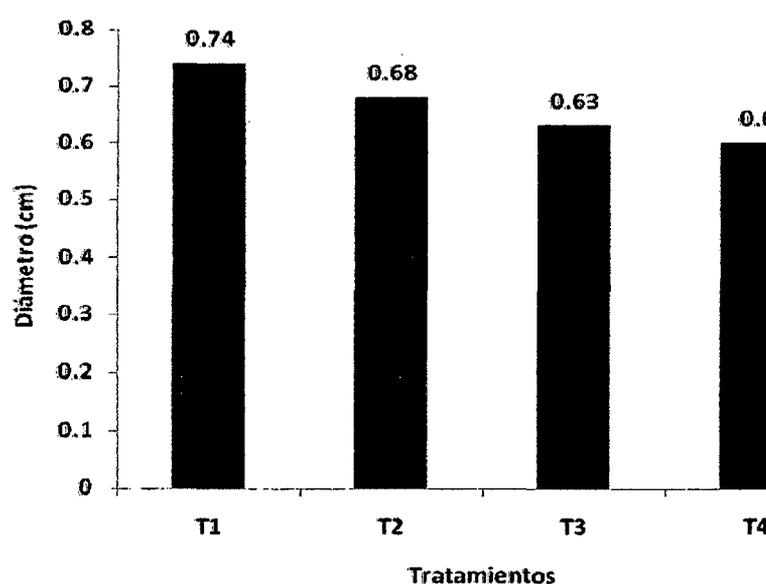


Figura 2. Promedio de diámetro de los plántones de cacao CCN51.

Estos datos coinciden con REUTER (2006), que la materia orgánica es uno de los elementos que favorece la nutrición del suelo y a través de ésta a la planta. Su contenido en el suelo influye en las condiciones físicas y biológicas de la plantación.

Asimismo la materia orgánica contribuye a la productividad del suelo y actúa como depósito de nutrientes (CEPEDA, 1991).

4.3. Materia fresca

4.3.1. Peso fresco de la parte aérea

Del Cuadro 14, la prueba realizada en el parámetro de peso fresco de la parte aérea de los plántones del cacao presenta un 32.2531% de coeficiente de variación (CV), con diferente relación de bocashi, esto indica que los datos están en un rango regular homogeneidad.

Cuadro 14. Análisis de variancia en peso fresco de la parte aérea a los cuatro meses en fase vivero

F. V.	GL	SC	CM	Sig.
Tratamientos	3	78.6446	26.2149	n/s
Error Experimental	20	232.525	11.6263	
Total	23	311.17		

El Cuadro 15 y Figura 3, muestran que el tratamiento T₁ con promedio en peso fresco de la parte aérea es de 8.52 g resultado que supera en promedio al peso fresco del T₂ y T₃ (7.60 g y 7.48 g), de acuerdo a la prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) expresa diferencias significativas estadística de comportamiento entre ellas; esto quiere decir que el T₁ con promedio en peso fresco de la parte aérea de 8,52 g presenta el mayor valor en peso fresco de la parte aérea de los plántones de cacao CCN51, indicando que la relación de bocashi (1:1) es la adecuada y el menor promedio en peso fresco de la parte aérea lo presenta el testigo T₄ (7.02 g).

Cuadro 15. Prueba de Duncan con $\alpha=0.05$ para el promedio en peso fresco de la parte aérea a los cuatro meses de evaluación

Tratamientos	Relación suelo/bocashi	Peso fresco de la parte aérea (g)	Significación
T ₁	(1:1)	8.52	a
T ₂	(2:1)	7.60	ab
T ₃	(3:1)	7.48	ab
T ₄	Testigo	7.02	b

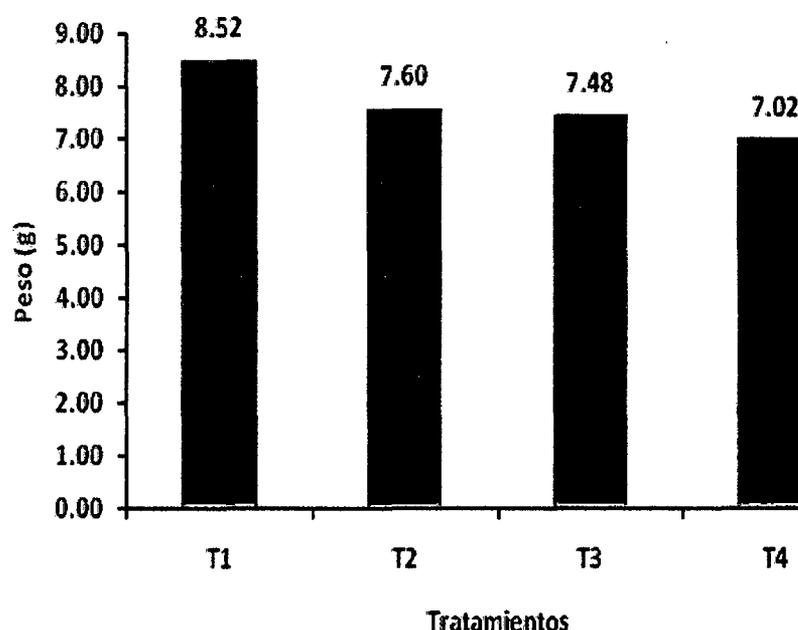


Figura 3. Promedio de peso fresco del tallo de los plantones de cacao CCN51.

Como se observa en el tratamiento T_1 presenta el mayor peso fresco de la parte aérea que los otros tratamientos y a la vez también obtuvo mayor cantidad de nitrógeno en los análisis químicos realizados esto indica que la relación (1:1) proporcionó una buena distribución de nitrógeno el cual contribuye al buen desarrollo de la planta como lo menciona GOMERO (1999), que el nitrógeno es esencial para la vida de las plantas porque estimula el crecimiento por encima del suelo.

Asimismo la materia orgánica contribuye a mejorar la estructura del suelo y aumenta la tasa de infiltración de agua, es fuente de energía y nutrientes para los microorganismos del suelo (CEPEDA, 1991).

4.3.2. Peso fresco de la raíz

Del Cuadro 16, la prueba realizada en el parámetro de peso fresco de la raíz de los plántones del cacao presenta un 40.157% de coeficiente de variación (CV), con diferente relación de bocashi, no muestran diferencias significativas (Cuadro 16).

Cuadro 16. Análisis de variancia en peso fresco de la raíz a los cuatro meses en fase vivero

F. V.	GL	SC	CM	Sig.
Tratamientos	3	10.155	3.385	n/s
Error Experimental	20	39.4833	1.97417	
Total	23	49.6383		

Del Cuadro 17 y Figura 4, la prueba realizada en el parámetro de peso fresco de la raíz de los plántones del cacao CCN51 no muestra diferencias significativas (Cuadro 16). El tratamiento T_1 en peso fresco de la raíz en promedio es 1.98 g, es superior a los demás tratamientos como son T_2 , T_3 y T_4 , siendo T_1 con promedio en peso fresco de la raíz 1.98 g, presenta mayor valor en los plántones de cacao CCN51 siendo la más adecuada para el cultivo, y el menor promedio lo obtuvo el T_4 que es el testigo con 1.20 g.

Cuadro 17. Prueba de Duncan con $\alpha=0.05$ para el promedio en peso fresco de la raíz a los cuatro meses de evaluación

Tratamientos	Relación suelo/bocashi	Peso fresco de la raíz (g)	Significación
T ₁	(1:1)	1.98	a
T ₂	(2:1)	1.79	a
T ₃	(3:1)	1.76	a
T ₄	Testigo	1.20	a

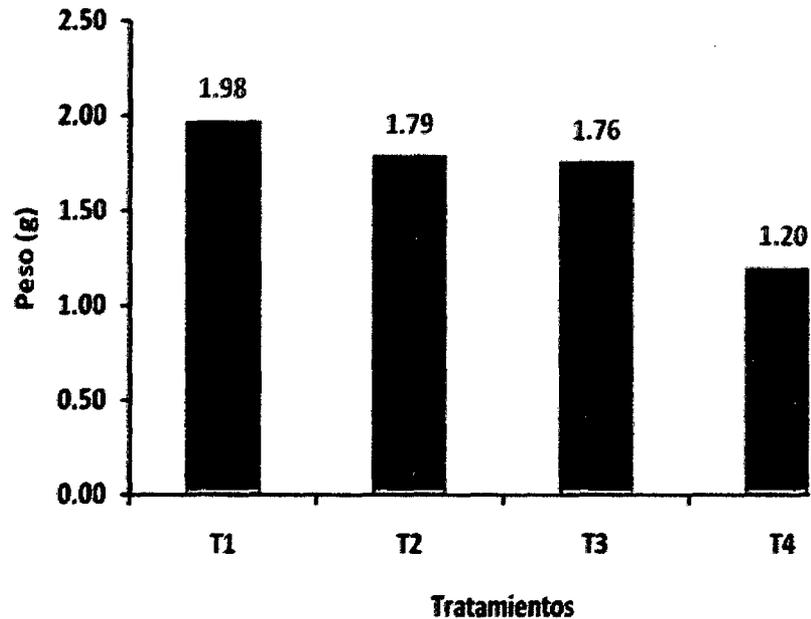


Figura 4. Promedio de peso fresco de la raíz de los plántones de cacao CCN51.

El tratamiento T₁ presenta el mayor peso fresco de raíz y a la vez también obtuvo mayor cantidad de fósforo en los análisis químicos realizados esto indica que la relación (1:1) proporcionó una buena distribución de fósforo el cual contribuye al buen desarrollo radicular de la planta como lo menciona

GOMERO (1999), que el fósforo facilita el crecimiento y promueve la formación de las raíces. Así mismo ROY *et al.*, (1987) mencionan, que el suelo de arena gruesa, tiene una buena aireación para un buen desarrollo radicular y se puede humedecer fácilmente.

4.4. Materia seca

4.4.1. Peso seco de la parte aérea

Del Cuadro 18, la prueba realizada en el parámetro de peso seco de la parte aérea de los plántones del cacao presenta un 29.7036% de coeficiente de variación (CV), con diferente relación de bocashi.

Cuadro 18. Análisis de variancia en peso seco de la parte aérea a los cuatro meses en fase vivero

F. V.	GL	SC	CM	Sig.
Tratamientos	3	5.76458	1.92153	*
Error Experimental	20	14.2117	0.710583	
Total	23	19.9762		

El Cuadro 19 y Figura 5, muestran que el tratamiento T_1 con promedio en peso seco de la parte aérea obtuvo 2.06 gr, es el que superan en peso seco de la parte aérea al T_2 y T_3 (1.67g, y 1.54 g) de acuerdo a la prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) expresa diferencias significativas estadística de comportamiento entre ellas; esto quiere decir que el T_1 con promedio en peso seco de la parte aérea obtuvo 2.06g, presenta el mayor valor en peso seco de

la parte aérea de los plántones de cacao CCN51, indicando que la relación de bocashi (1:1) es la adecuada y el menor promedio en altura lo presenta el testigo T₄ (1.46 g).

Cuadro 19. Prueba de Duncan con $\alpha=0.05$ para el promedio en peso seco de la parte aérea a los cuatro meses de evaluación

Tratamientos	Relación suelo/bocashi	Peso seco de parte aérea (g)	Significación
T ₁	(1:1)	2.06	a
T ₂	(2:1)	1.67	ab
T ₃	(3:1)	1.54	ab
T ₄	Testigo	1.46	b

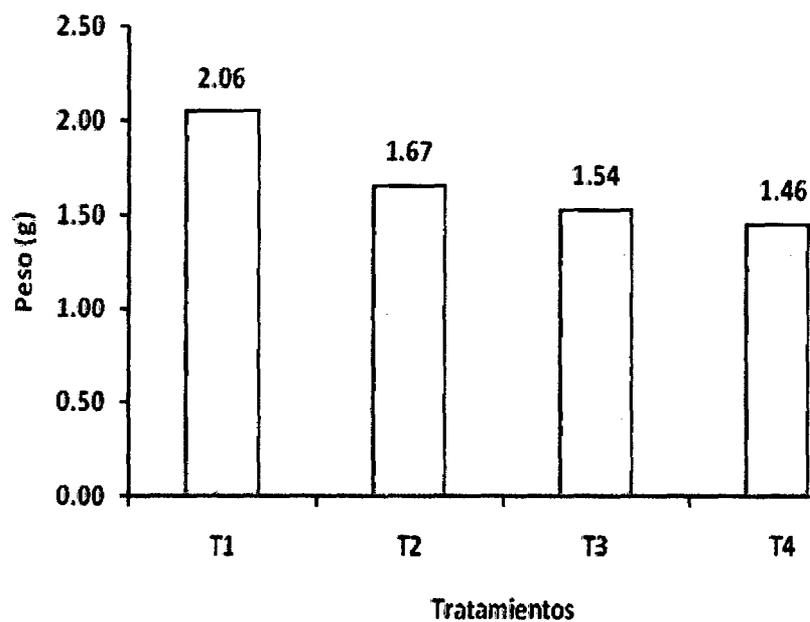


Figura 5. Promedio de peso seco del tallo de los plántones de cacao CCN51.

Los resultados obtenidos de los tratamientos se deben a la disponibilidad de nutrientes que este brinda a las plantas, como lo menciona CEPEDA (1991), que la descomposición de la materia orgánica libera ciertas sustancias nutritivas; con una abundante provisión de compuestos nitrogenados que quedan a disposición de las plantas.

4.4.2. Peso seco de la raíz

Del Cuadro 20, la prueba realizada en el parámetro de peso seco de la raíz de los plántones del cacao presenta un 39.6626% de coeficiente de variación (CV), con diferente relación de bocashi, no muestran diferencias significativas.

Cuadro 20. Análisis de variancia en peso seco de la raíz a los cuatro meses en fase vivero

F. V.	GL	SC	CM	Sig.
Tratamientos	3	1.84333	0.614444	n/s
Error Experimental	20	5.59	0.2795	
Total	23	7.43333		

Del Cuadro 21 y Figura 6, la prueba realizada en el parámetro de peso seco de la raíz de los plántones del cacao CCN51 no muestra diferencias significativas, el tratamiento T₁ en peso seco de la raíz en promedio es 0.95 g, es superior a los demás tratamientos como son T₂, T₃ y T₄, siendo T₁ con promedio en peso seco de la raíz 0.95 g, presenta mayor valor

en los plantones de cacao CCN51 siendo la más adecuada para el cultivo, y el menor promedio lo obtuvo el T₄ que es el testigo con 0.62 g.

Cuadro 21. Prueba de Duncan con $\alpha=0.05$ para el promedio en peso seco de la raíz a los cuatro meses de evaluación

Tratamientos	Relación suelo/bocashi	Peso seco de la raíz (g)	Significación
T ₁	(1:1)	0.95	a
T ₂	(2:1)	0.79	a
T ₃	(3:1)	0.68	a
T ₄	Testigo	0.62	a

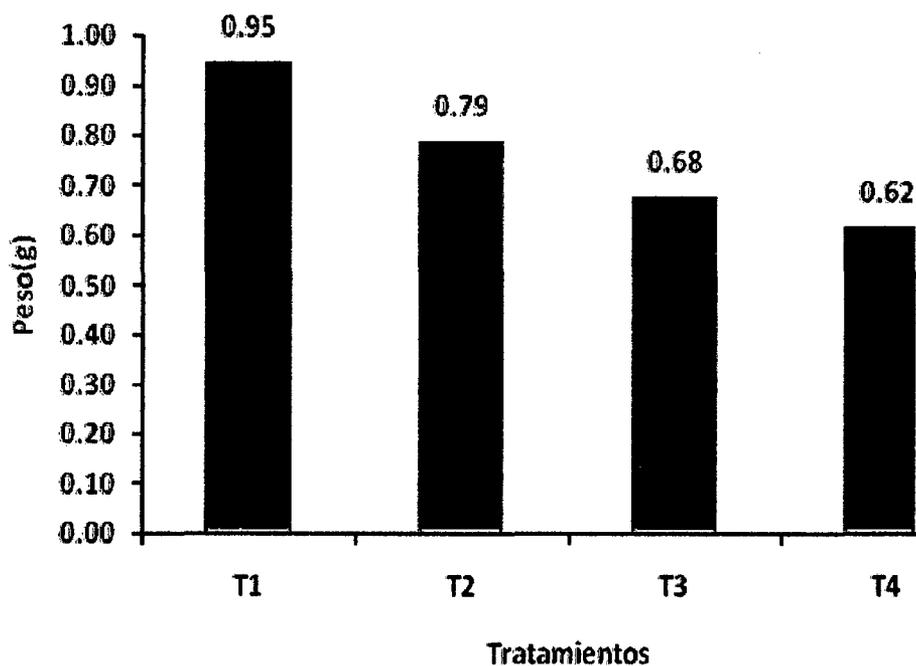


Figura 6. Promedio de peso seco de la raíz de los plantones de cacao CCN51.

El desarrollo satisfactorio de la relación (1:1) donde hubo mayor proporción de materia orgánica se debe a la buena aireación y presencia de nutrientes, concordando con CEPEDA (1991), quien manifiesta que la materia orgánica acelera la formación de tejidos radiculares por acción del ácido indol – acético y giberélico.

Según TAKAHASHI (1991), el etileno liberado por el abono orgánico tipo bocashi influye en el crecimiento de las raíces de la planta, además WEAVER (1989), reportó algunas funciones del etileno en las cuales resalta el papel de este como una hormona que logra estimular la germinación y crecimiento, esto lo atribuye a la activación de las giberelinas dentro del endosperma de las semillas.

4.5. Evaluación de las propiedades físicas y químicas del suelo

4.5.1. Propiedades físicas del suelo

4.5.1.1. Textura

El Cuadro 22 nos muestra el análisis de textura al inicio y final del experimento, donde se observa que no hubo cambios en ninguno de los tratamientos, pero numéricamente si hubo diferencia en el porcentaje de arena, limo y arcilla.

Cuadro 22. Textura al inicio y final del experimento

Tratamientos	Relación	Sustrato	Textura	
			Inicio	Final
T1	(1:1)	Suelo agrícola + bocashi	Fr. Ao	Fr. Ao
T2	(2:1)	Suelo agrícola + bocashi	Fr. Ao	Fr. Ao
T3	(3:1)	Suelo agrícola + bocashi	Fr. Ao	Fr. Ao
T4	Testigo	Suelo agrícola	Fr. Ao	Fr. Ao

Según el triángulo textural los resultados se enmarcan en la misma clase textural, éste comportamiento coincide con BAZÁN *et al.* (2000), la textura del suelo nos puede ayudar a determinar que las propiedades físicas son más difíciles de corregir que las propiedades químicas, de ahí su interés desde el punto de vista de la fertilidad de un suelo.

4.5.2. Propiedades químicas del suelo

4.5.2.1. pH del Suelo

El Cuadro 23 nos muestra el pH del suelo al inicio y final del experimento, donde se observa que en el Tratamiento 1 y 2 hubo incremento de pH en ambos de 7.20 a 7.40 que se encuentra en el rango de moderadamente alcalino, pero en los tratamientos 3 y 4 que es el testigo hubo un incremento del pH del suelo. El tratamiento 3 ascendió de 7.20 a 7.30 para el tratamiento 4 ascendió de 7.20 a 7.30 ambos tratamientos se encuentran en el rango de neutro.

Cuadro 23. pH al inicio y final del experimento

Tratamientos	Relación	Sustrato	pH	
			Inicio	Final
T ₁	(1:1)	Suelo agrícola + bocashi	7.20	7.40
T ₂	(2:1)	Suelo agrícola + bocashi	7.20	7.40
T ₃	(3:1)	Suelo agrícola + bocashi	7.20	7.30
T ₄	Testigo	Suelo agrícola	7.20	7.30

GOMERO (1999), señala que la materia orgánica del suelo amortigua el pH del suelo en los límites entre ligeramente ácido, neutro y alcalino; causado por la adición de enmiendas y/o fertilizantes, además sirve como depósito de elementos químicos para el desarrollo de las plantas.

Asimismo el pH óptimo para el desarrollo de las plantas está dado entre los valores de pH de 6.5 y 7.5; pH mayores o menores a este rango traerán consigo problemas por toxicidad (FASSBENDER, 1987).

4.5.2.2. Materia orgánica y nitrógeno

El Cuadro 24 nos muestra el porcentaje de materia orgánica y nitrógeno del suelo al inicio y final del experimento, donde se observa lo siguiente:

En el tratamientos 1 se dio un incremento en los niveles de materia orgánica de 5.56 % y nitrógeno 0.25% ambos se encuentran en un nivel alto, es el que supera a los tratamientos 2 con un contenido de materia orgánica de

4.70% y fósforo de 0.21% se encuentran en un nivel alto y el tratamiento 3 con un contenido de materia orgánica de 4.15% con un nivel alto y fósforo de 0.19% con un nivel medio y con menor promedio lo obtuvo el Tratamiento 4 en materia orgánica de 1.95% y fósforo de 0.09% ambos con un nivel bajo.

Cuadro 24. Materia orgánica y nitrógeno al inicio y final del experimento

Tratamientos	Relación	Materia Orgánica (%)		Nitrógeno (%)	
		Inicio	Final	Inicio	Final
T ₁	(1:1)	1.04	5.56	0.05	0.25
T ₂	(2:1)	1.04	4.70	0.05	0.21
T ₃	(3:1)	1.04	4.15	0.05	0.19
T ₄	Testigo	1.04	1.95	0.05	0.09

Entre las ganancias de nitrógeno en el suelo se pueden considerar las los abonos de origen orgánico (estiércoles) y los residuos de cosecha NAVARRO (2003). Aumenta el contenido de la materia orgánica en el suelo, mejorando la retención de agua, mejor trabajabilidad del suelo (MAU, 2006).

La velocidad y el equilibrio de los procesos de transformación de la materia orgánica depende de la actividad de los microorganismos, que a su vez viene condicionada por los factores de la temperatura, humedad, aireación del suelo, contenido de nitrógeno (NAVARRO, 2003).

4.5.2.3. Fósforo

En el Cuadro 25, se observa que los tratamientos 1, 2, 3 y 4, presentan un incremento de fósforo, el mayor contenido de fósforo en el suelo lo presenta el tratamiento 1 con 15.83 ppm se encuentra en un nivel normal, a diferencia de los demás tratamientos y el menor contenido de fósforo lo presenta el tratamiento 4 con 10.23 ppm que es el testigo con un nivel bajo.

Cuadro 25. Fósforo al inicio y final del experimento

Tratamientos	Relación	Sustrato	Fósforo (ppm)	
			Inicio	Final
T ₁	(1:1)	Suelo agrícola + bocashi	9.50	15.83
T ₂	(2:1)	Suelo agrícola + bocashi	9.50	14.72
T ₃	(3:1)	Suelo agrícola + bocashi	9.50	12.45
T ₄	Testigo	Suelo agrícola	9.50	10.23

En el tratamiento 1 el incremento de fósforo se debe a que a medida que incrementa el contenido de bocashi, aumenta la disponibilidad de nutrientes N, P, K, Mg, Ca (SIEVERDING, 1991). Las fuentes de fósforo como nutrimento para las plantas son los fertilizantes minerales y los fertilizantes orgánicos (ARVILDO, 2009).

4.5.2.4. Potasio

En el Cuadro 26, se observa que los tratamientos 1, 2, 3 y 4, presentan un incremento de potasio, el mayor contenido de potasio en el suelo lo presenta el tratamiento 1 con 354.56 k₂O se encuentra en un nivel bajo a

diferencia de los demás tratamientos y el menor contenido potasio lo presenta el tratamiento 4 con 257.32 k_2O que es el testigo que se encuentra en un nivel muy bajo.

Cuadro 26. Potasio al inicio y final del experimento

Tratamientos	Relación	Sustrato	Potasio (k_2O)	
			Inicio	Final
T ₁	(1:1)	Suelo agrícola + bocashi	243.52	364.56
T ₂	(2:1)	Suelo agrícola + bocashi	243.52	320.23
T ₃	(3:1)	Suelo agrícola + bocashi	243.52	290.21
T ₄	Testigo	Suelo agrícola	243.52	257.32

El incremento que se observa en los niveles del potasio se debe a que la materia orgánica del suelo es una sustancia muy compleja, de naturaleza variable, de origen diverso y contienen minerales como calcio, fósforo, azufre, hierro, magnesio y potasio (CEPEDA, 1991).

4.5.2.5. Capacidad de Intercambio Catiónico

En el Cuadro 27, se observa que los tratamientos 1, 2 y 3, presentan un incremento de CIC, el mayor contenido de CIC en el suelo lo presenta el tratamiento 1 con 12.03 $Cmol(+)/kg$ se encuentra en un nivel medio, a diferencia de los demás tratamientos y el menor contenido de CIC lo presenta el tratamiento 4 con 9.75 $Cmol(+)/kg$ que es el testigo con un nivel bajo.

Se dió un incremento de calcio en los tratamientos 1, 2 y 3 el mayor lo obtuvo el tratamiento 1 con 9.17 y menor el tratamiento 4 con 7.93, en el contenido de magnesio hubo incremento en los tratamientos 1, 2 y 3 el mayor lo obtuvo el tratamiento 1 con 1.82 y el menor lo presenta el tratamiento 4 con 1.34, en el contenido de potasio se dio un incremento en los tratamientos 1, 2 y 3 el mayor lo obtuvo el tratamiento 1 con 0.98 y el menor el tratamiento 4 con 0.45, en el contenido de sodio se dio un incremento en los tratamientos 1,2 y 3 el mayor fue en el tratamiento 1 con 0.06 y el menor fue el tratamiento 4 con 0.03.

Cuadro 27. CIC al inicio y final del experimento

Trat.	CIC		Ca		Mg		K		Na		Bas. Camb.	
	Inic.	Final	Inic.	final								
T ₁	9.45	12.03	7.90	9.17	1.04	1.82	0.48	0.98	0.03	0.06	100.00	100.00
T ₂	9.45	11.22	7.90	8.59	1.04	1.61	0.48	0.96	0.03	0.06	100.00	100.00
T ₃	9.45	10.66	7.90	8.25	1.04	1.48	0.48	0.88	0.03	0.05	100.00	100.00
T ₄	9.45	9.75	7.90	7.93	1.04	1.34	0.48	0.45	0.03	0.03	100.00	100.00

Es necesario agregar que la materia orgánica es fuente de elementos nutritivos para el crecimiento de las plantas, además incrementa la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo (CEPEDA, 1991).

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 (GOMERO, 1999).

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos y resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se concluye que:

1. El mejor resultado en altura de los plántones de cacao CCN51 lo obtuvo el tratamiento T₁ relación (1:1) bocashi más suelo con 35.98 cm y el menor lo obtuvo el tratamiento T₄ que es el testigo con 27.29 cm.
2. En el diámetro el tratamiento T₁ relación (1:1) bocashi más suelo fue el que obtuvo el mayor diámetro con 0.74 cm y el menor lo obtuvo el tratamiento T₄ que es el testigo con 0.60 cm.
3. El contenido de materia fresca; en el peso del tallo el mayor peso lo obtuvo el tratamiento T₁ relación (1:1) bocashi más suelo con 8.52 g y el menor lo obtuvo el tratamiento T₄ con 7.02 g en el peso de la raíz mayor peso lo obtuvo el tratamiento T₁ relación (1:1) bocashi más suelo con 1.98 g y el menor lo obtuvo el tratamiento T₄ con 1.20 g.
4. El contenido de materia seca; en el peso del tallo el mayor peso lo obtuvo el tratamiento T₁ relación (1:1) bocashi más suelo con 2.06 g y el menor lo obtuvo el tratamiento T₄ con 1.46 g en el peso de la raíz mayor peso

lo obtuvo el tratamiento T₁ relación (1:1) bocashi más suelo con 10.95 g y el menor lo obtuvo el tratamiento T₄ con 0.62 g.

5. En el análisis físico la textura no cambio se mantuvo en franco arenoso, en los análisis químicos, en cuanto al pH el mayor contenido lo obtuvieron el T₁ con 7.40 y T₂ con 7.40 y el menor el T₂ con 7.30 y T₃ con 7.30, en materia orgánica y nitrógeno el mayor contenido le obtuvo el T₁ con 5.56% y 0.25% respectivamente y el menor el T₄ con 1.95% y 0.09% respectivamente, en fósforo y potasio mayor contenido le obtuvo el T₁ con 15.83 ppm y 364.56 k₂O respectivamente y el menor el T₄ con 10.73 ppm y 257.32 k₂O respectivamente, en la CIC el mayor contenido le obtuvo el T₁ con 12.03 Cmol(+)/kg y el menor el T₄ con 9.75 Cmol(+)/kg.

VI. RECOMENDACIONES

- 1. Repetir este experimento con diferentes cultivos, a fin de observar el comportamiento de otras especies y corroborar los resultados obtenidos en esta investigación.**
- 2. Evitar iniciar la propagación de semillas en los meses de diciembre y enero ya que son meses de intensas lluvias.**
- 3. Utilizar sustratos disponibles en la zona y de bajo costo.**

VII. ASBTRACT

The current thesis assignment was carried out in the coffee plantation known as "Huamancayo", located in the township of Santa Rosa, district of Luyando, province of Leoncio Prado, department of Huánuco. The effects of bocashi on soil properties and growth of cacao (*Theobroma cacao L.*) were studied in the seedbed phase. A completely randomized design was implemented, applying 4 treatments with 3 repetitions. The treatments were implemented with following proportions of soil to bocashi (soil:bocashi) resulting in the following test groups T₁ (1:1), T₂ (2:1), T₃ (3:1) y T₄ (Control). The best result in height and diameter in the Cacao was obtained by T₁ with 35.98 cm height and 0.74 cm diameter respectively and the smallest result was seen in T₄ with 27.20 cm height and 0.60 cm diameter respectively. With regard to fresh matter and dry stem weight and roots, the best results were obtained by T₁; Similarly the T₄ presented the lowest results, with respect to the physical analysis, however, the texture did not change. In the chemical analyses, the highest pH was obtained by T₁ and T₂ with 7.40 each. In organic matter, the highest nitrogen content was obtained by T₁ with 5.56% and 0.25% respectively and the least was seen in the T₄ with 1.95% and 0.09% respectively. The highest phosphorous and potassium content was obtained by T₁ with 15.83 ppm and 364.56 k₂O respectively and the least amount was obtained by T₄ with 10.73 % and 257.32 k₂O respectively.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBITRES, L. 1981. Influencia de la materia orgánica y del fosforo en el desarrollo de plantas de vivero de cacao (*Theobroma cacao*) bajo condiciones de Tingo María. Tesis Ing. Agr. Tingo María, Perú. UNAS. Programa Académico de Agronomía. 114 p.
- ARÉVALO, L. y SANCO, M. 2002. Manual de Laboratorio para Análisis Físico Químico del Suelo. S.I. ICRF – CHEMONICS. 48 p.
- ARVILDO, J. 2009. Efecto de las enmiendas orgánicas en las propiedades físicas - químicas de un suelo degradado en Supte San Jorge - Tingo María - Ing. Recursos Naturales Renovables. 80 p.
- ARCA, B. 2000. Cultivo de Cacao en la Amazonia Peruana. Editorial Fimart S.A.C.Lima – Perú. 32 p.
- BAZÁN, R., ROMERO C., VALENCIA, M., NAZARIO, J., GARCÍA, S., 2000. Guía de Prácticas de Edafología. Departamento de Suelos. Universidad Nacional Agraria La Molina. 49 p.
- BAUTISTA, F. 1980, Influencia del tamaño de semilla, a los 30 y 60 días de la siembra, en el vigor del plantón de cacao (*Theobroma cacao* L.). En

Tingo María. Tesis Ing. Agrónomo. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la selva. 100 p.

BERTONI, V. y JUÁREZ, G. 1980. *Theobroma cacao* L. Sterculacea. [En línea]: INFOJARDIN(<http://articulos.infojardin.com/Frutales/fichas/cacao/cacaotero/theobroma-cacao.htm>; dctos. 15 Ene. 2011).

BRAUDEAU, J. 1981. El cacao. Técnicas Agrícolas y Producciones Tropicales. Blume Distribuidora, S. A. Casas Grandes N° 69 México. 296 p.

CEPEDA, D. 1991. Química de Suelos. 2° Ed. México. Editorial Trillas S.A. 85 p.

CRESPO, D. 1997. Cultivo y beneficio del cacao CCN 51. 1ª ed. Guayaquil, Ecuador. Edit. El Conejo. 62 p.

CORCUERA, E. 2001. Fertilizante orgánico com EM W21: Compost Japanese In Bureau of Agricultural Research, Recyclingview, Vol 6(4). [En línea]: ASU(<http://www.asu.edu/caed/publications/recyclenreview/rr64bocashi.html>); dctos. 10 Feb. 2011).

ENRIQUEZ, G. 1985. Curso sobre el cultivo del cacao. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. p. 101 – 115.

- FASSBENDER H. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. San José, Costa Rica, IICA, 422 p.
- FUNEZ, R., TREJO, A. y PINEDA. A. 2004. Manual técnico. Un enfoque de manejo integrado para el sostenimiento de la fertilidad de los suelos y la nutrición de los cultivos. Centro de investigación y capacitación "Jesús Aguilar Paz" La Fe, Ilama, Santa Barbara. 2004. 36 p. [En línea]: [CAFHONDURAS\(http://www.cafedehonduras.org/ihcafe./administrador/aa_archivos//documentos/manual técnico; dctos14 Ene. 2011\)](http://www.cafedehonduras.org/ihcafe./administrador/aa_archivos//documentos/manual_técnico; dctos14 Ene. 2011).
- GOMERO, O. 1999. Manejo ecológico de suelos; conceptos, experiencias y técnicas. Lima, Perú. 95 p.
- GÓMEZ, M. 1967. Áreas potenciales para el desarrollo del cultivo cacao en el estado Mérida. Selección de suelos para cacao. Boletín sobre suelos N° 5. F.A.O. Roma. 77 p.
- GÓMEZ, F. 2001. Evaluación del bocashi como sustrato para semilleros en la Región Atlántica de Costa Rica. 84 p.
- ICT. 2004. Cacao manejo integrado del cultivo y transferencia de tecnología en la amazonia peruana. Chiclayo, Perú. 184 p.
- JACKSON, M. 1982. Análisis Químico de Suelos. 2^{da} Edición. Editorial Omega S.A. Barcelona , España. 653 p.

- MASAKI, S., LEBLAN, C. y TABORA, P. 2000. Bocashi. Guacimo, Limón, Costa Rica. p. 1-25.
- MAU, F. 2004. La Microorganismos efectivos. Solución ideal para el medio ambiente Barcelona. 230 p.
- MORE, M. 2002. Inducción e injertación de brotes ortotrópicos con fines de renovación en el cacao (*Theobroma cacao* L.). Tesis UNAS.
- MORENO, J. 2001. Evaluación del bocashi y micorriza VAM en el desarrollo del plátano Curare Enano en vivero. Zamorano. Honduras. 68 p.
- NAVARRO, G. 2003. Química Agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales en la vida vegetal. 2° Ed. Mundi Prensa. España. 76 p.
- TABORA, P. 1999. Microbiología del bocashi y el compost, una comparación. EARTH. Costa Rica. 4 p.
- TAKAHASHI, H. 1991. Tropical agriculture. Japón. 35 p.
- REUTER, F. 2006. Manual de Manejo de cacao, Proyectos de Cultivos tropicales, [En línea]: INFOAGRO (<http://www.infoagro.com/herbaceos/industriasles/cacao.asp>; dctos 20 Ene. 2011).

- RODRIGUEZ, R. y PANIAGUA, P. 1994. Horticultura orgánica: una guía basada en la experiencia en laguna de Alfaro Ruiz, Costa Rica. Fundación Guilombe, San José, Costa Rica. p. 49-50.
- ROMERO, C., JIMENEZ, F. y MUSCHLER, R. 2000. Crecimiento de almácigo de café con abono tipo Bocashi y abono verde de *Erythrina poeppigiana*. Costa Rica. 83 p.
- POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE. "Manual de Fertilidad de los suelos". Primera edición en español. Oct. de 1988.
- ROY, S., RAYMOND, H. y JOHN, L. 1987. Propiedades físicas y químicas del suelo. Editorial prentice/hall internacional. p. 624.
- SIEVERDING, E. 1991. Vesicular arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. Technical Cooperation, Eschbom, Federal Republic of Germany. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. 295 p.
- WEAVER, R. 1989. Reguladores de crecimiento de las plantas en la agricultura. Trillas, México. 622 p.
- ZAVALETA, G. 1992. Edafología. El suelo en relación con la Producción. Consejo Nacional de Concentración y Tecnología. CONCYTEC. Lima-Perú.

ANEXOS

Cuadro 28. Promedios de altura de planta de cacao a los cuatro meses

Trat/Meses	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre
T ₁	22.35	24.50	26.86	35.98
T ₂	21.68	23.40	26.50	29.00
T ₃	20.90	22.80	24.72	28.46
T ₄	19.34	21.04	23.83	27.20

Cuadro 29. Promedios de diámetro de planta de cacao a los cuatro meses

Trat/Meses	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre
T ₁	0.35	0.45	0.57	0.74
T ₂	0.33	0.42	0.52	0.68
T ₃	0.32	0.40	0.45	0.63
T ₄	0.30	0.36	0.39	0.60

Cuadro 30. Promedio de peso fresco de tallo a los cuatro meses

Trat/Meses	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre
T ₁	2.87	3.97	6.23	8.52
T ₂	1.97	3.38	5.65	7.60
T ₃	2.47	3.65	5.28	7.48
T ₄	1.83	2.65	5.08	7.02

Cuadro 31. Promedio de peso fresco de la raíz a los cuatro meses

Trat/Meses	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre
T ₁	0.40	0.89	1.53	1.98
T ₂	0.38	0.70	1.42	1.79
T ₃	0.43	0.83	1.38	1.76
T ₄	0.35	0.65	0.95	1.20

Cuadro 32. Promedio de peso seco del tallo a los cuatro meses

Trat/Meses	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre
T ₁	0.57	1.23	1.55	2.06
T ₂	0.50	1.14	1.34	1.67
T ₃	0.53	0.98	1.16	1.54
T ₄	0.50	0.78	1.08	1.46

Cuadro 33. Promedio de peso seco de la raíz a los cuatro meses

Trat/Meses	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre
T ₁	0.27	0.41	0.59	0.95
T ₂	0.26	0.32	0.46	0.79
T ₃	0.17	0.29	0.44	0.68
T ₄	0.12	0.23	0.39	0.62

ANÁLISIS DE SUELOS

Número de Muestra		ANÁLISIS MECÁNICO				pH	M.O.	N	P	K ₂ O	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%
Laborat.	Campo	Arena	Arcilla	Limo	Textura	1:1	%	%	ppm	kg/ha		Ca	Mg	K	Na	Al	H		Bas.Camb.	Ac.Camb.	Sat. Al
		%	%	%		%	%	%	%	%		%	%	%	%	%	%		%	%	%
1	T ₁	70	20	10	Franco Ao	7.40	5.56	0.25	15.83	364.56	12.03	9.17	1.82	0.98	0.06			100.00	0.00	0.00	
2	T ₂	70	20	10	Franco Ao	7.40	4.70	0.21	14.72	320.23	11.22	8.59	1.61	0.96	0.06			100.00	0.00	0.00	
3	T ₃	52	38	10	Franco Ao	7.30	4.15	0.19	12.45	290.21	10.66	8.25	1.48	0.88	0.05			100.00	0.00	0.00	
4	T ₄	52	36	12	Franco Ao	7.30	1.95	0.09	10.73	257.32	9.75	7.93	1.34	0.45	0.03			100.00	0.00	0.00	

Cuadro 34. Análisis de suelos.

ANÁLISIS DEL BOCASHI

Muestra de Laboratorio	Base Seca	
	Ceniza (%)	Materia Orgánica (%)
Bocashi	14.19	85.81

Muestra de Laboratorio	N (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)	Ca (%)	Na (%)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)
	1.18	0.4	1.16	0.39	2.82	0.184	494.5	213.73	51.4	29.39



Figura 7. Medición de altura de la planta de cacao en vivero



Figura 8. Medición del diámetro de la planta de cacao en vivero



Figura 9. Peso fresco de la planta de cacao



Figura 10. Peso seco de la planta de cacao

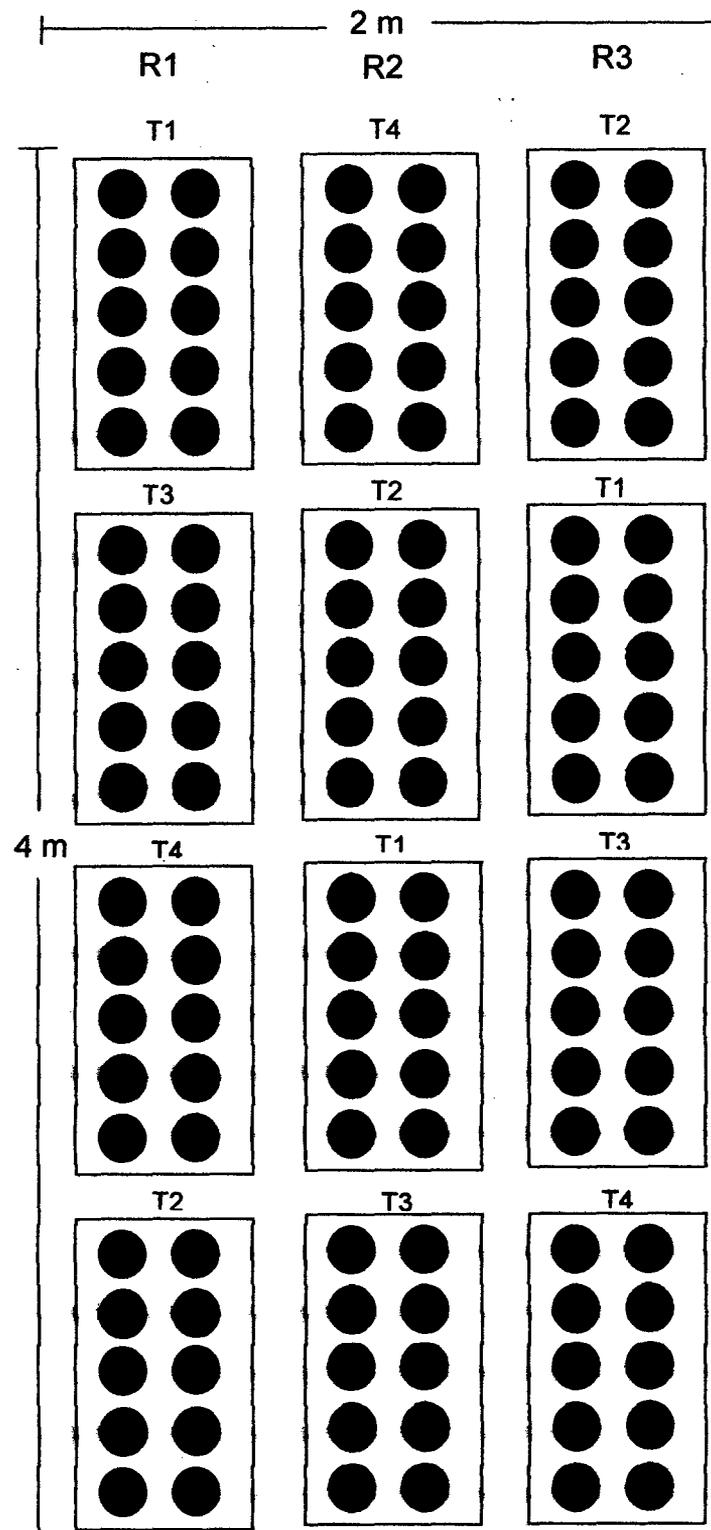


Figura 11. Croquis del Experimental