

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**Departamento Académico de Ciencias Agrarias**



**“EFECTO DEL COMPOST DE RESIDUOS SÓLIDOS  
MUNICIPALES BIODEGRADABLES Y DEL BOCASHI EN  
EL CRECIMIENTO DE PLANTONES DE CACAO  
(*Theobroma cacao* L.), EN TINGO MARÍA”**

**TESIS**

**Para optar el título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**Alan Hidalgo Saavedra**

**Tingo María – Perú**

**2016**

## DEDICATORIA

**A Dios:**

Por darme la vida y la voluntad de afrontar los retos de cada día.

**A mis queridos hermanos:**

Por estar siempre conmigo, apoyándome en los buenos y malos momentos.

**A los docentes:**

Por ser parte de mi formación académica y profesional.

**A mis padres:**

Especialmente a mi querida madre, Luana Saavedra, por darme su apoyo incondicional en esta parte importante de mi vida.

**A mí querido hijo:**

Emanuel Stefano Hidalgo Percy, por ser el gran motivo de seguir luchando y mejorar cada día.

## **AGRADECIMIENTO**

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva y a todo el personal que la conforma, por su apoyo y confianza, en especial a los docentes de la Facultad de Agronomía que contribuyeron en mi formación profesional.
- A los miembros del jurado de tesis: Ing. MSc. Hugo Alfredo Huamaní Yupanqui (Presidente), Blgo. MSc. Miguel Ángel Huauya Rojas (Miembro) y el Ing. MSc Jorge Luis Adriázola del Águila (Miembro).
- Al Dr. José Wilfredo Zavala Solórzano, asesor de la presente tesis, por su apoyo en el proyecto, ejecución y culminación.
- Al Ing. Oscar Alejandro Tuesta Hidalgo, co-asesor, por su apoyo en la ejecución de la tesis.
- A la Empresa BIODIVER PERU, por su apoyo en el financiamiento de la presente tesis.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.1	
II. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.	
2.1. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	14
2.1.1. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	
.....	14
2.1.2. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. ....	14
2.1.3. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	15
2.1.4. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	16
2.2. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	18
2.2.1. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	18
2.2.2. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	19
2.2.3. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	19
2.3. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	20

2.3.1. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	20
2.3.2. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	20
2.4. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	21
2.5. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	21
2.5.1. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. ....	22
2.5.2. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. ....	24
2.5.3. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. ....	26
2.6. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	28
2.6.1. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. ....	28
2.6.2. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. ....	29
2.6.3. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. ....	30
2.7. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	31
III.¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	32
3.1. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. ....	32
3.1.1. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. ....	32
3.1.2. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. ....	32
3.1.3. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. ....	33
3.1.4. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. ....	33
3.2. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	33
3.3. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	36
3.4. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	36
3.4.1. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. ....	36

3.5.	¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	38
a.	¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	38
b.	¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	38
c.	¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	38
3.6.	¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	38
3.6.1.	¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. ....	38
3.6.2.	¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. ....	38
3.6.3.	¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. ....	39
3.6.4.	¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. ....	39
3.6.5.	¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. ....	39
3.6.6.	¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. ....	39
3.6.7.	¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. ....	40
3.7.	¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. ....	40
3.7.1.	¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. ....	40
3.7.2.	¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. ....	40
3.7.3.	¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. ....	40
3.7.4.	¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. ....	41
3.7.5.	¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. ....	41
IV.	¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	42
4.1.	¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	42
4.2.	¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	48
4.3.	¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	53
4.4.	¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	58
4.5.	¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	64

V. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	71
VI. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	72
VII. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	73
VIII. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	75
IX. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.....	80

## ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
1. Análisis de las características de los suelos .....	34
2. Análisis químico de las fuentes orgánicas utilizadas.....	35
3. Descripción de los tratamientos en estudio.....	36
4. Esquema del análisis de variancia (ANVA).....	37
5. Análisis de varianza para la altura de plantones de cacao a los 30, 60, 90 y 120 días después de la siembra.....	44
6. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para los efectos principales de altura de plantones de cacao.....	45
7. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el promedio del Factorial vs. Testigo en la altura de plantones de cacao.....	46
8. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para la altura de los plantones de	

cacao.....	46
9. Análisis de varianza para el diámetro del tallo de cacao.....	49
10. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para los efectos principales del diámetro del tallo de los plantones de cacao.....	50
11. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) del Factorial vs Testigo para el diámetro del tallo de los plantone .....	51
12. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el diámetro de plantones de cacao...	52
13. Análisis de varianza del área foliar de los plantones de cacao.....	54
14. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para los efectos principales del área foliar de los plantones de cacao .....	55
15. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el promedio del Factorial vs. Testigo en el área foliar del cacao.....	56
16. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el área foliar de plantones de cacao.	57
17. Análisis de varianza de longitud y volumen del sistema radicular en plantones de cacao.....	59
18. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para los efectos principales de longitud y volumen radicular en plantones de cacao.....	60
19. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el promedio del Factorial vs. Testigo para longitud y volumen del sistema radicular de los plantones de cacao .....	61
20. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para la longitud y volumen radicular de plantones de cacao a los 120 días después de la siembra.....	62

21. Análisis de varianza de la biomasa aérea y radicular de plantones de cacao.....	65
22. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para los efectos principales de la biomasa foliar y radicular de los plantones de cacao.....	66
23. Promedio de biomasa total versus el efecto del Testigo y los tratamientos del Factorial.....	67
24. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) de la biomasa total de los plantones de cacao.....	68
25. Registro de evaluaciones biométricas de los tratamientos en estudio.	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1. Altura de los plántones de cacao a los 30, 60, 90 y 120 días después de la siembra. ....	47
2. Diámetro del tallo de plántones de cacao a los 30, 60, 90 y 120 días después de la siembra. ....	53
3. Promedio del área foliar de los plántones de cacao .....	58
4. Longitud y volumen del sistema radicular de los plántones de cacao....	64
5. Promedio de biomasa total de los plántones de cacao. ....	70
6. Evaluación del diámetro de los plántones de cacao a los 120 días después de la siembra .....	90
7. Evaluación de la altura de los plántones de cacao a los 120 días después de la siembra. ....	90
8. Evaluación del sistema radicular de los plántones de cacao a los 120 días después de la siembra. ....	91
9. Evaluación del área foliar de los plántones de cacao a los 120 días después de la siembra. ....	91
10. Medición de la longitud de raíz de las plantas de cacao. ....	92
11. Croquis del campo experimental. ....	92
12. Análisis de suelo. ....	93

## I. INTRODUCCIÓN

Una de las actividades de mayor importancia para establecer plantaciones de cacao, es obtener plantas de calidad para asegurar un buen rendimiento y productividad; esto se logrará utilizando semillas seleccionadas, con capacidad de producción y tolerancia a las enfermedades, aspectos que deben ser complementados con un adecuado manejo de plántulas en el vivero y utilizando un buen sustrato.

En la actualidad la instalación en campo definitivo de cacao y su posterior fertilización o abonamiento no se ha llevado con eficacia por parte de los agricultores en el distrito de Padre Felipe Luyando, debido a que éstos no cuentan con suficiente información, que los orienten a utilizar técnicas para poder mejorar su producción, tomando en cuenta el tipo de cacao que se va a sembrar, la dosificación del fertilizante y los elementos que éste contenga; de allí depende que la planta asimile los nutrientes necesarios desde su estado inicial.

La aplicación de abonos orgánicos es utilizada ampliamente en la agricultura, aprovechando que la materia orgánica modifica y mejora las propiedades físicas de los suelos, por ello en este proyecto de investigación, cuyo propósito es establecer el manejo adecuado de plántulas de cacao en vivero,

dándoles todos los cuidados necesarios, tomando en cuenta desde la preparación del sustrato, obtención de la semilla, siembra y manejo de la fertilización hasta la época del trasplante, lo cual va a garantizar una plántula con buenas características, mostrando un buen desarrollo del tallo, diámetro, altura y coloración de hojas.

La necesidad de disminuir la dependencia de productos químicos artificiales en viveros de cacao, está obligando a la búsqueda de alternativas fiables y sostenibles en la agricultura ecológica, como es el caso de los residuos sólidos municipales biodegradables, creando un sistema orientado a fomentar y mejorar el agroecosistema y de esta forma dar mayor importancia a este tipo de abono orgánico.

Se estima que en la actualidad el 90% de los productores de cacao no instalan su propio vivero o lo hacen de una manera deficiente, utilizando materiales que no están adaptados al medio, además de no tener establecido un plan de fertilización que les permita aplicar el fertilizante adecuado, provocando patrones pocos confiables, al no presentar buenas características que les permita garantizar una planta de calidad, razones por las cuales el sector cacaotero atraviesa uno de los problemas fundamentales como es la muerte de las plántulas en fase de viveros y después del trasplante.

La ejecución de este proyecto de investigación se enfoca en el diseño de estrategias que están orientadas a buscar alternativas para mejorar la nutrición vegetal en la fase de vivero con el uso de abonos orgánicos, que por su acción pueda incidir en la obtención de plantones vigorosos las cuales servirán para

patrones. Frente a este contexto se plantea la hipótesis: al menos una de las fuentes de materia orgánica en mezcla con suelo influirá en el crecimiento y desarrollo de plántones de cacao.

Considerando lo antes manifestado se realizó el presente trabajo de investigación cuyos objetivos son los siguientes:

**Objetivo general**

1. Evaluar el efecto del compost de los residuos sólidos biodegradables Municipales (RSBM) y el bocashi en el crecimiento de plántones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en fase de vivero en el distrito Padre Felipe Luyando - Tingo María.

**Objetivo específico**

1. Determinar el incremento en longitud, volumen del sistema radicular y biomasa aérea en plántones de cacao por efecto del compost, de residuos sólidos biodegradables municipal (RSBM) y del bocashi.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Origen y distribución geográfica del cultivo de cacao**

#### **2.1.1. Origen**

El cultivo de cacao fue iniciado por los indígenas en México y Centroamérica, mucho antes del descubrimiento de América. Lo consumían como una bebida llamada xocoatl, que por su sabor amargo no agradó a los españoles; sin embargo para el año 1550 estos añadieron dulce y vainilla al chocolate lo que hizo que el uso y demanda se extendiera por todo el mundo.

ENRÍQUEZ (2004), afirma que el cacao es una especie originaria del Bosque Húmedo Tropical (bh – t) en América del Sur, según estudios de Pound, Cheesman y otros; debido al sistema de vida nómada que llevaron los primeros pobladores del Continente Americano, en países Alto Amazónicos como el Brasil se ha encontrado la mayor variabilidad de especies.

#### **2.1.2. Distribución geográfica**

Geográficamente en el mundo las mayores áreas cacaoteras están concentradas entre los 10° LN y LS, distribuidas en el Oeste Africano, América Latina, y Sur Este de Asia. Si bien el cacao es originario de América Latina,

es en el Oeste Africano ahora la región más creciente con 66.8% de la producción asiática, que se ha extendido desde la mitad de la década del 70 a 95.

### **2.1.3. Generalidades del cultivo de cacao en el Perú**

En el Perú existe gran diversidad de genotipos de cacao provenientes del cruce entre amazónicos, criollos y trinitarios que presentan atributos agronómicos superiores; sin embargo, su potencial se ve disminuido por el manejo inadecuado que se puede corregir mediante las técnicas de manejo integrado.

HERNANDEZ (1991), sostiene que la producción de cacao en el Perú hasta la década de los ochenta e inicios de los noventa fue favorable para el productor cacaotero en términos de volúmenes y niveles comercializados. Sin embargo, esta producción se vio afectado por la aparición de la enfermedad denominada moniliasis del cacao que trajo como consecuencia pérdidas económicas en más del 90% en las áreas cacaoteras a nivel nacional que aunadas a los problemas socio político y de narcotráfico presentes en las zonas productoras de cacao por esos tiempos, trajo como consecuencia el abandono de las plantaciones.

PAREDES (2000), informa que la baja productividad del cacao a nivel nacional, los bajos precios que se dan por las fluctuaciones internacionales de la bolsa de valores, sumado a la incidencia de la moniliasis del cacao, hicieron de esta actividad de producción agrícola una sin atractivo ni aliciente

para los agricultores. Es por todos conocidos que la selva peruana presenta una gran diversidad genética y que el cacao es particularmente uno de los cultivos con mayor potencial que bien podrían aprovecharse con técnicas sencillas por parte de los productores. Este cultivo posee un valor incalculable por las diversas características que presenta en términos de sabor y aroma y que debemos conservar a través de una selección e identificación de los mejores clones de cacao del país.

#### **2.1.4. Descripción botánica**

El cacao es una especie diploide ( $2n = 20$  cromosomas), de porte alto (8 - 20 m de altura) y de ciclo vegetativo perenne. Crece y se desarrolla usualmente bajo sombra en los bosques tropicales húmedos de América Sur. Según ALARCÓN (2001), el cacao, es una planta de la familia de las esterculiáceas, que mide hasta 20 m de altura cuando crece libremente bajo la sombra.

- **Raíz**

MINAGRI (2012), afirma que la raíz principal es pivotante que penetra hacia abajo, especialmente en los primeros meses de vida de la planta puede crecer normalmente entre 120 a 150 cm. Luego nacen muchas raíces secundarias y la mayoría de las raicillas funcionales del árbol, se encuentran casi en la superficie del suelo.

- **Hojas**

INIAP (1993), manifiesta, que las hojas son simples, enteras y pigmentadas, variando mucho el color de esta pigmentación, aunque la mayoría es de color verde bastante variable. Algunas plántulas tienen

hojas tiernas bien pigmentadas (coloreadas) que pueden llegar a ser de un color marrón claro, morado o rojizo; también las hay de color verde pálido (casi sin coloración); es decir, el tamaño de la hoja varía mucho, con una alta respuesta al ambiente.

- **Flores**

ENCARTA (2006), sostiene que las flores son pequeñas y aparecen en pequeños racimos que se forman en el tronco y en las ramas más viejas, la flor tiene cinco sépalos, cinco pétalos, cinco estambres y un pistilo. Sólo una treintena de las aproximadamente 6.000 flores que se abren durante el año llegan a formar semillas, llamadas a veces habas del cacao y que están encerradas en una mazorca.

- **Frutos**

VERA (2003), afirma que los frutos de cacao son una drupa bastante grande, le sostiene un pedúnculo no muy largo pero robusto, que se origina del crecimiento del pedicelo de la flor. Los frutos tienen cinco lóculos y cada lóculo tiene dos partes formados por dos surcos interno, lo que en algunos es evidente y en otros casi ha desaparecido. El color de los frutos varía notablemente desde casi blancos y verdes hasta colores morados bien fuertes, también existen combinaciones de colores morados con verdes especialmente diferenciando lomos y surcos.

- **Semillas**

MINAGRI (2012), indica que la descripción morfológica de la semilla del cacao es la siguiente: forma en sección longitudinal: elíptica; ovada,

forma en sección transversal: aplanada y color de cotiledones: morado y blanco.

## **2.2. Vivero**

BOSELLI (1999), sostiene que el lugar donde se realiza la producción de plantas se denomina vivero; en él se producen las plántulas en calidad y cantidad necesaria para la plantación en el sitio definitivo. El vivero es un área de terreno cuidadosamente seleccionada, bien ubicada y con facilidades de acceso donde se concentrarán todas las actividades e infraestructura para la producción de plántulas. Varias razones que justifican el establecimiento del vivero, tales como: controlar y mejorar el porcentaje de germinación de las semillas, producir grandes cantidades de plántulas en espacios pequeños, seleccionar plántulas por tamaño y vigor para programar mejor las épocas de siembra y controlar efectivamente la aparición de plagas y enfermedades. Según el tiempo de permanencia del vivero, éste puede ser permanente o transitorio. Los viveros permanentes son aquellos destinados a la producción de grandes cantidades de plántulas en forma continua, los transitorios son aquellos cuyo objetivo es la producción y abastecimiento de plántulas a proyectos transitorios.

### **2.2.1. Ubicación del vivero**

CORPOICA (2007), afirma que es importante ubicar el vivero aledaño a una vía, donde se facilite la entrada de insumos, materiales y cargar directo al vehículo sin tener que manipular demasiado y poder conservaren buen estado hasta la llegada al sitio de destino. Igualmente, debe haber una fuente

de agua cercana, preferiblemente en la parte alta del vivero, con el fin de aprovechar la gravedad para el regadío sin tener que incurrir en los altos costos que implicaría instalar un sistema de bombeo.

### **2.2.2. Construcción del vivero**

VERA (2003), afirma que el tamaño del vivero depende principalmente del número de plantas que se desee producir, así como del tamaño de las fundas que se usen en la producción. Cada vivero tendrá un tamaño particular de acuerdo a sus características propias y no es posible fijar una norma sobre el tamaño máximo o mínimo, debido a las múltiples características que le son propias.

### **2.2.3. Trazado del vivero**

TRUJILLO (2002), sostiene que el vivero permanente debe tener un diseño con las siguientes características: Se debe construir cercas para independizar el área de vivero y restringir la entrada de animales que puedan estropear la producción ocasionando graves daños; caminos principales y secundarios, para la movilización propia de las actividades de producción. Finalmente, la construcción de los cobertizos hechos de diferentes materiales, tales como, tejas de zinc, de eternit, hojas de plátano u otros materiales, con la finalidad principal de proteger del sol excesivo y de la lluvia que produce encharcamiento de la suelo y dificulta su manejo.

### **2.3. Sustratos**

ANTÓN (1992), sostiene que son una mezcla o compuestos de materiales activos y/o inertes, los mismos que son usados como medios de propagación de algunas especies vegetales. Los sustratos están formados por fragmentos de diferentes materiales, resultando en un complejo de partículas de materiales rocosos y minerales característicos; además, los sustratos pueden estar constituidos por ciertos organismos vivientes o en descomposición.

MAINARDI (2001), sostiene que los sustratos, proporcionan humedad y aireación a las semillas durante el proceso de germinación. La textura del sustrato influye directamente en el porcentaje de semillas germinadas así como en la calidad del sistema radicular.

#### **2.3.1. Preparación del sustrato**

SUQUILANDA (2001), afirma que para la preparación del sustrato se necesita de una parte de arena de río, materia orgánica descompuesta, humus de lombriz y cuatro partes de suelo del lugar; además esta labor se realiza con un mes de anticipación a la siembra.

#### **2.3.2. Embolsado**

SUÁREZ (2000), sostiene que cuando el sustrato está preparado se llenan en bolsas de polietileno de color negro, con dimensiones de 12 a 14 cm de diámetro, 20 a 25 cm de alto y dejando 2 cm del borde de la bolsa.

#### **2.4. Obtención de semilla y siembra**

ASENJO (2003), afirma que la plantación de cacao por ser un cultivo perenne con una vida útil de producción promedio de 20 años, es muy importante el cuidado selectivo del proceso para obtener las semillas que producirán los patrones. Se eligen las mazorcas maduras y bien constituidas, ubicadas en el tercio superior del tronco donde se encuentran las semillas más grandes para que el patrón crezca vigoroso y sea pronto injertado. Después de extraídas las semillas de las mazorcas y eliminado el mucílago a través de la frotación con ceniza, aserrín, arena fina, cal apagada o costales de yute, se dispone a orearlas bajo sombra durante 8 horas. Transcurrido este tiempo se las desinfecta con ceniza o cal apagada estando aptas para ser sembradas. Para la siembra se coloca una semilla por bolsa en posición vertical a una profundidad aproximada de 2.5 cm y se la cubre con el sustrato.

#### **2.5. Fertilización en el vivero**

FLORES (1997), afirma que la fertilización es muy eficaz para aumentar el desarrollo de las plántulas en menor tiempo. La aplicación del fertilizante dependerá de la fertilidad del suelo y de los requerimientos de la planta para un buen desarrollo, por eso su recomendación debe basarse en un análisis de suelo. Los programas de fertilización, se proyectan con base en los 3 macro nutrientes principales (NPK); los niveles de fertilización deben ajustarse a cada una de las tres etapas de desarrollo de la plántula en vivero. Los elementos anotados anteriormente, son los más importantes y deben tenerse en cuenta, en todos los programas de fertilización, además de los otros elementos llamados menores como

el boro (B), calcio (Ca), magnesio (Mg), etc. Los fertilizantes pueden ser de dos tipos: orgánicos y químicos.

REYES y GONZÁLEZ (2003), afirman que la siembra de plántulas no vigorosas trae como consecuencias crecimiento lento en campo, período prolongado para producir y susceptibilidad al ataque de enfermedades. Por tales razones, los productores de cacao eligen las plántulas que poseen mayor desarrollo al momento de adquirir material de siembra.

DOMÍNGUEZ (1984), determinó que el nitrógeno (N), fósforo (P) y el potasio (K) juegan un papel importante para el crecimiento de las plántulas de cacao durante el primer mes después de aplicarse. ASENJO (2003), trabajando sobre tamaño de fundas de polietileno y fertilización, determinaron que, en los tratamientos fertilizados, las plántulas presentan mayor incremento de diámetro y altura que en los no fertilizados.

### **2.5.1. Fertilización foliar**

Es de conocimiento general que los nutrientes son absorbidos por las raíces de las plantas, pero existen evidencias de la absorción de sales minerales y sustancias orgánicas a través de las hojas, tallos, frutos y otras partes de las plantas.

PERDOMO y HAMPTON (1999), indican que los nutrimentos que pueden ser aplicados efectivamente en aspersiones foliares son: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro, manganeso, zinc, molibdeno; además, señala que los macro elementos pueden ser aplicados en

aspersiones, únicamente como suplemento nutricional a los cultivos durante los períodos críticos del crecimiento. Esta técnica de aplicación de nutrientes por aspersión se recomienda cuando estos elementos están deficientes o no disponibles en el suelo. Las aspersiones foliares se han utilizado por muchos años para aplicar fertilizantes al cultivo. Los nutrientes de estas aspersiones se mueven dentro de la planta a través de los estomas de las hojas, cutícula y vía epidermis.

FRANKE (2001), indica que las hojas no son órganos especializados para la absorción de los nutrimentos como lo son las raíces; sin embargo, los estudios han demostrado que los nutrimentos en solución sí son absorbidos aunque no en toda la superficie de la cutícula foliar; pero sí, en áreas puntiformes las cuales coinciden con la posición de los ectotesmos que se proyectan radialmente en la pared celular. Estas áreas puntiformes sirven para excretar soluciones acuosas de la hoja, como ha sido demostrado en varios estudios. Por lo tanto, también son apropiados para el proceso inverso, esto es, penetración de soluciones acuosas con nutrimentos hacia la hoja. El empleo de fertilizantes foliares, por la razón que al aplicar fertilizante al suelo este no es aprovechado por las plantas en forma eficiente por diversos obstáculos que existen. Por el contrario, la fertilización foliar no encuentra barreras para su absorción.

En Colombia, VALENCIA (1997) reporta que no se presentó respuesta favorable en el desarrollo de plantas de almácigo que fueron sometidas a aplicaciones foliares quincenales; siendo los productos evaluados: Coljap al

1%, Wuxal al 1%, Urea al 1% y Nutrimins al 1%. No se encontraron diferencias significativas entre el crecimiento vegetativo del Testigo y plantas de almácigo atomizadas con diferentes productos foliares (Fetrilom Combi + Urea, Metalosato Multimineral, Vitel + Vitafol, Aminofol); concluyendo que podría prescindirse del uso de los productos evaluados toda vez que para el llenado de bolsas se utilice abono orgánico y suelo de excelente calidad.

Bajo las condiciones de adecuado sustrato (7% suelo + 2% abono orgánico) y abonamiento oportuno, en las cuales se manejó este experimento, (CHÁVEZ, 1997) indica que los mejores tratamientos fueron aquellos que recibieron dosificaciones de 10-50-10, Enersoles o Bayfolán, superando los tres significativamente al Testigo en el peso seco del follaje y los dos primeros también en la altura de las plantas.

### **2.5.2. Fertilización orgánica**

ANTÓN (1992), sostiene que uno de los principios básicos de la agricultura orgánica es ser un sistema orientado a fomentar y mejorar la salud del agro-ecosistema, la biodiversidad y los ciclos biológicos del suelo. Para esto, se hace necesario implementar actividades que conduzcan a estos fines, que conlleven la restitución de elementos minerales y vivos (microorganismos, bacterias benéficas y hongos).

Asimismo, agrega que hasta el presente, de los 16 elementos esenciales para el desarrollo de las plantas, los más importantes para el cacao son: nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, manganeso, boro y zinc. En casos

de deficiencias, las plantas presentan sintomatología de amarillamiento, defoliación, estancamiento en el crecimiento y baja producción, además de vulnerabilidad al ataque de plagas y enfermedades debido al desequilibrio nutricional de las plantas. De allí que, el manejo orgánico del suelo y un conjunto de prácticas que propicien condiciones para un desarrollo sano, son el mejor control para los problemas de plagas y enfermedades.

De igual manera, indica que la diferencia que existe entre los fertilizantes químicos-sintéticos y los abonos orgánicos es que los primeros son altamente solubles y son aprovechados por las plantas en menor tiempo, pero generan un desequilibrio del suelo (acidificación, destrucción del sustrato, etc.); mientras que los orgánicos actúan de forma indirecta y lenta. Pero con la ventaja que mejoran la textura y estructura del suelo y se incrementa su capacidad de retención de nutrientes, liberándolos progresivamente en la medida que la planta los demande.

LANATTA (1998), manifiesta que en el humus es también una reserva de elementos constituidos por elementos biológicos estimuladores de crecimiento. Todas las plantas pueden absorber los elementos constituyentes húmicos las cuales ejercen acciones fisiológicas a favor de la actividad enzimática; acelerando entre otras cosas, los procesos de síntesis de los ácidos nucleicos influyendo positivamente en la fisiología de la planta.

MENDOZA (2001), señala que entre las tecnologías aplicadas en la elaboración de viveros está la adición de cascarilla de arroz, que es un subproducto de las industrias molineras, de baja tasa de descomposición dado

a su alto contenido de sílice, buena aireación, baja retención de humedad inicial. Las propiedades químicas son: nitrógeno 0.50 a 0.60%, fósforo de 0.08 a 0.10%, potasio de 0.20 a 0.40%, calcio 0.10 a 0.15% y magnesio de 0.10 a 0.12%.

### **2.5.3. Uso de abonos orgánicos**

ANTON (1992), manifiesta que en los suelos vírgenes encontramos un equilibrio y balance que dan la oportunidad, a todos los actores de este ecosistema complejo, de desarrollar sus ciclos biológicos en armonía y complementariedad. Esto hace muy rico el bosque tropical. Asimismo, sostiene que gráficamente podemos imaginarnos un bosque tropical compuesto por árboles grandes, medianos y pequeños, arbustos, plantas de porte mediano, trepadoras y rastreras. A esto debemos sumar una gran biodiversidad de microorganismos con funciones específicas y mutuamente equilibradas; además, del reino animal desde los insectos más diminutos hasta los mamíferos más grandes.

Por otro lado, afirma que el suelo no es únicamente una mezcla de minerales inorgánicos y sustancias orgánicas, incluye también un complejo sistema de animales, raíces de plantas y microorganismos todos interactuando para crear un ambiente de crecimiento saludable. Un buen suelo contiene una buena cantidad de aire, agua circulando fácilmente, nutrientes disponibles en forma mineral y formas orgánicas complejas, sistema radical de las plantas y poblaciones de micorrizas desarrollándose y trabajando para su mutuo beneficio. Además en un suelo funcionando adecuadamente las raíces de las

plantas secretan compuestos orgánicos complejos, que atraen y son fuente de energía para los microorganismos y cumplen todas las funciones requeridas en el suelo, como la descomposición de la materia orgánica en humus, producen polisacáridos para agregar el suelo, incrementan el área superficial de las partículas, incrementan espacios abiertos para el aire, agua, nutrientes y las poblaciones microbiales, fijan nitrógeno y hacen otros nutrientes disponibles para la conversión de compuestos de ácidos húmicos a estructuras compatibles con las plantas para poder ser absorbidas como alimento; Además, los hongos antagonistas crean un balance entre microorganismos patógenos y benéficos lo que permite un ambiente sano para el desarrollo de las raíces. El resultado es un buen balance, eficiente ecosistema, que provee el ambiente para el crecimiento de plantas sanas con resistencia a los patógenos y otros agentes negativos del suelo, una más eficiente utilización de los nutrientes y un incremento en la producción de los cultivos.

De igual manera, ANTÓN (1992) afirma que los abonos orgánicos poseen algunas características, entre ellas:

- Por su color oscuro, absorbe más las radiaciones solares, con lo que el suelo adquiere más temperatura y se pueden absorber con mayor facilidad los nutrientes.
- Mejora la estructura, haciendo más ligeros a los suelos arcillosos y más compactos a los arenosos.
- Mejoran la permeabilidad del suelo, drenaje y aireación.
- Disminuyen la erosión del suelo, agua y viento.

- Aumentan la retención de agua en el suelo, por lo que se absorbe más el agua cuando llueve o se riega, y retienen durante mucho tiempo, el agua en el suelo durante el verano.
- Los abonos orgánicos aumentan el poder tampón (buffer) del suelo, y en consecuencia reducen las oscilaciones de pH de éste.
- Aumentan también la capacidad de intercambio catiónico del suelo, con lo que aumentamos la fertilidad.
- Favorecen la aireación y oxigenación del suelo, por lo que hay mayor actividad radicular y mayor actividad de los microorganismos aerobios.
- Los abonos orgánicos constituyen una fuente de energía para los microorganismos, por lo que se multiplican rápidamente.

## **2.6. Aprovechamiento de los residuos sólidos biodegradables municipales (RSBM)**

### **2.6.1. Reciclaje de basura orgánica en forma de compostaje**

ANTÓN (1992) afirma que los compuestos que forman parte de los seres vivos, son productos de origen animal o vegetal y con la materia orgánica se puede hacer el compost que es un magnífico abono para el suelo, además con esto se reducirá los residuos sólidos, así como los restos de comida, frutas y verduras, cáscaras de huevo, restos de café, cenizas, aserrín, paja, trozos de madera, poda del jardín entre otros. Después de uno a cuatro meses se convertirá en “humus” (es el nombre de la suelo que se forma por la descomposición de la materia orgánica). Y esto resulta en un abono estupendo con vida, con una gran densidad y variedad de microorganismos

que sintetizan enzimas, vitaminas, hormonas, etc. y que repercuten favorablemente en el equilibrio biótico del suelo.

### **2.6.2. Producción de compost agrícola**

El compost, es el producto final obtenido mediante un proceso de descomposición biológica de la materia orgánica, en condiciones controladas de humedad y temperatura, que oscila entre 50 y 70 °C, provocando así, la destrucción de elementos patógenos y por tanto la total inocuidad del producto.

PRIMAVESI (1992) y ANTÓN (1992), sostienen que la estrecha relación existente entre el contenido de materia orgánica de un suelo y su fertilidad es un hecho ampliamente constatado y aceptado universalmente. La materia orgánica mejora la estabilidad del mismo, aumentando su porosidad y capacidad de retención hídrica, favoreciendo así el intercambio de gases y agua y la capacidad exploratoria del sistema radicular de las plantas. Asimismo, aumenta su capacidad de cambio catiónico, favoreciendo la fijación de nutrientes, manteniéndolos durante más tiempo a disposición de las plantas. Del mismo modo, aumenta el estado de agregación del suelo y el desarrollo de su flora microbiana. Por todo esto, una de las vías más importantes de regeneración de suelos.

ANTÓN (1992), afirma que uno de los tipos de compost más conocidos es el producido a partir de residuos sólidos urbanos, donde se realiza un aprovechamiento de la fracción orgánica fermentable separándola de los materiales no deseables, materiales cuya degradación biológica es difícil

(plásticos, vidrios, etc.) y materiales que pueden aportar elementos tóxicos (metales férricos y no férricos, productos químicos, etc.), cuya asimilación por parte del cultivo receptor representa un riesgo potencial para la salud. Esta condición la cumplen los residuos generados en la transformación de vegetales puesto que se pueden separar totalmente y con facilidad los residuos orgánicos del resto, este tipo de residuos pueden considerarse aptos y deseables para compostar.

### **2.6.3. Abono orgánico tipo Bocashi**

SHINTANI (2000), explica que 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. El bocashi está hecho a base de desechos vegetales y excretas animales. Se puede preparar un tipo aeróbico u otro tipo anaeróbico; 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.

MARTÍNEZ (2004), sostiene que cuando el bocashi 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.

## **2.7. Antecedentes de otros trabajos**

Se conoce que en la Universidad Earth, en Costa Rica, desde 1998 se está produciendo abono orgánico fermentado tipo Bocashi a partir de la captación de las heces y la orina del ganado, obteniendo un abono orgánico con un alto contenido de minerales y de materia orgánica, como producto adicional del sistema pecuario. Este abono orgánico es utilizado para el llenado de bolsas de vivero y para la fertilización orgánica de todo tipo de cultivos obteniendo excelentes resultados (ZAPATA, 2005).

En una evaluación de la aplicación del abono tipo bocashi en los cambios de las propiedades físicas de un suelo degradado se realizó tratamientos con diferentes cantidades de bocashi, los tratamientos fueron: T<sub>1</sub> (300 g), T<sub>2</sub> (250 g), T<sub>3</sub> (200 g), T<sub>4</sub> (100 g) y T<sub>5</sub> (0 g). Se evaluaron tres variables respuestas: densidad aparente, densidad real y estabilidad estructural. La menor densidad aparente se presentó en los tratamientos tres y cuatro, lo cual indica un mejoramiento del espacio poroso del suelo, puede ayudar al aumento en la retención de humedad y a un mejor desarrollo del sistema radicular de las plantas. Los tratamientos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub>, disminuyeron la densidad real del suelo (ASENJO, 2003).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Campo experimental**

##### **3.1.1. Ubicación**

La investigación se llevó a cabo en el terreno de la señora Gisel Delfina Panchana Inga, identificada con Documento Nacional de Identidad N° 07530154, a 39 km de la ciudad de Tingo María, margen izquierda de la carretera Fernando Belaunde Terry, ubicado en el distrito de Padre Felipe Luyando, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, cuyas coordenadas UTM, con el equipo GPS navegador Garmin 12XL, son las siguientes:

Este : 391064 m.

Norte : 8978491 m.

Altitud : 645 m.s.n.m.

##### **3.1.2. Historia del campo experimental**

El predio donde se realizó la parcela experimental está ocupada por el cultivo cacao de siete años de edad y dos hectáreas de purma aproximadamente.

### **3.1.3. Registros meteorológicos**

Las temperaturas máximas y mínimas oscilan entre 28.2 °C y 17.2 °C, respectivamente, con una precipitación media anual de 3,000 mm, y las condiciones térmicas e hídricas son favorables para el cultivo de cacao.

### **3.1.4. Análisis del suelo, bocashi y compost**

Se sacó una muestra representativa del suelo bocashi y compost, las mismas que se llevaron al Laboratorio de Análisis de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva para su análisis de nutrientes.

En el Cuadro 1, se presenta los resultados del análisis físico – químico del suelo donde se observa las siguientes características: textura franco limoso, pH fuertemente ácido, materia orgánica y fósforo en un nivel medio, y potasio en un nivel bajo, características que determinan que el suelo presente fertilidad baja.

**Cuadro 1.** Análisis de las características de los suelos.

<b>Parámetro</b>	<b>Sustrato</b>	<b>Método empleado</b>
<b>Análisis físico:</b>		
Arena (%)	25.68	Hidrómetro
Arcilla (%)	9.04	Hidrómetro
Limo (%)	65.28	Hidrómetro
Clase textural	Franco Limoso	Triangulo textural
<b>Análisis químico:</b>		
pH (1:1)	4.07	Potenciómetro
M. O. (%)	2.35	Walkley y Black
N - total (%)	0.11	% M.O. x 0.05
P disponible (ppm P)	9.06	Olsen Modificado
K disponible (kg K <sub>2</sub> O/ha)	139.13	Ácido sulfúrico
Ca cambiable (Cmol <sup>(+)</sup> /kg)	9.68	EAA
Mg cambiable (Cmol <sup>(+)</sup> /kg)	0.77	EAA
Al cambiable (Cmol <sup>(+)</sup> /kg)	3.18	EEA
H cambiable (Cmol <sup>(+)</sup> /kg)	1.25	EEA
CIC	14.87	Suma de cationes
Bases Cambiables (%)	70.20	
Acidez Cambiable (%)	29.80	
Saturación de aluminio (%)	21.39	

**Fuente:** Laboratorio de Análisis de Suelos - UNAS (2014).

**Cuadro 2.** Análisis químico de las fuentes orgánicas utilizadas

<b>Parámetros</b>	<b>Bocashi</b>	<b>Compost (RSBM)</b>
pH	9.45	7.08
Humedad. (%)	21.58	2.41
MO (%)	22.04	54.06
N (%)	1.58	1.09
Rel. C/N	8:12	-
P (%)	1.31	0.72
K (%)	2.24	0.95
Ca (%)	3.19	5.21
Mg (%)	0.79	-
Na (%)	0.59	0.39
S (%)	0.57	-
B (ppm)	100.52	-
Fe (ppm)	3375.75	2391.14
Cu (ppm)	67.15	135.28
Mg (ppm)	572.28	408.90
Zn (ppm)	481.13	270.56

**Fuente:** Laboratorio de Análisis de Suelos - UNAS (2014).

### 3.2. Componentes en estudio

**Factor A:** Proporción Suelo / Material orgánico (Volumen/Volumen)

a<sub>1</sub>: 50:50 (1:1)

a<sub>2</sub>: 66:33 (2:1)

a<sub>3</sub>: 75:25 (3:1)

a<sub>4</sub>: 80:20 (4:1)

**Factor B:** Tipo de materia orgánica

b<sub>1</sub>: Bocashi

b<sub>2</sub>: Compost (RSBM)

### 3.3. Tratamientos en estudio

Los tratamientos se describen en el Cuadro 3.

**Cuadro 3.** Descripción de los tratamientos en estudio.

Trat.	Clave	Descripción
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	50% Suelo franco limoso : 50% Bocashi
T <sub>2</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	66% Suelo franco limoso : 33% Bocashi
T <sub>3</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	75% Suelo franco limoso : 25% Bocashi
T <sub>4</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	80% Suelo franco limoso : 20% Bocashi
T <sub>5</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	50% Suelo franco limoso : 50% Compost RSBM
T <sub>6</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	66% Suelo franco limoso : 33% Compost RSBM
T <sub>7</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	75% Suelo franco limoso : 25% Compost RSBM
T <sub>8</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	80% Suelo franco limoso : 20% Compost RSBM
T <sub>9</sub>	Test.	Testigo Suelo Franco limoso

### 3.4. Diseño experimental

El diseño experimental, empleado fue el diseño completamente al azar con arreglo factorial de 4A x 2B más un Testigo adicional con 20 repeticiones; las variables evaluadas fueron sometidas al análisis de variancia (ANVA) y la comparación de medias a la prueba de Duncan con un nivel significación de  $p < = 0.05$ .

#### 3.4.1. Modelo aditivo lineal

CALZADA (1970), propone el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \theta_k + \varepsilon_{ijk}$$

**Dónde:**

$Y_{ijk}$  = Efecto obtenido en la unidad experimental correspondiente a la k-ésima repetición al que se aplicó el i-ésima cantidad de suelo en el j-ésimo tipo de sustrato

$\mu$  = Efecto de la media general.

$\alpha_i$  = Efecto del i-ésima proporción de suelo.

$\beta_j$  = Efecto del j-ésimo tipo de materia orgánica.

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de la interacción de la i-ésima cantidad de suelo en el j-ésimo tipo de materia orgánica.

$\varepsilon_{ijk}$  = Efecto aleatorio de error experimental asociada a dicha observación.

**Cuadro 4.** Esquema del análisis de variancia (ANVA).

<b>Fuente de variación</b>	<b>Fórmula</b>	<b>G.L.</b>
Tratamientos	(r-1)	8
Factorial		7
A (Cantidad de suelo)	(a-1)	3
B (Materia orgánica)	(b-1)	1
A x B	(a-1) (b-1)	3
Factorial vs Testigo		1
Error experimental		171
Total	(abr-1)	179

### 3.5. Características del campo experimental

#### A. Repetición

Número de repeticiones : 3

#### B. Parcela

Número de parcelas/repetición : 9

Número total de parcelas : 27

Largo de cada parcela : 10 m

Ancho de cada parcela : 10 m

Área de cada parcela : 100 m<sup>2</sup>

Área neta de cada parcela : 64 m<sup>2</sup>

#### C. Dimensiones del campo experimental

Largo : 60 m

Ancho : 41.5 m

Área neta del experimento : 1536 m<sup>2</sup>

### 3.6. Ejecución el experimento

#### 3.6.1. Ubicación de la parcela

Se inició con el reconocimiento de la parcela experimental y registrando las características del terreno para continuar con los trabajos posteriores.

#### 3.6.2. Limpieza general de la parcela experimental

Se realizó la limpieza de malezas (de forma manual con machete) y restos orgánicos (azadón), luego se niveló de forma visual y con pala, finalmente se utilizó una wincha para la medición correspondiente del campo experimental.

### **3.6.3. Instalación del vivero**

Para la instalación del vivero se utilizó los siguientes materiales: caña brava, malla Raschel, conformando así las camas y el tinglado, finalizando con el cerco perimétrico.

### **3.6.4. Obtención del sustrato**

Para la preparación del sustrato se utilizó abono mejorado de suelo (Bocashi), marca Mallqui y compost de residuos sólidos biodegradables (RSB) de la Municipalidad Provincial de Leoncio Prado, realizando la mezcla con suelo franco limoso (Playa Tingo) para el análisis físico de los sustratos.

### **3.6.5. Ubicación de las bolsas**

Se ubicó en las respectivas camas de vivero, colocando cuatro bolsas en sentido horizontal y siete bolsas en sentido vertical en todas las camas haciendo un total de 20 bolsas por tratamiento; por lo tanto, se consideró 9 bolsas de la parte central como parcela útil.

### **3.6.6. Siembra en las bolsas**

Una vez realizados los pasos anteriores se procedió a extraer las semillas de cacao seleccionadas de mazorcas sanas y grandes; luego se limpió el mucilago de las semillas frotando con arena de río, posteriormente se quitó la testa y se le dejó en reposo por una noche en un balde con agua, para acelerar la germinación; luego se escogieron las semillas con buena radícula y se depositó en cada bolsa.

### **3.6.7. Riegos**

Se realizó cada tres días con una bomba de mochila a medida que se desarrollaron las plántulas; luego con una frecuencia de cada 8 días.

## **3.7. Variables a evaluar**

### **3.7.1. Altura de los plantones de cacao**

Se midió desde el nivel de cuello hasta la parte apical del plantón, las evaluaciones se realizaron a los 30, 60,90 y 120 días después de la siembra.

### **3.7.2. Diámetro del tallo de los plantones de cacao**

Se midió con el instrumento Vernier mecánico a nivel del cuello del plantón; las evaluaciones se realizaron a los 30, 60,90 y 120 días después de la siembra.

### **3.7.3. Área foliar de los plantones de cacao**

Se realizó mediante el método del sacabocado, se colectaron 5 plantas por tratamiento de las tres repeticiones, y de las 5 plantas se seleccionaron 15 hojas y se superpusieron encima uno de otro realizando 10 perforaciones con el sacabocado obteniendo las siluetas foliares con un diámetro de 1 cm; seguidamente se llevaron las siluetas foliares extraídas con el sacabocado a la estufa a 90 °C por 48 horas hasta lograr un peso constante; después de sacar las muestras de la estufa se dejó enfriar para llevar las muestras en la balanza analítica.

Para el área foliar de la circunferencia se utilizó la siguiente fórmula,  $\pi \cdot r^2$  (150), donde 150 representa el número de circunferencias extraídas de las 15 hojas por 10 perforaciones.

El cálculo del área foliar, se realizó por regla de 3 simple, donde:

Área de la circunferencia ----- Peso seco de la circunferencia

Área foliar /tratamiento (X) ----- Peso seco total hojas

El resultado obtenido se dividió entre el número de repeticiones (5 plantas /tratamiento), obteniendo así el promedio de cada repetición en las tres repeticiones.

#### **3.7.4. Longitud y volumen del sistema radicular**

Para determinar la longitud, extrajo plantones cuidando de no cortar las raíces; luego se cortó, lavó y se midió empleando una regla graduada. El volumen del sistema radicular se determinó en probetas con agua y volumen conocido, se introdujo el sistema radicular y por diferencia del volumen final menos el volumen inicial se obtuvo el volumen de la raíz.

#### **3.7.5. Biomasa aérea y radicular**

Se extrajeron plantones con todas sus raíces, se cortó y pesó, luego fueron llevados al laboratorio y colocado en una estufa a una temperatura de 73 °C hasta alcanzar peso constante.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Altura de los plantones de cacao

En el Cuadro 5, se presenta los resultados resumidos del análisis de variancia correspondiente a la altura de plantones de cacao.

A los 30 días existe alta significación estadística para las fuentes de variación: factorial, factor A (suelo), factor B (materia orgánica), interacción (AxB) y Testigo en la altura de planta de cacao; además a los 60 y 90 días sólo para el Testigo y finalmente a los 120 días el factorial, factor A (suelo) y Testigo.

Los coeficientes de variabilidad a los 30 y 60 días fueron de 8.10 y 9.11% respectivamente indicando que hubo excelente homogeneidad; sin embargo, a los 90 y 120 días fueron de 11.95 y 12.59% respectivamente con muy buena homogeneidad en los resultados experimentales.

En el Cuadro 6, se presenta la prueba de comparación de medias de Duncan ( $\alpha=0.05$ ). En cuanto a las proporciones, se observa que a los 120 días con la proporción 1:1 (50:50) se logró una altura de 40.65 cm., diferenciándose de las demás proporciones, con las que se alcanzaron menores alturas. Comparando los tipos de materia orgánica empleada, no se hallaron diferencias significativas

estadísticamente, entre el Bocashi y Compost, registrándose valores de altura entre 38.52 y 38.27 cm respectivamente.

Resulta evidente que la aplicación de la materia orgánica permitió obtener plantones de mayor altura, debido a su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (ASENJO (2003).

CHÁVEZ (1997) logró mayor altura de crecimiento en plantones de cacao cuando utilizó la proporción de 75% de suelo y 25% de materia orgánica, lo que se podría atribuir a la composición de la materia orgánica utilizada.

**Cuadro 5.** Análisis de varianza para la altura de plantones de cacao a los 30, 60, 90 y 120 días después de la siembra.

F.v.	GL	30 dds		60 dds		90 dds		120 dds	
		CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.
Tratamientos	8	17.36	**	22.70	**	43.91	**	103.24	**
Factorial	7	11.64	**	5.62	ns	21.22	ns	60.25	*
A (Cantidad de Suelo)	3	13.54	**	8.08	ns	26.72	ns	106.19	**
B. (Mat.Org)	1	10.51	*	8.51	ns	27.57	ns	2.53	ns
A x B	3	10.12	**	2.20	ns	13.61	ns	33.56	ns
Testigo	1	57.36	**	142.07	**	202.70	**	404.18	**
Error exp.	171	2.30		4.41		12.71		22.73	
Total	179								

(\*) Significativo

(\*\*) Altamente significativo

(ns) No significativo

(dds) días después de la siembra

**Cuadro 6.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para los efectos principales de altura de plantones de cacao.

Factores	Evaluaciones			
	30 dds	60 dds	90 dds	120 dds
<b>Proporción Suelo/Mat. Org.</b>				
1:1 (50/50)	19.68 a	24.01 a	31.10 a	40.65 a
2:1 (66/33)	18.36 b	23.30 a	30.20 a	38.49 b
3:1 (75/25)	19.03 b	22.99 a	30.40 a	37.52 b
4:1 (80/20)	18.58 b	23.15 a	29.10 a	36.94 b
<b>Materia orgánica</b>				
Bocashi	18.66 a	23.59 a	30.62 a	38.52 a
C. RSBM	19.17 b	23.13 a	29.79 a	38.27 a
CV (%) =	8.36	9.42	12.45	13.16

(dds) días después de la siembra

Comparando los tratamientos que llevaron materia orgánica en promedio con el tratamiento Testigo (Cuadro 7), este último logró estadísticamente la menor altura 33.63 cm, que con la aplicación de materia orgánica que alcanzó un promedio de 38.40 cm, coincidiendo con LANATTA (1998) quien indica que la materia orgánica contiene elementos nutritivos estimuladores del crecimiento como ácidos fúlvicos, húmicos y radicales; sin embargo, BAUTISTA (1998) afirma que el efecto de los tratamientos en la altura de cacao en la fase vivero se debe a la condición genética de la especie de cacao. En el mismo Cuadro 7, se observa que las diferencias estadísticas significativas entre el Testigo vs Factorial se mantuvieron en las cuatro evaluaciones; es decir, que los tratamientos que recibieron materia orgánica produjeron plantones de mayor altura que aquellos que no recibieron materia orgánica (Testigo).

**Cuadro 7.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el promedio del Factorial vs. Testigo en la altura de plantones de cacao.

Tratamientos	Evaluaciones							
	30 dds		60 dds		90 dds		120 dds	
Factorial	18.91	a	23.36	a	30.20	a	38.40	a
Testigo	17.12	b	20.54	b	26.83	b	33.63	b

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ).

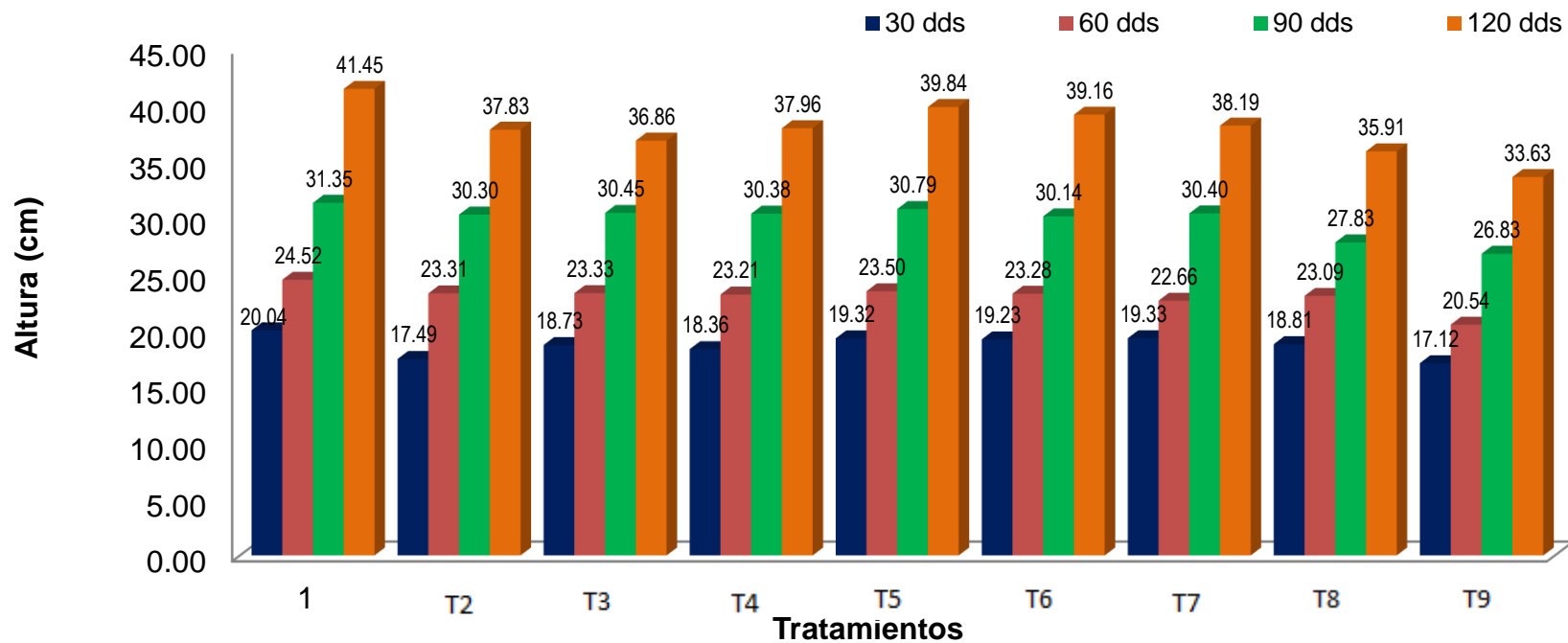
En el Cuadro 8 y Figura 1, se presenta la prueba de comparación de medias de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para la altura de los plantones de cacao de los nueve tratamientos y en las cuatro evaluaciones. Se observa que el tratamiento con la proporción 1:1 (suelo/bocashi) (T<sub>1</sub>) logró mayor altura en las cuatro evaluaciones, resultando en la cuarta evaluación estadísticamente mayor que el resto de tratamientos con 41.45 cm.

**Cuadro 8.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para la altura de los plantones de cacao.

Trat.	Clave	Altura (cm)							
		30 dds		60 dds		90 dds		120 dds	
		Prom.	Sig.	Prom.	Sig.	Prom.	Sig.	Prom.	Sig.
T <sub>1</sub>	a1b1	20.04	a	24.52	a	31.35	a	41.45	a
T <sub>2</sub>	a2b1	17.49	c	23.31	a	30.30	a	37.83	b
T <sub>3</sub>	a3b1	18.73	b	23.33	a	30.45	a	36.86	b
T <sub>4</sub>	a4b1	18.36	b	23.21	a	30.38	a	37.96	b
T <sub>5</sub>	a1b2	19.32	b	23.50	a	30.79	a	39.84	b
T <sub>6</sub>	a2b2	19.23	b	23.28	a	30.14	a	39.16	b
T <sub>7</sub>	a3b2	19.33	b	22.66	a	30.40	a	38.19	b
T <sub>8</sub>	a4b2	18.81	b	23.09	a	27.83	b	35.91	b
T <sub>9</sub>	Test.	17.12	c	20.54	b	26.83	b	33.63	c

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ).

(dds) días después de la siembra



T<sub>1</sub>= 50% Suelo franco arenoso: 50% Bocashi  
Bocashi

T<sub>2</sub>= 66% Suelo franco arenoso: 33% Bocashi

T<sub>3</sub>= 75% Suelo franco arenoso: 25%

T<sub>4</sub>= 80% Suelo franco arenoso: 20% Bocashi  
RSBM

T<sub>5</sub>= 50% Suelo franco arenoso: 50% Compost RSBM T<sub>6</sub>= 66% Suelo franco arenoso: 33% Compost

T<sub>7</sub>= 75% Suelo franco arenoso: 25% Compost RSBM

T<sub>8</sub>= 80% Suelo franco arenoso: 20% Compost RSBM

T<sub>9</sub>= Testigo Suelo franco limoso

**Figura 1.** Altura de los plantones de cacao a los 30, 60, 90 y 120 días después de la siembra.

#### **4.2. Diámetro de tallo de los plántones de cacao**

En el Cuadro 9, se presenta el resumen del análisis de variancia para el diámetro del tallo de los plántones de cacao.

A los 30 días no hubo significación estadística al ( $\alpha=0.05$ ) de probabilidad; a los 60 días existe alta significación estadística para las fuentes de variación: factorial, factor A (suelo), factor B (materia orgánica) y Testigo; sin embargo, a los 90 días existe alta significación estadística para todas las fuentes de variación; pero, a los 120 días sólo hubo para el factorial, factor A (suelo), factor B (materia orgánica) y Testigo en el diámetro de plántones de cacao.

Los coeficientes de variación a los 30, 60, 90 y 120 días fueron de 8.02, 8.75, 7.33 y 5.87% respectivamente, e indican que hubo excelente homogeneidad en los resultados experimentales.

En el Cuadro 10, se presenta las pruebas de comparación de medias de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para la proporción Suelo: Materia Orgánica y fuentes de Materia Orgánica.

**Cuadro 9.** Análisis de varianza para el diámetro del tallo de cacao.

Fuente de variación	GL	30 dds		60 dds		90 dds		120 dds	
		CM	Sig	CM	Sig	CM	Sig	CM	Sig
Tratamientos	8	5.80E-04	ns	0.01	**	0.04	**	0.02	**
Factorial	7	4.60E-04	ns	0.01	**	0.01	**	0.01	**
A (suelo)	3	1.30E-04	ns	0.01	**	0.01	**	0.02	**
B. (M.O)	1	5.60E-04	ns	0.01	**	0.01	**	1.30E-03	n.s
A x B	3	7.50E-04	ns	2.60E-03	ns	0.01	**	6.60E-04	n.s
Testigo	1	1.40E-03	ns	0.03	**	0.21	**	0.12	**
Error exp.	171	5.20E-04		9.80E-04		1.70E-03		1.50E-03	
Total	179								
CV= %		8.02		8.75		7.33		5.87	

(\*) Significativo,

(\*\*) Altamente significativo

(ns) No significativo.

(dds) días después de la siembra

**Cuadro 10.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para los efectos principales del diámetro del tallo de los plantones de cacao.

Factores	Diámetro de tallo (cm)			
	30 dds	60 dds	90 dds	120 dds
<b>Proporción Suelo/Mat.Org.</b>				
1:1 (50/50)	0.28 a	0.39 a	0.59 a	0.70 a
2:1 (66/33)	0.29 a	0.35 b	0.55 b	0.66 b
3:1 (75/25)	0.29 a	0.35 b	0.57 b	0.66 b
4:1 (80/20)	0.28 a	0.36 b	0.56 b	0.68 b
<b>Materia orgánica</b>				
Compost	0.28 a	0.37 a	0.56 a	0.68 a
Bocashi	0.29 a	0.35 b	0.58 b	0.67 a
CV (%) =	8.22	9.25	7.57	6.13

Tratamientos unidos por la misma letra en columna, no existe diferencia estadística significativa.  
(dds) días después de la siembra

Se observa que el diámetro de tallo es afectado por la proporción de suelo empleado a partir de la segunda hasta la cuarta evaluación; en esta etapa, se determina que la proporción de 1:1, a los 120 días después de la siembra, es la que logra mayor diámetro de tallo de 0.70 cm que el resto de proporciones; analizando las fuentes de materia orgánica, no existen diferencias estadísticas ( $\alpha=0.05$ ) entre el Bocashi y Compost de RSBM sobre el diámetro de tallo al cuarto mes de evaluación, por lo que resulta indiferente su utilización.

En el Cuadro 11, se presenta los diámetros alcanzados de los plantones de cacao en las cuatro evaluaciones, comparándose el Testigo con el Factorial. En este cuadro se observa que sólo en el primer mes de evaluación, el Testigo logró un diámetro estadísticamente similar con el promedio de los tratamientos del factorial y luego en el resto de evaluaciones hasta el cuarto mes,

muestran una alta diferencia estadística entre el Testigo y los tratamientos del factorial, resultando al cuarto mes de evaluación, una media de 0.59 cm y 0.67 cm de diámetro respectivamente.

**Cuadro 11.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) del Factorial vs Testigo para el diámetro del tallo de los plántones de cacao.

Tratamientos	Diámetro (cm)			
	30 dds	60 dds	90 dds	120 dds
Factorial	0.29 a	0.36 a	0.57 a	0.67 a
Testigo	0.28 a	0.32 b	0.46 b	0.59 b

Tratamientos unidos por la misma letra en columna, no existe diferencia estadística significativa. (dds) días después de la siembra

En el Cuadro 12 y Figura 2, se presenta la prueba de comparación de medias de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) de las diferentes proporciones Suelo: Materia Orgánica.

Se observa que a los 120 días alcanzó mayor diámetro de tallo los tratamientos T<sub>1</sub> y T<sub>5</sub> que corresponden a la proporción Suelo: Bocashi (1:1) y Suelo: Compost (1:1) con 0.71 cm y 0.69 cm respectivamente; los tratamientos con materia orgánica forman un segundo grupo estadísticamente similar; mientras que el Testigo T<sub>9</sub> (sin materia orgánica) con 0.59 cm logró un diámetro estadísticamente menor que el resto de tratamientos; así el diámetro del tallo cuando se compara el promedio entre los tratamientos con materia orgánica y el Testigo (Cuadro 11), resulta con mayor diámetro que el Testigo (0.67 cm y 0.59 cm respectivamente); este resultado es defendido por ANTON (1992) al señalar que la materia orgánica

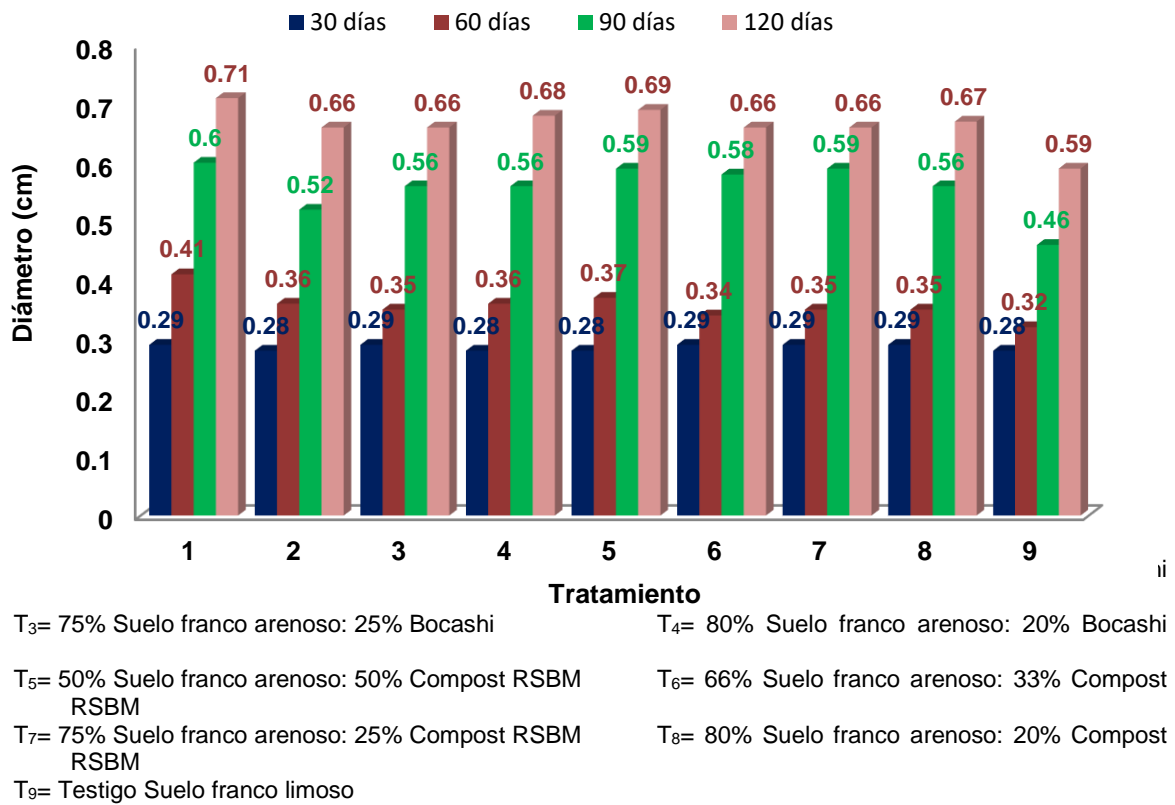
es un abono orgánico de gran densidad y variedad de microorganismos que sintetizan enzimas, vitaminas y hormonas influyendo sobre el crecimiento y desarrollo de la plantones; además PRIMAVESI (1992) indica que el uso de la materia orgánica es importante en la regeneración del suelo. Sin embargo, el crecimiento del diámetro o radial se debería a la actividad del cambium, el que va a estar influenciado por factores internos y externos a través del tiempo, este crecimiento parece depender de la actividad fotosintética y es posible que la mayor actividad cambie durante los meses de mayor temperatura y resulte un mayor área foliar coincidiendo con (BAUTISTA, 1988).

**Cuadro 12.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el diámetro de plantones de cacao.

Trat.	Clave	Diámetro (cm)							
		30 dds		60 dds		90 dds		120 dds	
		Prom.	Sig	Prom.	Sig.	Prom.	Sig.	Prom.	Sig.
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	0.29	a	0.41	a	0.60	a	0.71	a
T <sub>2</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	0.28	a	0.36	b	0.52	c	0.66	b
T <sub>3</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	0.29	a	0.35	b	0.56	b	0.66	b
T <sub>4</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	0.28	a	0.36	b	0.56	b	0.68	b
T <sub>5</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	0.28	a	0.37	b	0.59	a	0.69	a
T <sub>6</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	0.29	a	0.34	b	0.58	a	0.66	b
T <sub>7</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	0.29	a	0.35	b	0.59	a	0.66	b
T <sub>8</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	0.29	a	0.35	b	0.56	b	0.67	b
T <sub>9</sub>	Test.	0.28	a	0.32	c	0.46	d	0.59	c
CV (%) =		8.02		8.75		7.33		5.87	

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ).

(dds) días después de la siembra



**Figura 2.** Diámetro del tallo de plantones de cacao a los 30, 60, 90 y 120 días después de la siembra.

#### 4.3. Área foliar de los plantones de cacao

En el Cuadro 13, se presenta los resultados resumidos del análisis de variancia correspondiente al área foliar de los plantones de cacao, del que se deduce lo siguiente:

Existe alta significación estadística al 0.05% de probabilidad para las fuentes de variación: factorial, factor A (Suelo) y Testigo en el área foliar de los plantones de cacao.

**Cuadro 13.** Análisis de varianza del área foliar de los plantones de cacao.

Fuentes de variación	GL	Área foliar	
		CM	Sig
Tratamientos	8	0.06000	**
Factorial	7	0.05000	**
A (Cantidad de suelo)	3	0.12000	**
B (MO)	1	0.00440	ns
A x B (Suelo x MO)	3	0.00012	ns
Testigo	1	0.09000	**
Error experimental	171	0.00180	
Total	179		

CV = 9.64 (%)

(\*\*) Altamente significativo

(ns) No significativo

El coeficiente de variabilidad 9.64%, nos indica que hubo una excelente homogeneidad en los resultados experimentales.

En el Cuadro 14, se presenta la prueba de comparación de medias de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para las proporciones Suelo: Materia Orgánica y Fuentes de Materia Orgánica.

**Cuadro 14.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para los efectos principales del área foliar de los plantones de cacao.

Factores	Área foliar	
	Promedio (cm <sup>2</sup> )	Significación
<b>Proporción Suelo/Mat.Org.</b>		
1:1 (50/50)	530	a
2:1 (66/33)	450	b
3:1 (75/25)	420	c
4:1 (80/20)	400	c
<b>Materia orgánica</b>		
Bocashi	450	a
Compost	440	a
P-valor	0.15	

CV (%)= 0.09

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ).

En el Cuadro 14, se observa que entre las proporciones Suelo: Materia Orgánica, la proporción 1:1 con 50% de materia orgánica, alcanza una mayor área foliar de 530 cm<sup>2</sup>, y cuando se incrementa la proporción de suelo y reduce el contenido de materia orgánica disminuye el área foliar; para el efecto de la materia orgánica, no existe diferencias estadísticas entre el bocashi y el compost que alcanzaron un área foliar de 405 y 440 cm<sup>2</sup> respectivamente.

En el Cuadro 15, se presenta el área foliar cuando se analiza los tratamientos del Factorial vs Testigo.

**Cuadro 15.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el promedio del Factorial vs. Testigo en el área foliar del cacao.

Tratamientos	Área foliar	
	Promedios (cm <sup>2</sup> )	Significación
Factorial	450	a
Testigo	380	b

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ).

De la fuente Factorial vs. Testigo se deduce que el promedio del factorial generado por los factores A x B, ocupó el primer lugar con 450 cm<sup>2</sup> siendo estadísticamente diferente al promedio del Testigo que ocupó el último lugar con 380 cm<sup>2</sup>; además, se observa que el uso de materia orgánica influyó sobre el área foliar del cacao a los 120 días, tanto para el bocashi y el compost de RSBM. En el Cuadro 15, también se presenta la prueba de comparación de medias de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para los factores suelo y materia orgánica.

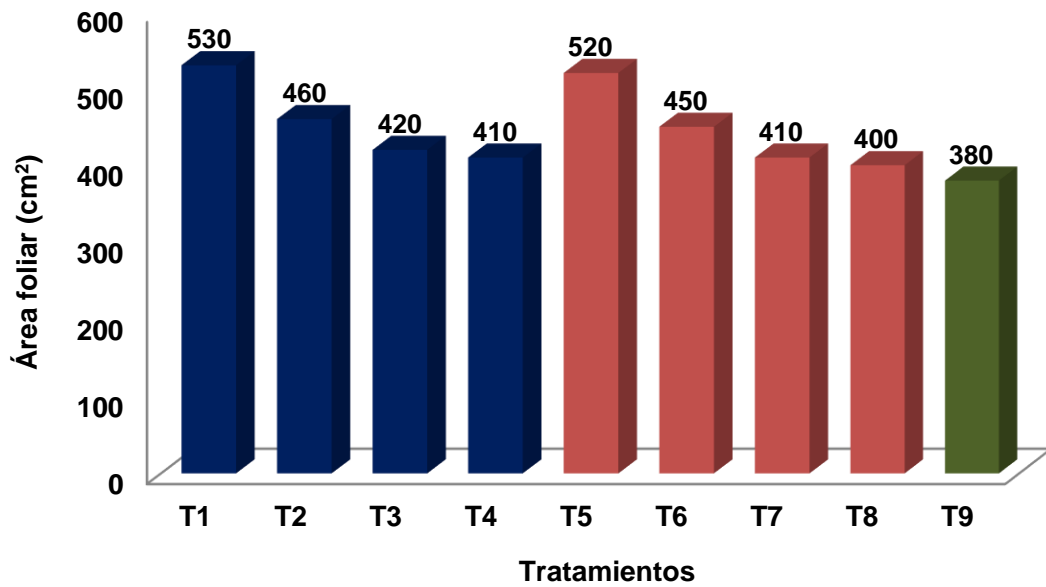
En el Cuadro 16 y Figura 3, se observa que los tratamientos forman cuatro grupos estadísticamente diferentes; los tratamientos con bocashi y compost a una proporción de 1:1 con el suelo, lograron mayor área foliar (530 y 520 cm<sup>2</sup> respectivamente); además el resto de tratamientos corresponden a otras proporciones de suelo, pero el tratamiento Testigo tiene menor área foliar (380 cm<sup>2</sup>) y resulta estadísticamente diferente del resto de tratamiento. Se logran mayores áreas cuando es utilizado la mayor proporción de suelo y materia orgánica, más no se determinó diferencias estadísticas le materia orgánica.

**Cuadro 16.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el área foliar de plantones de cacao.

Tratamientos	Descripción	Área (cm <sup>2</sup> )	Sig
T <sub>1</sub>	50% suelo franco arenoso : 50% bocashi	530	a
T <sub>2</sub>	66% suelo franco arenoso : 33% bocashi	460	b
T <sub>3</sub>	75% suelo franco arenoso : 25% bocashi	420	c
T <sub>4</sub>	80% suelo franco arenoso : 20% bocashi	410	c
T <sub>5</sub>	50% suelo franco arenoso : 50% compost RSBM	520	a
T <sub>6</sub>	66% suelo franco arenoso : 33% compost RSBM	450	b
T <sub>7</sub>	75% suelo franco arenoso : 25% compost RSBM	410	c
T <sub>8</sub>	80% suelo franco arenoso : 20% compost RSBM	400	c
T <sub>9</sub>	Testigo suelo franco limoso	380	d

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ).

Cuando se incorporó materia orgánica al sustrato, se tuvo mayor área foliar que cuando no se aplicó (Cuadro 16) (45 cm<sup>2</sup> y 38 cm<sup>2</sup> respectivamente). Según INIAP (1993) el crecimiento de las hojas responde a una influencia directa en el ambiente y sustrato donde se encuentre la planta; sin embargo existe una relación directa entre el crecimiento de la planta con el área foliar (DE LA MAZA *et al.*, 2003). Además influye el efecto del tamaño de la semilla y en el caso del número de hojas puede deberse al origen y constitución de la semillas utilizadas y de acuerdo a ello por la cantidad de nutrientes que contiene cada una de ellas, que según el tamaño se activaran eficazmente un mayor número de yemas foliares, a su vez un mayor número de hojas y por lo tanto una mayor área foliar (BAUTISTA, 1988).



T<sub>1</sub>= 50% Suelo franco arenoso: 50% Bocashi

T<sub>2</sub>= 66% Suelo franco arenoso: 33% Bocashi

T<sub>3</sub>= 75% Suelo franco arenoso: 25% Bocashi

T<sub>4</sub>= 80% Suelo franco arenoso: 20% Bocashi

T<sub>5</sub>= 50% Suelo franco arenoso: 50% Compost RSBM

T<sub>6</sub>= 66% Suelo franco arenoso: 33% Compost

T<sub>7</sub>= 75% Suelo franco arenoso: 25% Compost RSBM

T<sub>8</sub>= 80% Suelo franco arenoso: 20% Compost

T<sub>9</sub>= Testigo Suelo franco limoso

**Figura 3.** Promedio del área foliar de los plantones de cacao.

#### 4.4. Longitud y volumen del sistema radicular de plantones de cacao

En el Cuadro 17, se presenta los resultados resumidos del análisis de variancia correspondiente a la longitud y volumen del sistema radicular de plantones de cacao.

**Cuadro 17.** Análisis de varianza de longitud y volumen del sistema radicular en plantones de cacao.

Fuentes de variación	GL	Longitud radicular		Volumen radicular	
		CM	Sig	CM	Sig
Tratamientos	8	137.76	**	13.14	**
Factorial	7	82.53	**	9.40	**
A (Suelo)	3	174.07	**	21.29	**
B (MO)	1	6.81	ns	0.90	ns
A x B (Suelo x MO)	3	16.22	ns	0.33	ns
Testigo	1	524.42	**	39.34	**
Error experimental	171	10.49		1.61	
Total	179				
CV (%) =		8.02		12.13	

(\*\*) Altamente significativo

(ns) No significativo

Del Cuadro 17 se deduce lo siguiente:

- Existe alta significación estadística al 0.05% de probabilidad para las fuentes de variación: factorial, factor A (suelo) y Testigo tanto en longitud y volumen radicular en los plantones de cacao.
- El coeficiente de variabilidad para la longitud radicular es 8.02% y nos indica que hubo una excelente homogeneidad y el volumen radicular tiene muy buena homogeneidad con 12.13% en los resultados experimentales.

El Cuadro 18, presenta la prueba de comparación de medias de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para las proporciones Suelo: Materia orgánica y fuentes de Materia Orgánica.

**Cuadro 18.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para los efectos principales de longitud y volumen radicular en plantones de cacao.

Factores	Longitud radicular (cm)		Volumen radicular (cm <sup>3</sup> )	
	Promedio	Sig.	Promedio	Sig.
<b>Proporción Suelo: Materia Orgánica</b>				
1:1 (50/50)	43.68	a	11.73	a
2:1 (66/33)	41.03	b	10.38	b
3:1 (75/25)	40.63	b	10.28	b
4:1 (80/20)	38.60	c	10.18	b
<b>Materia orgánica</b>				
Bocashi	41.19	a	10.71	a
Compost	40.78	a	10.56	a
CV (%) =	8.02		12.13	

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ).

En dicho cuadro, se observa el efecto principal de las Proporciones y de las fuentes de Materia Orgánica en la longitud y volumen radicular. En cuanto a las proporciones se observa que se logró mayor longitud y volumen del sistema radicular con la proporción 1:1, diferenciándose estadísticamente del resto, con valores de 43.68 cm<sup>3</sup> y 11.73 cm<sup>3</sup>, respectivamente; asimismo, con la proporción 4:1, es decir, a una mayor dilución de la materia orgánica, la longitud radicular es la menor y estadísticamente diferente del resto de proporciones con 38.60 cm<sup>3</sup>; mientras, que en el volumen radicular toman valores estadísticamente similares a las proporciones 2 y 3. Con respecto a la materia orgánica, no existen diferencias entre la longitud y volumen radicular cuando se utiliza bocashi y compost de RSBM.

En el Cuadro 19, se presenta la comparación de medias para la longitud y volumen del sistema radicular cuando es comparada entre los tratamientos del Factorial (proporción de suelo y materia orgánica) vs Testigo (sólo suelo).

**Cuadro 19.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el promedio del Factorial vs. Testigo para longitud y volumen del sistema radicular de los plántones de cacao.

Tratamientos	Longitud radicular (cm)		Volumen radicular (cm <sup>3</sup> )	
	Promedio	Sig.	Promedio	Sig.
Factorial	40.98	a	10.64	a
Testigo	35.55	b	9.15	b

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ).

Se observa que en promedio los tratamientos del Factorial que recibieron materia orgánica, tienen mayor longitud y volumen radicular con 40.98 cm<sup>3</sup> y 10.64 cm<sup>3</sup> respectivamente en comparación con los que no recibieron materia orgánica (Testigo).

En el Cuadro 20, se presenta la prueba de comparación de medias de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) de todos los tratamientos en estudio.

**Cuadro 20.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para la longitud y volumen radicular de plantones de cacao a los 120 días después de la siembra.

Trat.	Longitud radicular		Volumen radicular	
	Prom. (cm)	Sig	Prom. (cm <sup>3</sup> )	Sig
T <sub>1</sub>	44.65	a	11.85	a
T <sub>2</sub>	40.80	b	10.35	b
T <sub>3</sub>	41.10	b	10.3	b
T <sub>4</sub>	38.20	c	10.35	b
T <sub>5</sub>	42.70	b	11.60	a
T <sub>6</sub>	41.25	b	10.40	b
T <sub>7</sub>	40.15	b	10.25	b
T <sub>8</sub>	39.00	c	10.00	b
T <sub>9</sub>	35.55	d	9.15	c
CV (%)	8.02		12.13	

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ).

T<sub>1</sub>= 50% Suelo franco arenoso: 50% Bocashi

T<sub>2</sub>= 66% Suelo franco arenoso: 33% Bocashi

T<sub>3</sub>= 75% Suelo franco arenoso: 25% Bocashi

T<sub>4</sub>= 80% Suelo franco arenoso: 20% Bocashi

T<sub>5</sub>= 50% Suelo franco arenoso: 50% Compost RSBM

T<sub>6</sub>= 66% Suelo franco arenoso: 33% Compost

T<sub>7</sub>= 75% Suelo franco arenoso: 25% Compost RSBM

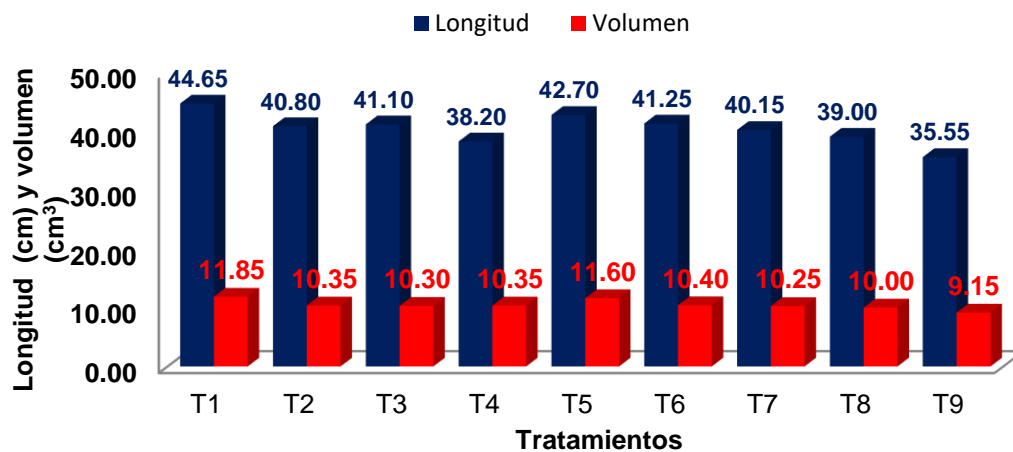
T<sub>8</sub>= 80% Suelo franco arenoso: 20% Compost

T<sub>9</sub>= Testigo Suelo franco limoso

En el Cuadro 20 y Figura 4, se observa respecto a la longitud radicular, que el tratamiento T<sub>1</sub> con proporción 1:1 (suelo: bocashi), presenta mayor longitud con 44.65 cm, que el resto de tratamientos; asimismo, los tratamientos T<sub>4</sub> y T<sub>8</sub> con las proporciones 4:1 con bocashi y 4:1 con compost de RSBM, presentan menor longitud radicular con materia orgánica. Se determina el efecto de la materia orgánica sobre el crecimiento radicular cuando es comparada con el tratamiento T<sub>9</sub> (Testigo) que alcanzó la menor longitud con 35.55 cm en comparación con el resto de tratamientos; además, los tratamientos T<sub>1</sub> y T<sub>5</sub> (1:1 con bocashi y 1:1 con compost de

RSBM), es decir, la materia orgánica en mayor proporción logró mayores volúmenes radiculares con 11.85 cm<sup>3</sup> y 11.6 cm<sup>3</sup> respectivamente. Además la longitud y volumen del sistema radicular fueron determinados por la proporción de suelo utilizada en el sustrato y no por el tipo de materia orgánica utilizada; que resultó la proporción 1:1 (50% de suelo y 50% de materia orgánica) logró mayor longitud y volumen radicular con 43.68 cm<sup>3</sup> y 11.73 cm<sup>3</sup> respectivamente, que el resto de proporciones (Cuadro 18). En el Cuadro 19, ratifica que el uso de materia orgánica en el sustrato sea cual sea la proporción, influye estadísticamente sobre el sistema radicular que cuando no se incorpora materia orgánica, coincidiendo con MINAGRI (2012) quien asegura que el crecimiento del sistema radicular pivotante se logra en los primeros meses y es favorecido por la calidad el sustrato; es decir, la aplicación de materia orgánica ha favorecido sobre la humedad del suelo (ANTON, 1992), y esto ha permitido mayor desarrollo radicular a través del metabolismo de la planta (VALLADARES, 2004; VALAREZO, 2001).

El mayor desarrollo radicular se logró cuando el sustrato presenta materia orgánica en un mayor porcentaje o proporción, ratificado por MAINARDI (2001), que confirma que el uso de humus (fase degradada de la materia orgánica) proporciona humedad y buena aireación del suelo, mejorando la estructura del sustrato que influye directamente sobre la calidad del sistema radicular de las plantas; además para obtener plantas con mayor altura, por influencia del mayor tamaño de semilla, es característica de la planta madre del cual proviene la semilla y de acuerdo a esta variabilidad de orígenes, es que han influido en la expresión de mayor vigor en altura (BAUTISTA, 1988).



T<sub>1</sub>= 50% Suelo franco arenoso: 50% Bocashi

T<sub>2</sub>= 66% Suelo franco arenoso: 33% Bocashi

T<sub>3</sub>= 75% Suelo franco arenoso: 25% Bocashi

T<sub>4</sub>= 80% Suelo franco arenoso: 20% Bocashi

T<sub>5</sub>= 50% Suelo franco arenoso: 50% Compost RSBM

T<sub>6</sub>= 66% Suelo franco arenoso: 33% Compost

T<sub>7</sub>= 75% Suelo franco arenoso: 25% Compost RSBM

T<sub>8</sub>= 80% Suelo franco arenoso: 20% Compost

T<sub>9</sub>= Testigo Suelo franco limoso

**Figura 4.** Longitud y volumen del sistema radicular de los plantones de cacao

#### 4.5. Biomasa aérea y radicular

En el Cuadro 21, se presenta los resultados resumidos del análisis de variancia para la biomasa aérea y radicular de los plantones de cacao.

**Cuadro 21.** Análisis de varianza de la biomasa aérea y radicular de plantones de cacao.

Fuentes de variación	G.L.	Biomasa área y radicular	
		C.M.	Sig.
Tratamientos	8	309.15	**
Factorial	7	240.37	**
A (Suelo)	3	542.52	**
B (MO)	1	54.06	**
A x B (Suelo x M.O.)	3	0.32	ns
Testigo	1	790.62	**
Error experimental	171	2.58	
Total	179		
CV= (%)		3.65	

(\*\*) Altamente significativo  
(ns) No significativo

Del Cuadro 21 se deduce lo siguiente:

- Existe alta significación estadística para las fuentes de variación: factorial, factor A (Proporciones Suelo: Materia Orgánica), factor B (tipos de Materia Orgánica) y Testigo; sin embargo, no hubo significación para la interacción de (A x B).
- El coeficiente variación fue de 3.65% nos indica que hubo excelente homogeneidad en los resultados experimentales.

En el Cuadro 22, se presenta la prueba de comparación de medias de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para las proporciones y tipos de materia orgánica.

**Cuadro 22.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para los efectos principales de la biomasa foliar y radicular de los plantones de cacao.

Factores	Biomasa (g)	
	Promedio	Significación
<b>Cantidad de suelo</b>		
a <sub>1</sub> (50/50)	50.05	a
a <sub>2</sub> (66/33)	44.30	b
a <sub>3</sub> (75/25)	42.38	c
a <sub>4</sub> (80/20)	42.15	c
<b>Materia orgánica</b>		
Bocashi	45.30	a
Compost	44.14	b
CV (%)= 3.65		

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ).

En el Cuadro 22, se observa que al utilizar la proporción 1:1, se logró mayor biomasa aérea y radicular en los plantones de cacao con 50.05 g, frente al resto de proporciones, mientras que con las proporciones 3:1 y 4:1 los pesos de biomasa fueron estadísticamente similares con 42.38 y 42.15 g respectivamente; además, cuando se analiza la materia orgánica empleada, al utilizar el bocashi se logró obtener mayor biomasa de 45.30 g, que cuando se utilizó el compost con 44.14 g, estadísticamente diferenciados.

En el Cuadro 23, se presenta la biomasa comparándose el Testigo con el promedio de los tratamientos del Factorial.

**Cuadro 23.** Promedio de biomasa total versus el efecto del Testigo y los tratamientos del Factorial.

Tratamientos	Biomasa (g)	
	Promedio	Significación
Factorial	44.72	a
Testigo	38.05	b

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ).

Cuando se analiza el Testigo vs. los tratamientos del factorial, se determina que los tratamientos del factorial tiene mayor biomasa con 44.72 g y el Testigo (sin materia orgánica) con 38.05 g, siendo estadísticamente diferentes; es decir, que al incorporar algún tipo de materia orgánica sobre el sustrato independientemente de la proporción de suelo, se logró mayor biomasa aérea y radicular de plantones de cacao, que sin incorporar materia orgánica.

En el Cuadro 24, se presenta la prueba de comparación de medias de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para la biomasa total en plantones de cacao.

**Cuadro 24.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) de la biomasa total de los plantones de cacao.

Trat.	Descripción	Biomasa (g)
-------	-------------	-------------

		Prom.	Significación
T <sub>1</sub>	50% suelo franco arenoso : 50% bocashi	50.50	a
T <sub>2</sub>	66% suelo franco arenoso : 33% bocashi	44.95	b
T <sub>3</sub>	75% suelo franco arenoso : 25% bocashi	43.00	c
T <sub>4</sub>	80% suelo franco arenoso : 20% bocashi	42.75	c
T <sub>5</sub>	50% suelo franco arenoso : 50% compost RSBM	49.60	a
T <sub>6</sub>	66% suelo franco arenoso : 33% compost RSBM	43.65	c
T <sub>7</sub>	75% suelo franco arenoso : 25% compost RSBM	41.75	d
T <sub>8</sub>	80% suelo franco arenoso : 20% compost RSBM	41.55	d
T <sub>9</sub>	Testigo suelo franco limoso	38.05	e

CV (%)= 3.65

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ).

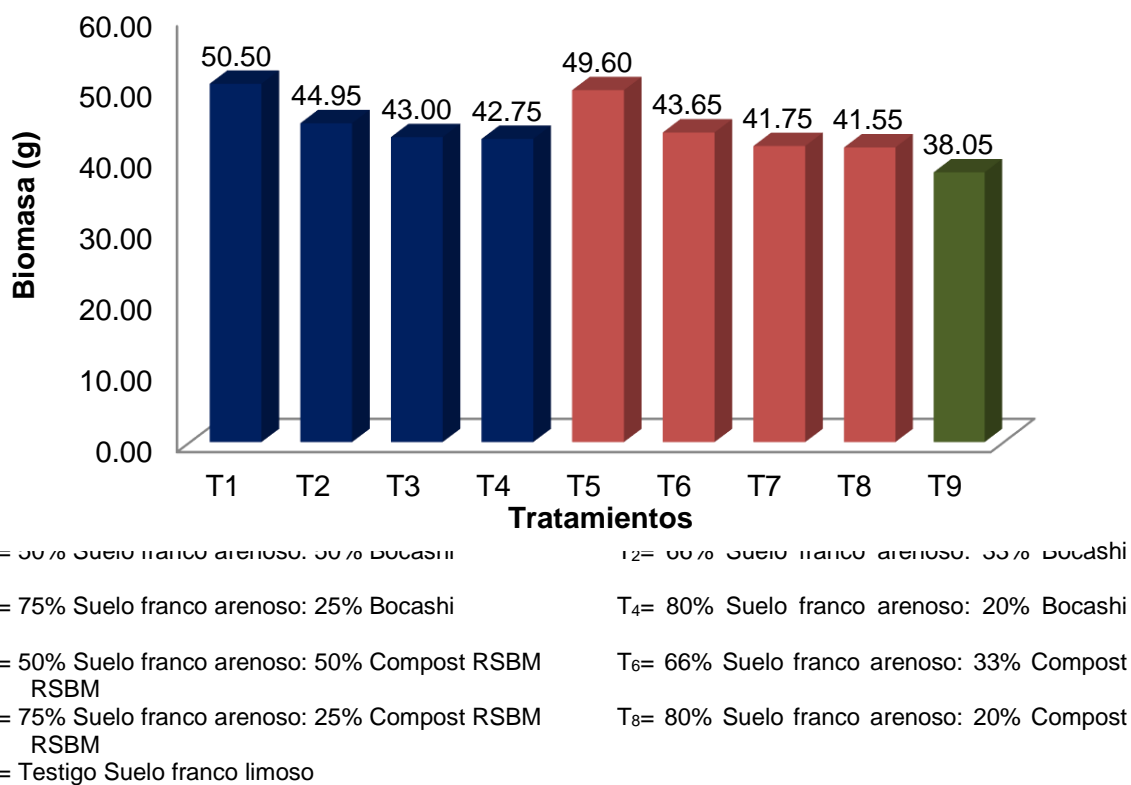
En el Cuadro 24 y Figura 5, se observa que los tratamientos T<sub>1</sub> y T<sub>5</sub> con 50.50 g, y 49.60 g respectivamente, cuando se utilizó la proporción 1:1 con Bocashi y 1:1 con Compost de RSBM de suelo, este obtuvo mayor biomasa, indicando que la proporción 1:1 es la más adecuada que el resto de proporciones. A medida que se incrementa la proporción de suelo disminuye la biomasa total; además el tratamiento Testigo con 38.05 g, que no recibió materia orgánica no logró estimular a los plantones de cacao. Con respecto a la biomasa aérea y radicular (Cuadro 21), se determinó que está influenciada por la proporción de suelo empleada y por el tipo de materia orgánica; en el Cuadro 22, la proporción 1:1 (50% suelo y 50% materia orgánica) logró mayor biomasa aérea y radicular de los plantones que el resto de proporciones con 50.05 g; sin embargo cuando se analizó la materia orgánica resultó que el uso de bocashi logra mayor captura de biomasa que el compost de RSBM con 45.30 y 44.14 g respectivamente, debido a las propiedades de la materia orgánica y del bocashi.

Estos resultados son descritos por AMEZQUITA *et al.* (2008), el cual señala que la acumulación de biomasa de la planta se produce a través del metabolismo vegetal que inicia con la fotosíntesis. El buen desarrollo de la planta logra mayor acumulación de biomasa y esta está en forma dependiente de la disponibilidad de nutrientes disponibles en el suelo.

Sin embargo la diferencia encontrada entre el bocashi y el compost de RSBM obedece a la riqueza nutricional que existe en ambos sustratos (Cuadro 1), mientras que el pH del bocashi logra 9.45 en promedio de las muestras el compost de RSBM logra la neutralidad (7.08 de pH); sin embargo el contenido de materia orgánica que favorece al compost (54%) vs. (22.04%) del bocashi, esto no puede ser un indicador ya que según MARTÍNEZ (2004) la materia orgánica no suporta nutrientes al cultivo si esta no se encuentra humificada, ya que por lo general solo sirve de alimento para los microorganismos el cual seguirán descomponiéndola y mejorando la estructura del suelo.

Por otra parte, el bocashi producto de la fermentación de la materia orgánica por microorganismos benéficos posee una alta diversidad y densidad microbiana que favorece la disponibilidad de nutrientes, tal es así que logra mayores tenores de nitrógeno, fósforo y potasio (1.58%, 1.31 ppm, 0.79 ppm respectivamente) que el compost. Esta disponibilidad es argumentada por DOMÍNGUEZ (1984) que dichos macronutrientes son esenciales para el crecimiento de las plantas, así como los micronutrientes (FLORES, 1977).

Por efecto de la incorporación de materia orgánica a una proporción adecuada (1:1) con suelo, es posible lograr plantones más vigorosos que por lo general son elegidas por los agricultores para la siembra en el campo (REYES y GONZÁLES, 2003).



**Figura 5.** Promedio de biomasa total de los plantones de cacao.

## V. CONCLUSIONES

1. Los mayores resultados en altura, diámetro y área foliar de los plantones de cacao se obtuvo a los 120 días, con la proporción 50% suelo y 50% materia orgánica, que indican mayores indicadores de crecimiento y desarrollo.
2. El mayor desarrollo del sistema radicular en plantones de cacao en fase de vivero (120 días), son aquellos que se combinó al sustrato un 50% de materia orgánica; asimismo, el compost o bocashi cuando son agregados al sustrato en mayor cantidad, incrementan el sistema radicular tanto en longitud como en volumen que aseguran un mejor del plantón.
3. Mayor biomasa aérea y radicular se logran bajo dos condiciones: en proporción de suelo, cuando el sustrato contiene 50% de suelo, y con materia orgánica si se utiliza bocashi, a comparación del compost de residuos sólidos biodegradables municipales.
4. Se confirma la hipótesis planteada en la cual, el compost de RSBM y el bocashi permiten un mejor crecimiento y desarrollo de plantones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en fase de vivero.
5. Se obtuvo plantones más vigorosos cuando es incorporado al sustrato un 50% de materia orgánica sea de bocashi o compost de RSBM, el cual permitirá una mejor respuesta agronómica.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Producir plántones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en fase de vivero con sustrato 50% suelo agrícola y 50% de materia orgánica (bocashi o compost de RSBM), para lograr plántones con buen desarrollo.
2. Realizar mayores estudios con el uso de materia orgánica tanto en fase de vivero como en campo definitivo en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.).
3. Utilizar como sustrato bocashi en la fase de vivero, para lograr mayor biomasa acumulada (aérea y radicular) en plántones de cacao (*Theobroma cacao* L.).

## VII. RESUMEN

La investigación se llevó a cabo del mes de Mayo – Agosto del 2014, ubicado en el distrito de Padre Felipe Luyando, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, el objetivo fue determinar el incremento en longitud, volumen del sistema radicular y biomasa área en plántones de cacao por efecto del compost, residuos sólidos biodegradables municipales (RSBM) y bocashi. Se instaló en un suelo franco limoso, con reacción alcalina; materia orgánica media y nitrógeno total en un nivel bajo; fósforo en un nivel medio y potasio en un nivel bajo.

Los componentes en estudio estuvieron representados por dos factores: A (proporción de suelo) y B (materia orgánica o compost). El diseño utilizado fue el Diseño Completamente al Azar con Arreglo Factorial 4A x 2B más un Testigo adicional con 20 repeticiones; las variables evaluadas fueron sometidas a la comparación de medias a la prueba de Duncan con un nivel de significación de  $p = 0.05$ . Los parámetros evaluados fueron: altura de planta, diámetro de planta, área foliar, longitud y volumen radicular, y biomasa aérea y radicular.

Los resultados indican que los mayores valores de altura, diámetro y área foliar en plántones de cacao se dio a los 120 días después de la siembra con la proporción de 50% de suelo y 50% materia orgánica; asimismo, los plántones que recibieron alguna proporción de materia orgánica fueron aquellas que lograron mayores indicadores de crecimiento y desarrollo; el mayor desarrollo del sistema radicular de los plántones de cacao en fase de vivero se dio a los 120 días, donde

se incorporó al sustrato 50% de materia orgánica se logró mayor biomasa aérea y radicular bajo dos condiciones y proporción de suelo, con sustrato 50% de suelo y materia orgánica se utilizó bocashi, en comparación del compost de residuos sólidos biodegradables municipales.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. ANTÓN, F. 1992. Compostaje de los residuos orgánicos: Urbanos y Agrarios. I Problemática de los residuos orgánicos. Cuadernos de Fitopatología 1, Septiembre.Pp. 113-121.
2. AMÉZQUITA, M; CASASOLA, F; RAMÍREZ, B; GIRALDO, H; GÓMEZ, H; LLANDERAL, T; VELÁSQUEZ, J; IBRAHIM, M. 2008. Stock and sequestration. In: Carbon sequestration in tropical grassland ecosystem. ISBN 978-90-8686-026-5. Wageningen academic publishers. The Netherland. 52 p.
3. ALARCÓN, E.2001. Foro de las América para la Investigación y desarrollo tecnológico (FORAGRO): Un camino hacia su consolidación para la cooperación. México 2000, Agricultura con conocimiento, México. 15 p.
4. ASENJO, M. 2003. Manual del cultivo de cacao. Ministerio de Agricultura, Programa para el Desarrollo de la Amazonia. 18 p.
5. BAUTISTA, M. 1988. Influencia del tamaño de la semilla por la aplicación de Complezal Fluid a los 30 y 60 días de la siembra en el vigor del plantón de cacao (*Theobroma cacao* L.). Tesis Ing. Agrónomo. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 94 p.
6. BOSELLI, M. 1999. El libro de los injertos. Barcelona, España. Editorial Vecchi. 174 p.
7. CALZADA, J. 1970. Introducción a la estadística. Editorial Jurídica. Universidad de Texas, Estados Unidos. 244 p.

8. CHÁVEZ, V. 1997. Evaluación de programas de fertilización foliar en plantas de almácigo Resultados y Avances de Investigación CICAPE. 60 p.
9. CORPOICA 2007 - GILDARDO E. PALENCIA C. -. Nuevas tecnologías para instalar viveros y producir clones de cacao (*Theobroma cacao* L).Pp.10 - 11.
10. DE LA MAZA, C.L., HERNÁNDEZ, J., RODRÍGUEZ M., ESCOBEDO F., NOWAK D.J. 2003. Proyecto FONDEFF D00I 1078 Informe Técnico Biomasa. Desarrollo de un sistema de la vegetación urbana con fines de descontaminación atmosférica y de apoyo a la toma de decisiones a nivel municipal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Departamento de Manejo de Recursos Forestales. 20 p.
11. DOMÍNGUEZ, A. 1984. Asimilación diferencial de nutrientes por plántulas de cacao, Mata Larga, San Francisco de Macorís, Do. In (9) Conferencia Internacional de Investigación en Cacao, Lomé Togo. 83 p.
12. ENCARTA. 2006. Microsoft Corporation. Inflorescencia del cultivo de cacao. Lima, Perú.
13. ENRÍQUEZ, G. 2004. Cacao orgánico guía para productores ecuatorianos. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Manual No. 54. Quito, Ecuador. 360 p.
14. FLORES, F. 1997. Influencia de la fenología sobre enraizamiento de ramillas y prendimientos de injertos en clones de cacao, Tesis Ing Agr. Manabí, Ecuador. Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad de Portoviejo. 58 p.
15. FRANKE, W. 2001. The basis of foliar absorption of fertilizers with special regard to the mechanism. pp. 17-25. In: A. Alexander (ed.). Foliar



23. PAREDES, M. 2000. Rehabilitación – Renovación en Cacao, Convenio USAID/CONTRADROGAS, Lima.
24. PERDOMO, R.; HAMPTON, H. 1999. Manual de la fertilización foliar. Universidad de San Carlos de Guatemala. 123 p.
25. PRIMAVESI, A. 1992. Manejo Ecológico del suelo, la agricultura en regiones tropicales. Editorial el Ateneo, Argentina. 499 p.
26. REYES, R.; GONZÁLEZ, A. 2003. Evaluación de sustratos para la producción de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L) en vivero. Tesis de Maestría. Instituto Superior de Agricultura (ISA). La Herradura, Santiago, Do. Pp.12 - 29.
27. SHINTANI P. 2000. Abonos orgánicos. Universidad EARTH. Guácimo, Limón, Costa Rica. 22 p.
28. SUÁREZ, C. 2000. Manual del cultivo del cacao. 2<sup>da</sup> Edición. EETP. INIAP. Quito, Ecuador.136 p.
29. SUQUILANDA, B. 2001. El biol, fito-estimulante orgánico. Cultivos controlados, Internacional. (Ecuador). Ed. Flor y Flor.Pp.26-28.
30. TRUJILLO, E. 2002. Manual de árboles. Sistemas de producción en vivero. Bogotá, Colombia. El Semillero.350 p.
31. VALENCIA, G. 1997. Fertilización foliar en almácigos de café. CENICAFE. Avances técnicos No. 49. Colombia. 2 p.
32. VALAREZO, J. 2001. Manual de fertilidad de suelos. Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Carrera de Ingeniería Agronómica. México. 84 p.

33. VALLADARES, F. 2004. Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S. A. Madrid, España. Pp. 335-369.
34. VERA, B. 2003. Material de siembra y propagación. In manual del cultivo de cacao, 2da. edición. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Pp. 24 - 37.
35. ZAPATA, G. 2005. Abonos orgánicos. Disponible en: [En línea]([Centralamericaweekly.net/181/español/mun-curi.html](http://Centralamericaweekly.net/181/español/mun-curi.html)), consultada en Oct, del 2005).

## **IX. ANEXO**

**Cuadro 25.** Registro de evaluaciones biométricas de los tratamientos en estudio.

Materia Orgánica	FACTORIAL	1		2		3		4		Longitud radicular	Volumen radicular (cm <sup>3</sup> )	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Biomasa (g)
		Diámetro (cm)	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Altura (cm)				
BOCASHI	X	0.27	23.00	0.35	29.60	0.52	37.00	0.68	41.50	50	11	540	49
BOCASHI	X	0.30	16.40	0.45	30.00	0.62	32.20	0.78	40.00	53	10	500	53
BOCASHI	X	0.25	21.50	0.40	22.50	0.60	28.10	0.8	49.60	43	10	580	51
BOCASHI	X	0.26	19.50	0.45	19.90	0.60	32.15	0.68	46.80	43	11	480	51
BOCASHI	X	0.30	19.00	0.40	23.50	0.60	36.00	0.70	41.00	39	9	540	50
BOCASHI	X	0.27	20.40	0.45	25.40	0.57	29.60	0.70	46.90	40	14	540	49
BOCASHI	X	0.30	18.10	0.45	21.90	0.62	23.00	0.73	49.00	42	12	500	50
BOCASHI	X	0.28	21.00	0.45	25.80	0.60	28.10	0.68	42.00	46	15	580	52
BOCASHI	X	0.30	21.00	0.45	26.40	0.64	36.00	0.78	44.00	50	12	480	51
BOCASHI	X	0.30	21.10	0.47	23.40	0.64	31.00	0.74	40.00	47	9	540	49
BOCASHI	X	0.30	19.70	0.43	21.20	0.62	32.10	0.68	35.00	42	12	540	51
BOCASHI	X	0.20	20.40	0.45	23.00	0.70	29.90	0.75	35.40	45	16	500	49
BOCASHI	X	0.30	19.90	0.35	25.00	0.6	29.50	0.67	39.50	41	11	580	51
BOCASHI	X	0.30	18.00	0.40	23.00	0.62	34.00	0.72	35.40	50	13	480	51
BOCASHI	X	0.30	21.50	0.35	23.70	0.62	32.50	0.68	33.70	52	11	540	50
BOCASHI	X	0.30	19.80	0.35	25.60	0.57	29.90	0.62	46.70	43	11	540	49
BOCASHI	X	0.30	22.00	0.40	24.60	0.52	34.00	0.65	38.00	39	9	500	48
BOCASHI	X	0.30	20.40	0.35	24.40	0.60	30.00	0.68	40.60	40	14	580	53
BOCASHI	X	0.30	19.50	0.32	23.60	0.52	32.00	0.70	43.40	42	12	480	51

BOCASHI	X	0.30	18.60	0.38	27.90	0.57	29.90	0.75	40.50	46	15	540	52
BOCASHI	X	0.30	17.20	0.40	26.70	0.60	34.80	0.70	44.70	33	9	530	44
BOCASHI	X	0.30	18.00	0.35	23.10	0.62	29.40	0.70	34.40	36	10	500	43
BOCASHI	X	0.30	15.00	0.38	20.60	0.49	25.80	0.63	32.00	32	10	510	44
BOCASHI	X	0.30	17.00	0.32	25.00	0.60	31.90	0.7	36.50	45	11	340	44
BOCASHI	X	0.22	16.00	0.35	21.60	0.57	30.00	0.65	33.70	43	10	420	45
BOCASHI	X	0.25	17.60	0.33	22.50	0.53	31.90	0.65	37.00	37	10	530	43
BOCASHI	X	0.25	16.50	0.37	22.00	0.52	25.10	0.70	31.00	50	10	500	44
BOCASHI	X	0.30	18.50	0.30	23.50	0.49	29.60	0.65	39.40	45	11	510	44
BOCASHI	X	0.30	14.20	0.38	22.10	0.52	26.00	0.65	30.60	42	12	340	43
BOCASHI	X	0.22	19.50	0.35	25.00	0.55	37.00	0.70	43.90	34	9	420	48
BOCASHI	X	0.30	17.60	0.35	25.50	0.41	32.60	0.58	39.50	38	10	530	44
BOCASHI	X	0.28	18.80	0.33	22.50	0.43	32.00	0.60	41.90	35	9	500	46
BOCASHI	X	0.30	18.80	0.35	22.20	0.57	28.50	0.70	37.70	44	11	510	44
BOCASHI	X	0.30	17.00	0.37	24.40	0.49	28.20	0.63	34.50	45	10	340	46
BOCASHI	X	0.25	17.00	0.35	22.20	0.51	30.70	0.65	42.20	48	13	420	48
BOCASHI	X	0.25	18.60	0.37	22.00	0.52	30.50	0.70	37.90	50	10	530	49
BOCASHI	X	0.30	17.80	0.37	23.00	0.48	26.10	0.68	34.00	45	11	500	48
BOCASHI	X	0.30	18.40	0.40	20.90	0.51	33.00	0.60	41.50	42	12	510	44
BOCASHI	X	0.30	18.20	0.42	25.00	0.55	31.00	0.70	36.50	34	9	340	46
BOCASHI	X	0.30	18.10	0.4	26.40	0.52	31.90	0.65	47.60	38	10	420	42
BOCASHI	X	0.25	18.70	0.35	22.50	0.60	29.50	0.67	43.00	39	9	400	45
BOCASHI	X	0.30	16.80	0.35	24.00	0.58	35.00	0.63	42.00	42	10	390	42
BOCASHI	X	0.32	19.00	0.35	27.30	0.57	29.92	0.65	42.00	40	10	390	42
BOCASHI	X	0.30	17.60	0.35	23.10	0.58	29.00	0.67	36.00	41	11	500	40
BOCASHI	X	0.30	19.50	0.37	26.50	0.60	32.80	0.70	37.30	44	10	440	44

BOCASHI	X	0.30	17.40	0.35	23.20	0.59	26.00	0.65	34.00	38	10	400	44
BOCASHI	X	0.30	18.50	0.40	25.70	0.62	27.00	0.72	39.00	45	10	390	42
BOCASHI	X	0.30	16.80	0.32	21.50	0.57	32.10	0.68	34.00	44	11	390	42
BOCASHI	X	0.27	18.40	0.40	23.40	0.55	34.60	0.67	42.00	38	12	500	44
BOCASHI	X	0.30	21.00	0.37	25.60	0.62	28.00	0.70	36.00	39	9	440	42
BOCASHI	X	0.25	18.50	0.37	21.40	0.55	30.00	0.68	32.00	39	10	400	45
BOCASHI	X	0.25	19.40	0.35	22.00	0.52	30.00	0.70	33.00	42	9	390	43
BOCASHI	X	0.30	18.20	0.30	21.10	0.61	33.00	0.67	33.50	46	11	390	43
BOCASHI	X	0.27	17.50	0.37	19.70	0.62	32.00	0.75	32.20	42	10	500	46
BOCASHI	X	0.30	20.50	0.37	22.20	0.58	25.50	0.62	36.00	38	13	440	42
BOCASHI	X	0.27	20.70	0.32	23.90	0.51	35.10	0.65	35.00	39	10	400	44
BOCASHI	X	0.32	21.00	0.35	24.30	0.45	31.00	0.53	38.00	43	10	390	42
BOCASHI	X	0.22	17.70	0.32	22.30	0.50	29.00	0.60	32.70	42	11	390	42
BOCASHI	X	0.30	18.70	0.37	24.40	0.40	26.00	0.55	33.50	41	10	500	44
BOCASHI	X	0.30	18.70	0.35	22.50	0.49	33.50	0.65	46.00	40	10	440	42
BOCASHI	X	0.30	19.00	0.35	21.50	0.62	22.60	0.68	36.50	38	10	440	46
BOCASHI	X	0.30	19.50	0.40	23.50	0.60	39.80	0.72	44.00	39	11	400	40
BOCASHI	X	0.30	18.00	0.37	20.40	0.61	27.10	0.70	29.30	37	12	390	42
BOCASHI	X	0.30	19.50	0.40	24.00	0.57	27.20	0.68	35.50	38	9	390	44
BOCASHI	X	0.30	18.50	0.37	24.10	0.60	30.40	0.75	37.50	40	10	440	42
BOCASHI	X	0.30	17.50	0.37	24.00	0.55	30.60	0.70	40.00	41	9	400	46
BOCASHI	X	0.22	17.60	0.27	20.90	0.57	28.50	0.68	44.30	37	11	390	44
BOCASHI	X	0.27	18.20	0.40	24.90	0.57	27.10	0.67	47.40	38	10	390	42
BOCASHI	X	0.27	18.00	0.37	23.20	0.52	36.40	0.65	40.50	37	13	440	40
BOCASHI	X	0.25	16.50	0.40	22.80	0.52	32.50	0.78	40.50	36	10	400	42
BOCASHI	X	0.30	19.80	0.40	26.50	0.56	37.10	0.70	47.70	42	11	390	46

BOCASHI	X	0.30	18.50	0.35	19.60	0.57	31.90	0.70	36.00	37	12	390	44
BOCASHI	X	0.30	19.00	0.35	21.00	0.57	30.40	0.65	32.00	38	9	440	42
BOCASHI	X	0.30	17.00	0.37	26.70	0.52	27.30	0.70	39.00	39	10	400	43
BOCASHI	X	0.27	19.60	0.37	27.50	0.55	29.20	0.65	37.00	38	9	390	46
BOCASHI	X	0.25	16.50	0.27	21.40	0.50	28.50	0.55	34.00	39	10	390	40
BOCASHI	X	0.25	19.00	0.37	24.60	0.60	30.50	0.65	37.00	39	10	440	42
BOCASHI	X	0.25	19.00	0.32	22.20	0.55	27.90	0.72	34.00	40	11	400	40
BOCASHI	X	0.25	17.10	0.32	22.20	0.58	31.70	0.65	35.00	36	10	390	42
BOCASHI	X	0.30	20.40	0.36	23.20	0.55	30.90	0.65	32.00	35	10	390	42
COMPOST	X	0.30	19.00	0.38	23.20	0.63	31.00	0.65	38.00	49	11	480	49
COMPOST	X	0.30	19.00	0.37	23.70	0.57	33.00	0.65	38.00	40	11	540	48
COMPOST	X	0.27	18.50	0.42	26.30	0.62	32.90	0.68	39.00	37	11	540	51
COMPOST	X	0.30	18.60	0.38	25.90	0.60	33.60	0.63	39.00	41	14	500	51
COMPOST	X	0.27	19.50	0.37	23.60	0.57	29.10	0.70	33.00	43	14	580	49
COMPOST	X	0.25	19.50	0.40	23.30	0.60	30.00	0.65	38.30	45	10	480	49
COMPOST	X	0.30	17.50	0.43	22.20	0.55	32.00	0.65	43.00	43	10	540	48
COMPOST	X	0.27	19.40	0.35	23.10	0.57	29.50	0.70	45.80	39	14	540	51
COMPOST	X	0.27	20.00	0.32	25.20	0.57	37.10	0.68	42.70	45	12	500	51
COMPOST	X	0.27	18.00	0.35	24.40	0.57	34.00	0.68	43.20	50	11	580	49
COMPOST	X	0.30	20.20	0.38	21.80	0.60	26.40	0.70	55.00	36	11	480	49
COMPOST	X	0.30	16.00	0.32	21.90	0.62	29.60	0.73	46.10	43	9	540	48
COMPOST	X	0.25	20.50	0.32	21.10	0.62	32.50	0.68	38.00	45	14	500	51
COMPOST	X	0.27	20.00	0.30	21.30	0.60	24.20	0.70	40.50	42	12	580	51
COMPOST	X	0.25	22.50	0.35	23.00	0.65	27.10	0.75	32.00	43	10	480	49
COMPOST	X	0.27	19.00	0.35	23.10	0.60	30.00	0.63	42.00	43	10	540	49
COMPOST	X	0.30	20.00	0.40	26.80	0.58	29.80	0.70	36.00	39	14	500	48

COMPOST	X	0.30	19.60	0.42	24.60	0.50	31.10	0.75	36.60	45	12	580	51
COMPOST	X	0.25	20.50	0.32	24.10	0.51	30.00	0.75	33.60	50	11	480	51
COMPOST	X	0.30	19.00	0.40	21.40	0.60	32.90	0.80	37.00	36	11	480	49
COMPOST	X	0.27	19.60	0.35	23.50	0.60	29.85	0.63	44.7	39	9	510	53
COMPOST	X	0.30	20.00	0.33	24.20	0.52	30.10	0.70	37.4	41	10	490	43
COMPOST	X	0.31	20.50	0.32	25.50	0.57	36.00	0.65	38.60	40	9	480	44
COMPOST	X	0.29	23.50	0.35	29.20	0.60	33.00	0.68	46.40	41	11	340	43
COMPOST	X	0.30	15.80	0.37	19.60	0.57	23.00	0.62	40.40	43	10	420	44
COMPOST	X	0.29	18.50	0.32	20.10	0.60	24.50	0.63	35.80	38	13	490	45
COMPOST	X	0.30	17.50	0.35	23.00	0.57	34.00	0.68	38.40	44	10	500	43
COMPOST	X	0.29	22.00	0.32	29.10	0.62	41.00	0.67	46.00	44	10	510	44
COMPOST	X	0.29	19.50	0.35	25.40	0.52	27.00	0.65	38.00	38	11	340	43
COMPOST	X	0.30	19.00	0.40	22.90	0.57	28.00	0.60	35.40	39	10	420	46
COMPOST	X	0.30	19.10	0.30	21.00	0.52	35.00	0.60	40.00	42	10	500	41
COMPOST	X	0.29	17.00	0.32	22.00	0.60	26.00	0.68	32.20	42	10	500	43
COMPOST	X	0.29	21.60	0.35	25.50	0.60	36.50	0.70	39.00	45	11	380	44
COMPOST	X	0.30	18.00	0.37	20.60	0.52	26.00	0.67	38.00	42	12	340	45
COMPOST	X	0.28	18.10	0.35	22.90	0.57	29.00	0.68	37.50	38	9	420	46
COMPOST	X	0.30	19.60	0.35	24.00	0.56	33.00	0.65	38.20	39	10	500	43
COMPOST	X	0.30	18.00	0.35	20.40	0.55	28.00	0.70	32.40	43	9	500	44
COMPOST	X	0.30	19.60	0.35	24.70	0.52	31.00	0.70	41.00	42	11	510	44
COMPOST	X	0.26	19.00	0.32	20.80	0.65	26.90	0.68	37.90	41	10	340	40
COMPOST	X	0.29	18.60	0.35	21.20	0.68	25.00	0.60	45.80	44	13	420	45
COMPOST	X	0.27	18.60	0.35	22.80	0.62	30.00	0.68	35.00	38	9	400	40
COMPOST	X	0.30	19.50	0.35	23.10	0.62	30.00	0.65	39.00	41	10	390	42
COMPOST	X	0.25	19.40	0.32	21.10	0.62	28.00	0.65	38.50	40	9	390	42

COMPOST	X	0.30	21.00	0.35	22.20	0.57	29.90	0.65	35.00	41	11	460	40
COMPOST	X	0.30	20.50	0.35	23.20	0.57	32.00	0.65	45.00	42	10	440	42
COMPOST	X	0.27	20.10	0.32	24.20	0.62	30.00	0.67	39.40	38	13	400	44
COMPOST	X	0.25	21.00	0.32	24.40	0.52	36.80	0.65	45.70	42	10	390	42
COMPOST	X	0.30	24.50	0.37	31.40	0.62	44.00	0.65	50.40	42	10	390	40
COMPOST	X	0.30	20.50	0.35	23.70	0.60	33.00	0.67	42.10	38	11	440	40
COMPOST	X	0.27	19.10	0.35	23.00	0.57	33.00	0.65	36.50	39	10	440	42
COMPOST	X	0.30	18.50	0.35	22.80	0.62	28.00	0.65	41.20	39	10	400	40
COMPOST	X	0.30	21.40	0.35	25.00	0.60	35.00	0.65	40.90	42	10	390	42
COMPOST	X	0.27	18.40	0.35	20.70	0.59	22.10	0.63	32.60	44	10	390	41
COMPOST	X	0.30	19.10	0.35	22.50	0.57	38.00	0.70	47.30	42	10	440	45
COMPOST	X	0.25	17.00	0.32	20.60	0.55	34.00	0.65	45.00	38	11	440	42
COMPOST	X	0.30	15.70	0.37	19.00	0.55	25.00	0.65	37.90	38	12	400	46
COMPOST	X	0.30	17.00	0.37	18.50	0.57	21.90	0.67	24.50	41	9	390	42
COMPOST	X	0.30	17.20	0.37	22.30	0.60	25.10	0.70	30.50	39	10	390	41
COMPOST	X	0.30	19.00	0.42	20.90	0.60	25.10	0.65	28.50	39	9	430	40
COMPOST	X	0.30	19.00	0.35	21.70	0.60	27.00	0.67	28.70	40	11	440	42
COMPOST	X	0.27	15.50	0.37	21.00	0.50	29.10	0.70	31.00	41	10	420	40
COMPOST	X	0.32	20.00	0.37	23.20	0.55	27.90	0.67	0.34	35	11	400	42
COMPOST	X	0.30	19.30	0.37	23.30	0.57	29.00	0.67	45.30	34	9	390	40
COMPOST	X	0.30	16.00	0.44	25.00	0.55	29.60	0.72	32.00	42	9	360	44
COMPOST	X	0.30	17.90	0.35	21.50	0.60	27.30	0.65	35.00	39	8	420	42
COMPOST	X	0.27	19.50	0.35	20.90	0.55	29.70	0.65	28.50	38	11	400	44
COMPOST	X	0.25	17.50	0.32	22.70	0.55	28.00	0.65	29.00	37	10	390	42
COMPOST	X	0.29	16.50	0.32	23.90	0.58	26.00	0.65	38.90	36	9	370	41
COMPOST	X	0.31	21.00	0.35	24.40	0.58	25.00	0.70	33.00	42	10	420	40

COMPOST	X	0.30	18.90	0.35	22.50	0.56	28.00	0.70	34.50	41	11	400	42
COMPOST	X	0.30	18.70	0.35	24.50	0.53	25.00	0.65	36.70	40	12	390	40
COMPOST	X	0.30	18.50	0.40	23.50	0.59	27.00	0.70	40.10	37	10	390	42
COMPOST	X	0.30	15.50	0.35	21.90	0.50	27.00	0.70	34.00	38	9	410	40
COMPOST	X	0.30	18.80	0.35	22.00	0.57	25.00	0.65	34.50	39	11	400	40
COMPOST	X	0.30	18.40	0.37	22.70	0.55	34.00	0.70	35.60	39	11	390	42
COMPOST	X	0.30	20.50	0.35	21.70	0.52	29.00	0.70	33.80	39	10	390	44
COMPOST	X	0.30	20.30	0.32	24.20	0.55	27.00	0.68	43.50	40	9	390	42
COMPOST	X	0.22	19.30	0.32	24.90	0.53	28.00	0.63	39.30	40	9	400	42
COMPOST	X	0.27	20.50	0.30	21.60	0.60	27.00	0.60	40.50	41	11	390	40
COMPOST	X	0.29	23.50	0.35	26.20	0.63	28.00	0.69	39.00	42	10	380	42
TESTIGO	Y	0.29	17.40	0.31	20.50	0.48	26.10	0.60	32.70	38	8	380	38
TESTIGO	Y	0.29	18.70	0.32	20.00	0.42	28.00	0.52	34.00	37	10	400	38
TESTIGO	Y	0.25	15.90	0.32	21.00	0.45	28.50	0.59	37.90	35	10	390	39
TESTIGO	Y	0.28	17.00	0.33	20.20	0.50	28.80	0.60	34.00	35	9	410	39
TESTIGO	Y	0.30	16.80	0.32	21.00	0.48	27.00	0.58	37.90	38	8	400	36
TESTIGO	Y	0.30	16.90	0.32	22.00	0.46	24.00	0.60	30.40	33	10	420	38
TESTIGO	Y	0.27	16.00	0.32	23.00	0.42	26.10	0.60	32.70	35	8	350	36
TESTIGO	Y	0.25	15.70	0.32	22.00	0.49	28.00	0.62	34.00	36	10	350	39
TESTIGO	Y	0.27	14.70	0.30	16.20	0.43	24.50	0.58	32.00	35	10	360	36
TESTIGO	Y	0.29	16.80	0.31	23.00	0.51	27.05	0.60	31.00	36	9	390	40
TESTIGO	Y	0.25	17.40	0.32	20.60	0.42	24.10	0.60	38.00	33	10	390	38
TESTIGO	Y	0.29	17.10	0.32	20.00	0.44	28.00	0.60	31.00	36	8	380	36
TESTIGO	Y	0.29	17.30	0.32	20.00	0.48	27.40	0.60	34.00	36	9	400	39
TESTIGO	Y	0.25	17.90	0.32	20.60	0.43	24.90	0.57	30.00	36	10	340	41
TESTIGO	Y	0.29	18.00	0.31	20.20	0.45	23.10	0.60	36.00	37	9	340	36

TESTIGO	Y	0.27	16.90	0.32	20.00	0.46	26.00	0.59	35.00	34	9	350	38
TESTIGO	Y	0.29	17.90	0.33	20.10	0.49	30.00	0.58	33.00	36	8	370	39
TESTIGO	Y	0.29	18.10	0.32	20.00	0.45	30.00	0.61	34.00	35	10	380	39
TESTIGO	Y	0.25	18.20	0.33	20.10	0.49	26.00	0.58	33.00	37	8	410	36
TESTIGO	Y	0.29	18.00	0.32	20.20	0.47	29.00	0.60	32.00	33	10	340	40



**Figura 6.** Evaluación del diámetro de los plantones de cacao a los 120 días después de la siembra



**Figura 7.** Evaluación de la altura de los plantones de cacao a los 120 días después de la siembra.



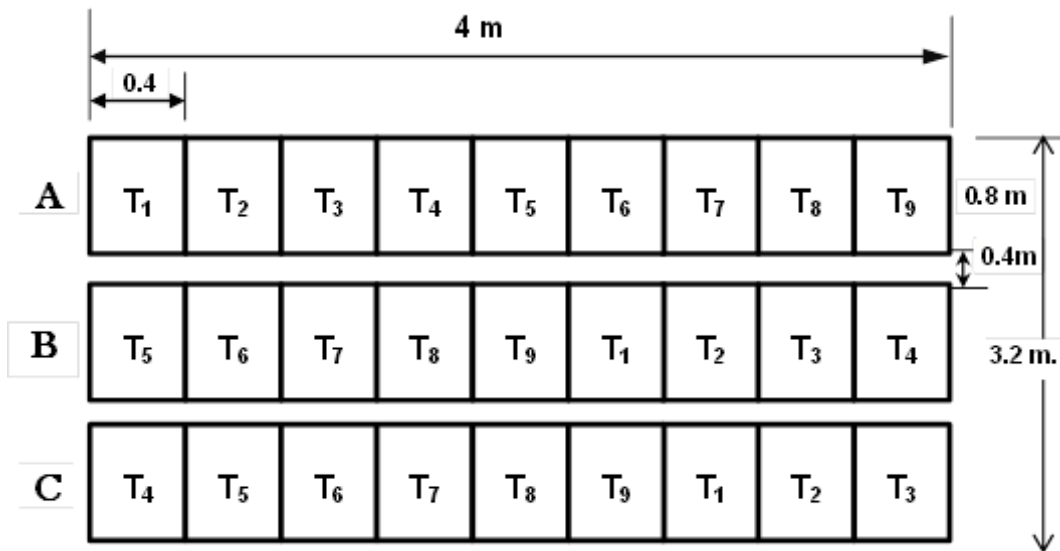
**Figura 8.** Evaluación del sistema radicular de los plantones de cacao a los 120 días después de la siembra.



**Figura 9.** Evaluación del área foliar de los plantones de cacao a los 120 días después de la siembra.



**Figura 10.** Medición de la longitud de raíz de las plantas de cacao.



**Figura 11.** Croquis del campo experimental.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

TINGO MARIA  
Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos  
analisisdesuelosunas@hotmail.com



**ANALISIS DE SUELOS**

PROCEDENCIA: RUPA RUPA - LEONCIO PRADO - HUANUCO

Cod. Lab	Propietario	Sector	Fundo	Datos	Cultivo	ANALISIS MECANICO			pH	M.O.	N	P	K <sub>2</sub> O	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	% Bas. Camb.	% Ac. Camb.	% Sat. Al	
						Arena	Arcilla	Limo							Ca	Mg	K	Na	Al	H					
						%	%	%																	
M1319	HIDALGO SAAVEDRA ALAN	PLAYA TINGO	---	10-20 cm	---	25.68	9.04	65.28	Franco Limoso	4.07	2.35	0.11	9.06	139.13	---	9.68	0.77	---	--	3.18	1.25	14.87	70.20	29.80	21.39

Fecha: Miércoles, 06 de Agosto de 2014  
Recibo N° 383585  
Muestreado por: El solicitante

Blgo.M.Sc. Miguel Ángel Huayua Rojas  
Jefe del Laboratorio de Suelos

Figura 12. Análisis de suelo.