

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**TESIS**

**EFFECTO DE FERTILIZANTES COMPUESTOS, UTILIZANDO  
SUELOS ÁCIDOS COMO SUSTRATO EN EL CRECIMIENTO DE  
PLANTONES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN TOCACHE**

**Para obtener el título profesional de**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**Elaborado por**

**NILTON CÉSAR PISCO GARCÍA**

**Tingo María - Perú**

**2018**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
Tingo María  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

Av. Universitaria Km 1.5 Telf. (062) 561136 E.mail: fa.decanatura@unas.edu.pe.



"Año del dialogo y la Reconciliación Nacional"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

N° 003-2018-FA-UNAS

BACHILLER : PISCO GARCÍA, Nilton César

TÍTULO : "EFECTO DE FERTILIZANTES COMPUESTOS  
UTILIZANDO SUELOS ÁCIDOS COMO SUSTRATO  
EN EL CRECIMIENTO DE PLANTONES DE CACAO  
(*Theobroma cacao L.*) EN TOCACHE

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : Dr. José Wilfredo Zavala Solórzano

VOCAL : Dr. Hugo Huamani Yupanqui

VOCAL : Ing. Jorge Adriazola Del Aguila

ASESOR : Ing. Jaime Chávez Matias

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 8 DE ENERO DE 2018

HORA DE SUSTENTACIÓN : 10:00 A.M.

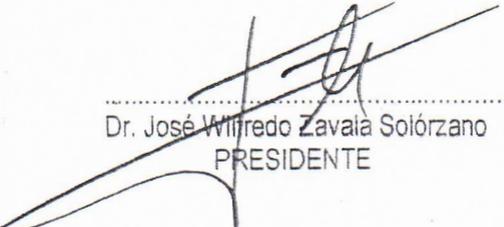
LUGAR DE SUSTENTACIÓN : SALA DE AUDIOVISUALES DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

CALIFICATIVO : BUENO

RESULTADO : APROBADO

OBSERVACIONES A LA TESIS : EN HOJA ADJUNTA

TINGO MARÍA, 18 DE ENERO DE 2018.

  
.....  
Dr. José Wilfredo Zavala Solórzano  
PRESIDENTE



  
.....  
Dr. Hugo Huamani Yupanqui  
VOCAL

  
.....  
Ing. Jorge L. Adriazola Del Aguila  
VOCAL

  
.....  
Ing. Jaime J. Chávez Matias  
ASESOR

## DEDICATORIA

A Dios por protegerme siempre, guiarme  
en los buenos caminos y acompañarme  
siempre en cada momento de mi vida.

A mis queridos padres Ysrael y Ninfa  
con todo mi amor y eterna gratitud por  
su sacrificio, dedicación y nobles  
enseñanzas.

A mis hermanas Mary Cris y Mary Triny  
por confiar en mí; y en especial a mis  
hermanos Israel y Albina por brindarme  
su confianza y apoyo para iniciar mi  
etapa universitaria y culminar mi carrera  
profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva por haberme dado la oportunidad de lograr mi formación profesional.
- A los miembros integrantes del jurado de tesis: Dr. José W. Zavala Solórzano, Dr. Hugo A. Huamaní Yupanqui e Ing. M. Sc. Jorge L. Adriazola Del Águila por su colaboración en la mejora y culminación del informe del trabajo de investigación.
- A mi asesor, Ing. Jaime Chávez Matías por el apoyo en la ejecución, conducción y redacción del presente trabajo.
- A los colaboradores, Ing. Joiler Carranza Díaz e Ing. Janeth Pisco Peña por su apoyo en la ejecución del presente trabajo de investigación.
- A mis grandes amigos Elber Rodríguez Córdova, Frank Quispe Oscoco, Carlos Jiménez y Viviana Ruíz quienes me apoyaron en todo momento.
- A mi colega Erick Romero Carrión por el apoyo en la redacción de la tesis.

## ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	12
2.1. Cultivo de cacao.....	12
2.1.1. Generalidades del cacao.....	12
2.1.2. Propagación del cultivo de cacao.....	12
2.1.3. Características químicas de los suelos .....	16
2.2. Características generales de los fertilizantes compuestos.....	22
2.2.1. Fertilizante Bayfolan® suelo azul .....	24
2.2.2. Fertilizante Compomaster cacao.....	25
2.2.3. Fertilizante Compomaster 20-20-20 .....	26
2.2.4. Fertilizante Nitrofoska azul .....	26
2.3. Abono orgánico Compost.....	27
2.4. Suelo Dystropepts.....	28
2.5. Antecedentes de investigación.....	29
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	31
3.1. Campo experimental .....	31
3.1.1. Ubicación.....	31
3.1.2. Datos meteorológicos.....	31

3.2. Diseño estadístico .....	32
3.2.1. Componentes en estudio.....	32
3.2.2. Tratamientos en estudio .....	32
3.2.3. Diseño experimental.....	33
3.3. Disposición del campo experimental .....	35
3.3.1. Bloques .....	35
3.3.2. Parcelas .....	35
3.3.3. Área experimental .....	36
3.4. Metodología .....	36
3.4.1. Demarcación del campo experimental .....	36
3.4.2. Análisis del suelo del campo experimental.....	36
3.4.3. Obtención del compost agrícola.....	37
3.4.4. Instalación del vivero.....	38
3.4.5. Manejo del vivero .....	40
3.5. Variables evaluadas.....	40
3.5.1. Altura del plantón de cacao .....	40
3.5.2. Diámetro del tallo del plantón de cacao.....	40
3.5.3. Número de hojas por plantón de cacao.....	40
3.5.4. Longitud y volumen radicular del plantón de cacao.....	41
3.5.5. Peso fresco y seco del plantón de cacao .....	41

3.5.6. Análisis de costo y beneficio de los tratamientos en estudio.....	41
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	42
4.1. Biometría de los plántones de cacao en fase de vivero .....	42
4.1.1. Altura del plánton de cacao .....	42
4.1.2. Diámetro de tallo del plánton de cacao .....	49
4.1.3. Número de hojas por plánton de cacao.....	53
4.1.4. Longitud y volumen radicular del plánton de cacao.....	58
4.1.5. Peso de fresco y seco del plánton de cacao .....	66
4.2. Análisis de beneficio y costo de los tratamientos en estudio.....	71
V. CONCLUSIONES .....	73
VI. RECOMENDACIONES.....	74
VII. RESUMEN.....	75
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	77
IX. ANEXO .....	86

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
1. Requerimiento de nutrientes absorbidos por las plantas de cacao en diferentes etapas de desarrollo.....	16
2. Niveles de la materia orgánica.....	19
3. Niveles de contenido de nitrógeno.....	19
4. Niveles de fósforo.....	20
5. Niveles del contenido de potasio.....	21
6. Niveles de CIC para un pH mayor de 5.5.....	22
7. Descripción del fertilizante Bayfolan® suelo azul.....	24
8. Descripción del fertilizante Compomaster cacao.....	25
9. Descripción del fertilizante Compomaster 20-20-20.....	26
10. Características nutritivas del Nitrofoska azul.....	27
11. Datos meteorológicos registrados durante el periodo de ejecución de la fase de campo realizada de Julio a Octubre del 2015.....	31
12. Descripción de los tratamientos en estudio.....	33
13. Modelo del análisis de variancia.....	34
14. Análisis físico y químico del suelo experimental.....	37
15. Análisis químico del compost experimental.....	38
16. Análisis de variancia de la altura del plantón de cacao a los 30, 60, 90 y 120 días después de la siembra (dds) en fase de vivero.....	42

17. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) de la altura del plantón de cacao a los 30, 60, 90 y 120 días después de la siembra (dds) en fase de vivero.....	44
18. Análisis de variancia del diámetro de tallo del plantón a los 30, 60, 90 y 120 días después de la siembra (dds) en fase de vivero.....	49
19. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) del diámetro de tallo del plantón de cacao a los 30, 60, 90 y 120 días después de la siembra (dds) en vivero. ....	51
20. Análisis de variancia del número de hojas por plantón de cacao a los 120 días después de la siembra (dds) en fase de vivero.....	53
21. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) del número de hojas por plantón de cacao a los 120 días después de la siembra en fase de vivero. ....	54
22. Análisis de variancia de la longitud y volumen radicular del plantón de cacao a los 120 días después de la siembra en fase de vivero.....	59
23. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) de la longitud y volumen radicular por plantón de cacao a los 120 días después de la siembra en vivero.....	60
24. Análisis de variancia del peso seco y fresco del plantón de cacao a los 120 días después de la siembra en fase de vivero.....	66
25. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) del peso fresco y seco del plantón de cacao a los 120 días después de la siembra en vivero. ....	67
26. Análisis de rentabilidad o relación beneficio y costo (B/C) de los tratamientos en estudio. ....	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1. Altura media de los plántones a los 120 días después de la siembra de los fertilizantes compuestos y testigos.....	48
2. Número de hojas por plánton de cacao obtenido por los fertilizantes compuestos, Compost y sin fertilizante. ....	58
3. Relación de la longitud y volumen radicular por plánton de cacao. ....	61
4. Volumen radicular por plánton de cacao obtenido por los fertilizantes compuestos, Compost y suelo degradado.....	64
5. Relación de la variable independiente volumen radicular con las variables dependientes: a) altura del plánton., b) diámetro de tallo., c) número de hojas por plánton., d) peso seco del plánton de cacao.....	65
6. Peso del plánton de cacao de los tratamientos en estudio: a) Fresco., b) Seco. ....	68
7. Relación del peso fresco con el peso seco de los plántones de cacao a los 120 días después de la siembra en vivero. ....	70

## I. INTRODUCCIÓN

El cacao es uno de los principales productos de exportación de la provincia de Tocache, considerándose como una actividad agrícola principal, por eso, para la ampliación de nuevas áreas de este cultivo, es muy necesario la producción de plántones de calidad que garanticen buenos rendimientos, por lo que esto se llega a lograr, utilizando semillas con alta capacidad de producción y tolerancia a enfermedades, aspectos que deben ser complementados con un adecuado manejo de los plántones en fase de vivero.

Respecto al suelo, este cultivo de cacao es bastante exigente en cuanto a su calidad, ya que requiere suelos ricos en minerales, profundos y francos, y según PAREDES (2003), estas se desarrollan bien en pH de 5.5 a 6.5. Sin embargo, en Tocache, uno de los problemas al momento del establecimiento de plántones de cacao en nuevas áreas, es que la mayoría de sus suelos son una limitante para una buena producción, ya que hay enormes extensiones de suelos ácidos con escaso contenido de materia orgánica, alta saturación de aluminio y bajo contenido de fósforo, calcio, magnesio, potasio y sodio, considerándolos como suelos no aptos para la producción de cacao, tanto en campo o cuando son utilizados como sustratos en la obtención de plántones en vivero.

Actualmente el agricultor de la zona, optaría por la aplicación de fuentes de materia orgánica mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de esos suelos y a la vez nutrir a las plantas para así obtener cosechas deseables, pero cuyo costo es insostenible a corto plazo, razón por el cual muchos agricultores de la zona buscan reducir sus costos de producción y elevar sus ganancias, por

lo que han optado aplicar a sus suelos y sustratos para vivero, fertilizantes que contengan dos o más de los nutrientes principales N, P y K. Sin embargo, esta vía ha generado un descontento en algunos agricultores, ya que no ven mejoras en sus cosechas y a nivel de vivero, han obtenido plántones de cacao con mal desarrollo vegetativo y asimismo, creen que la aplicación de estos fertilizantes compuestos empobrece más a estos suelos.

Frente a estos factores negativos, nos vemos en la obligación de investigar que sucede al aplicar fertilizantes compuestos como, Bayfolan suelo azul (12-17-17), Compomaster cacao (17-9-23), Compomaster (20-20-20) y Nitrofoska azul (12-12-17) a dosis de 1.00, 1.70 y 2.40 kg/ha en suelos ácidos, y su efecto en el crecimiento y desarrollo de plántones de cacao en fase de vivero, razón por la cual, nos planteamos los siguientes objetivos:

**Objetivo general:**

1. Determinar el efecto de los fertilizantes compuestos en el crecimiento de plántones de cacao en vivero, utilizando suelos ácidos como sustrato.

**Objetivos específicos:**

1. Determinar el fertilizante compuesto con la que se obtiene plántones de cacao con buenas características biométricas en fase de vivero.
2. Determinar la mejor dosis de fertilización con la que se obtiene plántones de cacao con buenas características biométricas en fase de vivero.
3. Determinar el análisis de rentabilidad o relación beneficio y costo (B/C) de los tratamientos en estudio.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Cultivo de cacao

#### 2.1.1. Generalidades del cacao

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una especie perenne tropical y nativa del sotobosque de los bosques húmedos de Sudamérica (Motamayor *et al.*, 2002; citado por GUTIÉRREZ *et al.* 2011). El cacao es una planta leñosa antes clasificada en la familia Sterculiaceae y actualmente reclasificada en la familia Malvaceae (ALVERSON *et al.*, 1999), es una especie umbrófila, es decir, que requiere de la protección de otras plantas que le proporcionan sombra para un buen desarrollo y producción (SÁNCHEZ, 2006). Se cultiva desde el nivel del mar hasta los 1,200 msnm, siendo el óptimo de 500 a 800 msnm; asimismo, necesita humedad relativa anual entre el 70 y 80 %, con una precipitación pluvial mínima y máxima manejable de 1,400 y 3,000 mm respectivamente y óptima de 1,500 a 2,500 mm; requiere de una luminosidad que varía del ciclo productivo en el que esté, siendo del 40 al 50 % para el cultivo en crecimiento (menor de 4 años) y 60 al 75 % para plantación en producción (mayor de 4 años). Respecto a los suelos, este cultivo necesita suelos con una profundidad de 0.60 a 1.50 m, con una textura franco, franco-arcilloso, franco arenoso (MINAGRI, 2016).

#### 2.1.2. Propagación del cultivo de cacao

##### a. Propagación sexual

La propagación sexual es la forma más generalizada y fácil de reproducir el cacao, consiste en utilizar la semilla seleccionada de los árboles que han sido elegidos como los mejores, a estos árboles se les llama árboles

élites, árboles madres o árboles productores de semillas porque tienen mejores cualidades en cuanto su vigor y forma de desarrollo, la producción y resistencia a enfermedades y plagas (ÁVILA *et al.*, 2013). Cuando el cultivo se va propagar por semilla, es necesario conocer el biotipo de las principales características de las plantas productoras de semilla para que reciban un adecuado tratamiento con la finalidad que estas puedan crecer bien conformadas, uniformes y con alta producción; preferentemente, las semillas deben ser adquiridas de los campos productores oficiales (RIMACHE, 2008).

La producción de patrones en cacao se realiza a partir de semillas, las cuales son recalcitrantes, es decir, no pueden ser deshidratadas y carecen de dormancia, por lo tanto, pierden su viabilidad rápidamente o mueren si no les permiten germinar. Por otro lado, cuando las mazorcas hayan cumplido su ciclo vegetativo, se cosechan, se lo extrae y se lava la semilla, con el propósito de quitarles el mucílago; luego se impregna con una mezcla de aserrín lavado y un fungicida, se deja almacenada en lugar bajo sombra por unos tres días para que germine y dé la guía de siembra que da como resultado un desarrollo uniforme. La semilla que no germine a los tres días, se humedece y se deja por otros tres a cinco días más, al cabo de los cuales, si no responde a la germinación, se debe desechar (PALENCIA *et al.*, 2003).

#### **b. Vivero para plántones de cacao**

El vivero es el sitio donde se garantizan las condiciones de suelo y clima para el desarrollo adecuado de los plántones de cacao, ya sea por la reproducción de semillas o injerto. La planta que recibe los cuidados necesarios en este período tiene mayor posibilidad de sobrevivir después de trasplante y

desarrolla mejor ya que en el vivero se garantiza la germinación de las semillas, hay mayor cuidado y protección de los plantones, se logra un desarrollo vigoroso y uniforme de los plantones en poco tiempo, se controlan con mayor facilidad las plagas y enfermedades (ÁVILA *et al.*, 2013).

El tamaño de un vivero depende del número de plantas que va a producir para establecer un área de cacao (ÁVILA *et al.*, 2013). Se selecciona un terreno plano, con buen drenaje, de fácil acceso o cerca de una fuente de agua, se debe construir una sombra apropiada sobre el vivero, al menos de un 50 % de sombra como mínimo, se puede utilizar un techo de palma. Se debe preparar un buen sustrato para llenar las bolsas, mezclando una parte de tierra negra bien desmenuzada con una parte de abono orgánico; llenar las bolsas hasta el borde con el sustrato, dejando la tierra bien apretada, acomodando las bolsas en doble hilera separadas de 15 a 20 cm y ubicadas en dirección este a oeste (CORPOICA, 2007).

El manejo del vivero necesita de un cuidado especial, en caso contrario se pueden perder los recursos y el tiempo invertido. Se debe realizar la remoción de plantas consiste en mover las bolsas del vivero de un lugar a otro para que las raíces que salgan de las bolsas no se entierren en el suelo (ÁVILA *et al.*, 2013). En las épocas de sequía se riega diariamente, sobre todo en la mañana y en la tarde, tratando de mojar bien las hojas y la tierra; se debe de eliminar cada semana, las malezas presentes en las bolsas de forma manual, sin uso de herbicidas; también se debe controlar enfermedades o plagas, en caso necesario, se debe retirar con cuidado las plantas enfermas o muertas. Se debe de aplicar cada mes abonos orgánicos (CORPOICA, 2007).

### **c. Preparación del sustrato para los plantones de cacao**

La obtención de buenos plantones de cacao llega a depender de la riqueza nutritiva del sustrato a utilizar y del manejo técnico que se realice en el vivero, para su preparación se debe tener en cuenta que el sustrato debe ser obtenido de la capa superficial del suelo de bosque, lo que nos asegura un buen contenido de materia orgánica, si el sustrato es pobre en materia orgánica puede mejorarse esta condición agregando gallinaza. También se recomienda agregar cascarilla de arroz descompuesto para favorecer una buena aireación del suelo; asimismo, es recomendable realizar en esta etapa un buen control fitosanitario, para evitar la presencia de microorganismos patógenos (ARÉVALO *et al.*, 2004).

También se hace la primera recomendación es el análisis físico - químico de laboratorio de los componentes del sustrato, con el fin de conocer las cantidades aplicadas de cada uno de los elementos importantes y, al mismo tiempo, poder ajustar la nutrición adecuada. Un buen sustrato combina buena aireación con alta capacidad de retención de agua, buen drenaje y contenido de nutrientes, libres de agentes patógenos y de fácil manejo. El pH del sustrato controla la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes; para cacao, el rango óptimo es entre 5.5 a 6.5. Un buen sustrato está formado por 50 % de suelo, 25 % de materia orgánica y 25 % de arena (PALENCIA *et al.*, 2009).

### **d. Requerimientos nutricionales de plántulas de cacao en vivero**

Los plantones de cacao en fase de vivero, generalmente presenta síntomas notorios de deficiencias de elementos nutricionales como nitrógeno, fósforo, potasio magnesio, hierro y boro, debido a la utilización de sustratos de

baja fertilidad o con desbalances en sus componentes. En dichos casos, no se hace uso del análisis químico en la aplicación oportuna de elementos deficitarios. Teniendo en cuenta la corta permanencia de las plántulas en vivero, se debe hacer uso de fertilizantes de acción rápida como los de síntesis química, ya sean de aplicación edáfica o foliar. Para sustratos con bajos contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio, se recomienda hacer aplicaciones foliares de urea en dosis de 100 g por 20 L de agua en plántulas de 45 días; A los 75 días de edad de las plántulas, se deben hacer aplicaciones de nitrógeno, fósforo y potasio en una relación 15-45-30 respectivamente. En términos de cantidades se podría llegar a suministrar 3 g de nitrógeno, 9 g de fósforo y 6 g de potasio para plántulas que crecen en bolsas de 3 kg de sustrato (PALENCIA *et al.*, 2009).

**Cuadro 1.** Requerimiento de nutrientes absorbidos por las plantas de cacao en diferentes etapas de desarrollo.

Etapa del cultivo	Edad de la planta (meses)	Requerimiento nutricional medio en kg/ha				
		N	P	K	Ca	Mg
Vivero	5 a 12	2.40	0.60	2.40	2.30	1.10
Desarrollo	28	136.00	14.00	151.00	113.00	47.00
Producción	50 a 87	438.00	48.00	633.00	373.00	129.00

Fuente: PALENCIA *et al.* (2009).

### 2.1.3. Características químicas de los suelos

#### a. pH

El cacao se desarrolla eficientemente cuando el pH se encuentra en el rango de 6.0 a 6.5, permitiendo obtener buenos rendimientos; pero, también

se adapta a rangos extremos desde muy ácidos hasta los muy alcalinos cuyos valores oscilan de pH 4.5 hasta 8.5, con una producción muy deficiente, en estos suelos se debe aplicar correctivos (Potash and Phosphate Institute, 1988; citado por TOSQUY *et al.* 2008). El pH influye en la solubilidad del fósforo y de los demás minerales en suelos alcalinos, además hay una gran parte de fósforo insolubilizado y en estos suelos, llega a existir mayor riesgo de carencias de este elemento que uno que sea ácido o neutro (ARÉVALO, 2002).

La escala del pH va desde valores de 0 a 14, pero en los suelos se han encontrado valores entre 3.5 y 10. Los suelos con pH inferiores a 4.5 presentan óxidos de hierro, aluminio y otros óxidos metálicos; en el cuadro 2, se observan los niveles de pH en los suelos propuesto por (ARÉVALO, 2002). El pH óptimo para el desarrollo de las plantas está dado entre los valores de pH de 6.5 a 7.5; pH mayores a menos a este rango traerán consigo problemas de toxicidad. Los suelos que presentan pH menores o igual a 5.0, lo que indican que tienen deficiencia de elementos como el,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  o como también pueden tener efectos que estén volviendo tóxico al suelo como el,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ , etc. (ARVILDO, 2009).

#### **b. Materia orgánica**

De acuerdo a Cépeda (1991), citado por MAURICIO (2014), la materia orgánica contribuye al crecimiento vegetal mediante sus efectos en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Afecta profundamente las actividades de organismos de microflora y microfauna. Promueve una buena estructura del suelo, por lo tanto mejorando la labranza, aireación y retención de humedad e incrementando la capacidad amortiguadora y de intercambio de los

suelos, la CIC de la materia orgánica y de los silicatos laminares se incrementan conforme se incrementa el pH, pero la CIC de la materia orgánica del suelo se incrementa más rápido con el pH que la de los silicatos laminares.

De acuerdo a ARCA (2000), la materia orgánica es producto de la descomposición de la materia orgánica en el suelo y se obtiene el humus que constituye un depósito de calcio, magnesio y potasio; el contenido de materia orgánica no debe ser menor del 3% para el cultivo de cacao. Cépeda (1991), citado por MAURICIO (2014), hace referencia que entre los procesos químicos importancia, es el suministro de elementos nutritivos por la mineralización, como la liberación del nitrógeno, fósforo, azufre y micronutrientes disponible para las plantas. La materia orgánica del suelo amortigua el pH del suelo, causado por la adición de enmiendas y/o fertilizantes y es un depósito de elementos químicos para el desarrollo de las plantas.

Algunos beneficios de la materia orgánica aplicado al suelo son aumentar la capacidad tampón y regular el pH; forma complejos con aluminio y manganeso en los suelos ácidos, reduciendo la toxicidad de éstos (BENZING, 2001). La descomposición de la materia orgánica produce  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  y es fuente de elementos nutritivos para el crecimiento y desarrollo de las plantas, además incrementa la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo. La materia orgánica acelera la formación de tejidos radiculares por acción del ácido indol – acético y giberélico, contribuye a la productividad del suelo y es un depósito de nutrientes; reduce los efectos de compactación, mejora la estructura del suelo y aumenta la infiltración y es fuente de energía para los microorganismos del suelo (Cépeda, 1991; citado por MAURICIO, 2014).

**Cuadro 2.** Niveles de la materia orgánica.

<b>Nivel</b>	<b>Contenido (%)</b>
Bajo o pobre	Menos de 2
Medio	2 a 4
Alto o rico	Mayor de 4

Fuente: BENZING (2001).

### **c. Nitrógeno del suelo**

El nitrógeno se encuentra en distintas formas en el suelo, aunque es absorbido por las plantas y microorganismos como nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) o amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), puede estar en muy diversos estados de oxidación y reducción, entre las ganancias de nitrógeno en el suelo se consideran las fijaciones, los abonos de origen orgánico y los residuos de cosecha; entre las pérdidas de nitrógeno son por extracción de los cultivos, lixiviación, volatilización, desnitrificación y fijación de amonio. El comportamiento del nitrógeno en el suelo, es su relación con el pH, cuando del amonio pasa a nitrato (nitrificación), se liberan iones  $\text{H}^+$  lo que genera acidez del suelo, por eso, la mineralización de la materia orgánica y el suministro de fuentes de nitrógeno amoniacales, aumenta la acidez, si la planta no absorbe el amonio indirectamente (Zavaleta, 1992; citado por YAKABI, 2014).

**Cuadro 3.** Niveles de contenido de nitrógeno.

<b>Nivel</b>	<b>Nitrógeno (%)</b>
Bajo	Menos de 0.10
Medio	0.10 – 0.20
Alto	Mayor de 0.20

Fuente: BENZING (2001).

#### **d. Fósforo del suelo**

Lamentablemente el fósforo no es abundante en el suelo y por lo general no se encuentra en forma disponible para la planta. La disponibilidad de este elemento depende del tipo de suelo, según este, una pequeña o gran parte del fósforo total puede estar “fijado” (no disponible) en los minerales del suelo. En la naturaleza, el fósforo forma parte de las rocas y los minerales del suelo. Las fuentes de fósforo como nutrimento para las plantas son los fertilizantes minerales y fertilizantes orgánicos. Las plantas absorben únicamente el fósforo que está en la solución del suelo en forma de  $\text{HPO}_4^{-2}$  (ión fosfato monoácido) y el  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (ión fosfato diácido). Cualquier fertilizante ya sea de origen orgánico o mineral debe transformarse primero en esas formas químicas antes de ser utilizado por el cultivo (GOMERO y VELÁSQUEZ, 1999).

**Cuadro 4.** Niveles de fósforo.

<b>Nivel</b>	<b>Fósforo (ppm)</b>
Bajo	Menor a 7
Medio	7 a 14
Alto	Mayor a 14

Fuente: BENZING (2001).

#### **e. Potasio del suelo**

El potasio es uno de los tres nutrientes minerales que necesitan las plantas en mayor cantidad. Las plantas absorben el potasio que se encuentra en la solución del suelo en forma de catión  $\text{K}^+$ . La cantidad de potasio en la solución del suelo está en función de la liberación del potasio intercambiable, generalmente localizado alrededor de las partículas de arcilla. El abastecimiento

de K en el suelo es limitado, aun los suelos que contienen arcillas ricas en este mineral no pueden suplirlo indefinidamente. Es un error creer que en suelos que por naturaleza son ricos en potasio, adicionar este elemento a los cultivos es innecesario (GOMERO y VELÁSQUEZ, 1999).

**Cuadro 5.** Niveles del contenido de potasio.

<b>Nivel</b>	<b>Potasio K<sub>2</sub>O (ppm)</b>
Muy bajo	Menos de 300
Bajo	300 – 600
Normal	Más de 600

Fuente: BENZING (2001).

#### **f. Calcio y magnesio del suelo**

En muchos suelos la principal fuente de calcio para las plantas es el calcio intercambiable y el calcio de minerales fácilmente meteorizados (como carbonatos). Del mismo modo pasa con el Ca<sub>2</sub><sup>+</sup> y Mg<sub>2</sub><sup>+</sup> intercambiable que son removidos por las plantas y es factible de lavarse, este pool es repuesto a partir del Ca<sub>2</sub><sup>+</sup> y Mg<sub>2</sub><sup>+</sup> mineral por la meteorización de los minerales como dolomita, hornablenda y serpentina (ARVILDO, 2009). Además, los principales caminos de pérdidas y ganancias, para mantener un nivel de suficiencia o disponibilidad es el lavado, luego la erosión de Ca<sub>2</sub><sup>+</sup> y Mg<sub>2</sub><sup>+</sup>, son principalmente reemplazados por la adición de enmiendas cálcicas (GOMERO y VELÁSQUEZ, 1999).

#### **g. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)**

Los cationes de mayor importancia con relación al crecimiento de las plantas son el calcio (Ca<sub>2</sub><sup>+</sup>), magnesio (Mg<sub>2</sub><sup>+</sup>), potasio (K<sup>+</sup>), amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), sodio (Na<sup>+</sup>) e hidrógeno (H<sup>+</sup>). Los primeros cuatro son nutrientes y se encuentran

involucrados directamente con el crecimiento de las plantas. Además, el sodio y el hidrógeno tienen un pronunciado efecto en la disponibilidad de los nutrientes y la humedad. En los suelos ácidos, una gran parte de los cationes son hidrógeno y aluminio en diversas formas (ARVILDO, 2009).

**Cuadro 6.** Niveles de CIC para un pH mayor de 5.5.

<b>Nivel</b>	<b>CIC (meq/100g suelo)</b>
Bajo	Menos de 12
Medio	12.1 – 20.0
Alto	Mayor de 20.1

Fuente: BENZING (2001).

## **2.2. Características generales de los fertilizantes compuestos**

Cualquier material natural o industrializado, que contenga al menos cinco por ciento de uno o más de los tres nutrientes primarios (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O), puede ser llamado fertilizante. Los fertilizantes fabricados industrialmente son llamados fertilizantes minerales (FAO, 2002). Los fertilizantes compuestos (de mezcla y complejos) contienen dos o más de los nutrientes principales N, P y K, estos difieren en sus relaciones N-P-K muy comúnmente. Por ejemplo, un complejo 15-15-15 significa que a relación N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>- K<sub>2</sub>O es 1-1-1, y que la concentración de los compuestos sobre el peso total es 15 % de N, 15 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 15 % de K<sub>2</sub>O (MENGEL y KIRKBY, 2000).

Según la FAO (2002), las ventajas notables de los fertilizantes compuestos son, la facilidad de manipulación, transporte y almacenamiento, fácil aplicación, alto contenido de nutrientes, distribución uniforme de nutrientes en el campo, fertilización equilibrada y elevada eficiencia del fertilizante. En general hay tres

tipos distintos de fertilizantes multinutrientes: a) Fertilizantes compuestos, son fabricados a través de procesos que incluyen una reacción química entre los componentes que contienen los nutrientes primarios., b) Fertilizantes complejos, son fertilizantes simples granulados o intermedios, los gránulos contienen los nutrientes en diferentes proporciones., c) Fertilizantes mixtos o mezclados, son mezclas simples mecánicas de los fertilizantes simples (la mezcla puede no ser homogénea si no se tiene cuidado).

La cantidad aproximada de nutrientes que requiere por los cultivos varía dependiendo de las características del cultivo (cultivo, nivel de rendimiento, uso de variedades o híbridos), condiciones ambientales (humedad y temperatura), características del suelo (tipo de suelo y fertilidad), manejo del cultivo y del suelo. Sin embargo, estos factores que interactúan afectan el contenido de nutrientes en las plantas y la recuperación de los nutrientes aplicados. Para la mayoría de suelos, el uso de fertilizantes inorgánicos es esencial (OLIVEIRA *et al.*, 2006).

Los fertilizantes que contienen los nutrientes N, P y K, son rápidamente absorbidos y son requeridos en grandes cantidades por los cultivos. El nitrógeno se suministra principalmente en forma de nitrato o amonio. Por otro lado, los fertilizantes fosfatados generalmente contienen fósforo en forma de fosfato. El potasio se aplica a los suelos principalmente en forma de cloruro o sulfato. El aumento espectacular de los rendimientos de los cultivos ha resultado de una combinación de factores que incluyen la mejora fitotécnica, la selección genética de variedades de alto rendimiento (MENGEL y KIRKBY, 2000).

Decidir sobre la dosis más conveniente de N, P y K o el tipo de fertilizante para un cultivo, en el mejor de los casos recomendado a través de un análisis de

suelo, depende de una serie de factores y de la forma cómo estos influyen sobre el rendimiento. Los factores a considerar son el clima (en épocas de siembra), condición física del suelo (textura, pendiente, drenaje) y su fertilidad natural, pH, materia orgánica, salinidad; el cultivar (ciclo vegetativo), el riego (disponibilidad), el manejo del cultivo, el nivel técnico y económico del agricultor, costo y el valor del producto cosechado; aspectos laborales, alza de precios de los fertilizantes caída del valor de los productos cosechados (SÁNCHEZ, 2004).

### 2.2.1. Fertilizante Bayfolan® suelo azul

Este es un fertilizante compuesto granulado, con una fórmula soluble directamente asimilable por las plantas. Posee una formulación equilibrada muy completa, ya que contiene macro y micronutrientes esenciales para el normal crecimiento y desarrollo de las plantas, respondiendo a las necesidades de los cultivos más exigentes (BAYER CROPSCIENCE, 2014).

**Cuadro 7.** Descripción del fertilizante Bayfolan® suelo azul.

<b>Composición</b>	<b>Concentración (%)</b>
Nitrógeno total (N)	12.00
Nitrógeno amoniacal (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	9.00
Nitrógeno nítrico (NH <sub>5</sub> <sup>+</sup> )	3.00
Fosforo asimilable (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	17.00
Potasio soluble	17.00
Magnesio (Mg)	2.00
Azufre (S)	22.00
Boro soluble	0.02
Cobre (Cu)	0.02
Manganeso (Mn)	0.06
Zinc (Zn)	0.10
Fierro (Fe)	0.07

Fuente: BAYER CROPSCIENCE (2014).

### 2.2.2. Fertilizante Compomaster cacao

Es un fertilizante compuesto granulado obtenido por mezcla física. Fertilizante para uso agrícola aplicado al suelo, adecuado en cualquier cultivo y tipo de suelo. Es un fertilizante compuesto preparado para cubrir las necesidades del cacao, obteniendo rendimientos excelentes con mazorcas de gran calidad. El nitrógeno es completamente disponible y mejora la eficacia en la absorción de agua y nutrientes. Tiene un alto contenido de potasio, es el nutriente principal asociado a la calidad, productividad y rendimiento del cultivo, que es el nutriente más importante en la producción del cacao. El contenido de magnesio, azufre y boro complementan una nutrición balanceada para la mejor productividad. La fertilización que se recomienda para plantas pequeñas, es aplicando en corona a una distancia entre 15 y 30 cm de la base del tallo; para plantas en crecimiento y adultas se recomienda aplicar el fertilizante al voleo, sobre toda la cobertura del cultivo (MISTI, 2014a).

**Cuadro 8.** Descripción del fertilizante Compomaster cacao.

Composición	Concentración (%)
Nitrógeno (N)	17.00
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	9.00
Potasio (K <sub>2</sub> O)	23.00
Magnesio (MgO)	2.00
Azufre	3.00
Elementos menores	46.00

Fuente: MISTI (2014a).

### 2.2.3. Fertilizante Compomaster 20-20-20

Es un fertilizante compuesto granulado obtenido por mezcla física. Fertilizante para uso agrícola aplicado al suelo. Adecuado en cualquier cultivo y tipo de suelo. Es un fertilizante multipropósito de acción comprobada y además es garantizada en las etapas de producción de los cultivos, con un adecuado balance de nutrientes, ideal para su aplicación en el primer abonamiento en los diferentes cultivos. Es un fertilizante contiene micronutrientes como hierro, cobre, zinc, manganeso, boro y molibdeno que asegura una completa nutrición de los cultivos (MISTI, 2014b).

**Cuadro 9.** Descripción del fertilizante Compomaster 20-20-20.

Composición	Concentración (%)
Nitrógeno (N)	20.00
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	20.00
Potasio (K <sub>2</sub> O)	20.00
Elementos menores	40.00

Fuente: MISTI (2014b).

### 2.2.4. Fertilizante Nitrofoska azul

Es un fertilizante compuesto granulado con la más alta tecnología y que contiene todos los elementos nutritivos que están incluidos en cada gránulo de fertilizante a diferencia de las mezclas físicas tradicionales. Está fabricado a partir de las mejores materias primas, a fin de ofrecer un abono de alta calidad con las características nutritivas apropiadas. Su excelente granulación facilita el manejo del abono y su homogeneidad nos asegura una distribución regular. Por último, su alta solubilidad hace de Nitrofoska un abono también muy adecuado

para los cultivos de secano. Las ventajas más destacables de este fertilizante son sus relaciones nutritivas equilibradas y adecuadas a las necesidades de los cultivos, con contenido mínimo en cloro, elemento muy perjudicial para muchos cultivos; sin embargo, contiene magnesio, elemento esencial para el desarrollo de las plantas y enriquecido con microelementos con una elevada solubilidad, incluso en condiciones de sequía (SOLTAGRO, 2014).

**Cuadro 10.** Características nutritivas del Nitrofoska azul.

Composición	Concentración (%)
Nutrientes primarios:	
Nitrógeno total (n)	12.00
Anhídrido fosfórico (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) soluble en agua y citrato	12.00
Oxido de potasio (K <sub>2</sub> O) soluble en agua	17.00
Nutrientes secundarios:	
Oxido de magnesio (MgO)	2.00
Anhídrido sulfúrico (SO <sub>3</sub> )	12.00
Óxido de calcio (CaO)	5.00
Micronutrientes:	
Boro (B)	0.02
Hierro (Fe)	0.10
Zinc (Zn)	0.01
Otros	39.87

Fuente: SOLTAGRO (2014).

### 2.3. Abono orgánico compost

Dentro de la producción de abonos orgánicos, el compostaje es un proceso microbiológico que convierte los residuos de materiales orgánicos en diferentes grados de descomposición en un producto estable e higiénico, que puede ser usado como mejorador de suelo (Atlas y Bartha, 1997; citado por HERNÁNDEZ *et al.*, 2010). El proceso de compostaje produce un material de interés agrícola y de comercialización viable: la composta, producto que puede tener diversas

aplicaciones como abono, enmienda, sustrato o para la posterior obtención de extractos con probable actividad fungicida (AVILÉS y TELLO, 2001). El uso de compost mejora las condiciones de suelos que han sido deteriorados por el uso excesivo de agroquímicos y sobreexplotación; la composición química, el aporte de nutrientes a los cultivos y el efecto de los compost en los suelos varían según su procedencia, edad, manejo y humedad (HERNÁNDEZ *et al.*, 2010).

De acuerdo a GRACIA (2012), los diversos beneficios de la incorporación de compost orgánicos en los suelos son los siguientes: a) Mejora las propiedades físicas del suelo, la materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad, y aumenta su capacidad de retención de agua en el suelo, se obtienen suelos más esponjosos y con mayor retención de agua., b) Mejora las propiedades químicas y la fertilidad del suelo, aumentando el contenido en macronutrientes N, P, K, y micronutrientes, la capacidad de intercambio catiónico (C.C.C.) y es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos., c) Mejora la actividad biológica del suelo, actúa como soporte y alimento de microorganismos ya que viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización.

#### **2.4. Suelo Dystropepts**

El suelo Typic Dystropepts, es un suelo rojo, profundo, bajo en bases, que está asociado con suelos muy poco desarrollados y delgados, y con suelos poco más desarrollados en relieves colinosos y montaña. Las condiciones adversas del clima (vientos fuertes, heladas y alta nubosidad), las fuertes pendientes, la poca profundidad efectiva, la baja fertilidad y los contenidos altos en saturaciones de aluminio en la mayoría de sus componentes, constituyen los limitantes más

sobresalientes para el uso de estas tierras y determinan que las unidades aquí delimitadas presenten vocación forestal, es decir, que pertenecen a las clases VII y VIII por su capacidad de uso (CATIE, 1983). Los factores edáficos más limitantes de los suelos de la Amazonía Peruana son más de orden químico que físico, siendo más abundante la deficiencia de materia orgánica, N (94 %), P (66 %), bajas reservas de K, Mg y otros nutrientes (64 %), el porcentaje de saturación de Al (6.5 %) incrementa a medida que aumenta la profundidad y sucede lo contrario con el porcentaje de saturación de bases, ya que disminuye en cuanto aumenta la profundidad (RÍOS y RIVERA, 1993).

## **2.5. Antecedentes de investigación**

En la provincia de Tocache, LLIUYA (2015), evaluó la influencia de la fertilización orgánica en el crecimiento y desarrollo vegetativo de los plántones de cacao en vivero, en un sustrato de un suelo de ex cocal, concluyendo que la aplicación de fertilizantes o abonos como estiércol de cuy, gallinaza, compost incrementa significativamente la altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, peso fresco de la raíz, peso fresco y seco de la planta de cacao en vivero, obteniéndose mejores resultados con estiércol de cuy seguido por gallinaza. En Ecuador, ZAMBRANO (2011), llegó a evaluar el efecto de la fertilización orgánica (agrohumus H-V y entomofert), e inorgánica (Bayfolan) sobre las características de desarrollo en plántones para patrones de cacao, concluyendo que a los 150 días después de la siembra, la aplicación de los abonos orgánicos e inorgánicos, causaron incremento en los niveles del pH del suelo y los contenidos de los elementos N, P, K, Zn y Cu; además encontró que estadísticamente no existieron

diferencias significativas entre los fertilizantes en relación a la altura de planta, peso seco de hojas y raíces.

SÁNCHEZ y DUBÓN (2001), evaluaron la producción de plantones de cacao en vivero usando distintos substratos como gallinaza, estiércol de ganado bocashi, compost, lombricompost y aserrín de madera, en una proporción de 3:1 respectivamente, como testigo se utilizó suelo más una fertilización a los 30 días con NPK (5 g/bolsa de 15-15-15). Al final del experimento reportaron que la gallinaza, el estiércol seco de ganado, el bocashi y el compost no mostraron diferencias estadísticas entre sí, en cuanto al diámetro pero sí la hubo entre estos y el lombricompost, el suelo con aserrín y el testigo (fertilización química); en cuanto al desarrollo en altura los mejores fueron el estiércol y el bocashi, que fueron diferentes con los demás tratamientos y los que tuvieron los menores valores en este parámetro fueron también el testigo y la mezcla con aserrín, en el cual las plantas desde los primeros meses presentaron desarrollo deficiente, pobre vigor y aspecto clorótico.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Campo experimental

##### 3.1.1. Ubicación

La investigación se llevó a cabo en el distrito de Nuevo Progreso, provincia de Tocache, región de San Martín, cuyas coordenadas en UTM son:

Norte : 9070421 m N.

Este : 0357498 m E.

Altitud : 490 msnm.

##### 3.1.2. Datos meteorológicos

Durante los meses de ejecución de la tesis, la temperatura media fue 24.93 °C, en un rango promedio de 17.43 y 32.44 °C respectivamente; asimismo, la humedad relativa promedio fue 83.90 %, con precipitación media de 127.40 mm por mes (Cuadro 11).

**Cuadro 11.** Datos meteorológicos registrados durante el periodo de ejecución de la fase de campo realizada de julio a octubre del 2015.

Meses	Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)	Precipitación (mm)
	Máxima	Mínima	Media		
Julio	31.10	17.00	24.05	84.95	96.00
Agosto	31.55	15.65	23.60	83.72	73.40
Setiembre	33.25	18.65	25.95	82.06	122.40
Octubre	33.85	18.40	26.13	84.86	217.80
Promedio	32.44	17.43	24.93	83.90	127.40

Fuente: Estación meteorológica de Palmas del Espino (2015).

## **3.2. Diseño estadístico**

### **3.2.1. Componentes en estudio**

#### **a. Material vegetativo**

- Semillas de cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN-51.

#### **b. Abonos compuestos**

- Bayfolan suelo azul 12-17-17
- Compomaster cacao 17-9-23
- Compomaster 20-20-20
- Nitrofoska azul 12-12-17

#### **c. Dosis del abono compuesto**

- 2.40 kg/ha.
- 1.70 kg/ha.
- 1.00 kg/ha.

### **3.2.2. Tratamientos en estudio**

En el Cuadro 12, se muestra la descripción de los tratamientos en estudio, donde doce tratamientos son en base los fertilizantes compuestos a una dosis de 2.40, 1.70 y 1.00 kg/ha respectivamente y los otros dos, son los testigos; al respecto, el primer testigo es un sustrato en base a arena (3.00 %), compost (10.00 %) y suelo ácido (87.00 %) por bolsa y, el segundo testigo es un sustrato en base a arena (3.50 %) y suelo ácido (96.50 %) por bolsa. Respecto al sustrato para los tratamientos en base a los fertilizantes compuestos, se basó en (3.50

%) y suelo ácido (96.50 %) por bolsa (2.50 kg de sustrato por bolsa). Se utilizó suelo ácido (Dystropepts) con el fin de determinar el efecto de los fertilizantes compuestos en el crecimiento de plántulas de cacao en vivero.

**Cuadro 12.** Descripción de los tratamientos en estudio.

<b>Clave</b>	<b>Tratamientos</b> <b>Descripción</b>	<b>Dosis kg/ ha/1300 bolsas</b>	<b>g/planta</b>
T <sub>1</sub>	Bayfolan suelo azul (2.40 kg/ha)	28.60	22.00
T <sub>2</sub>	Bayfolan suelo azul (1.70 kg/ha)	20.26	15.58
T <sub>3</sub>	Bayfolan suelo azul (1.00 kg/ha)	11.92	9.17
T <sub>4</sub>	Compomaster cacao (2.40 kg/ha)	20.19	15.53
T <sub>5</sub>	Compomaster cacao (1.70 kg/ha)	14.30	11.00
T <sub>6</sub>	Compomaster cacao (1.00 kg/ha)	8.41	6.47
T <sub>7</sub>	Compomaster 20-20-20 (2.40 kg/ha)	17.16	13.20
T <sub>8</sub>	Compomaster 20-20-20 (1.70 kg/ha)	12.15	09.35
T <sub>9</sub>	Compomaster 20-20-20 (1.00 kg/ha)	7.15	5.50
T <sub>10</sub>	Nitrofoska azul (2.40 kg/ha)	28.60	22.00
T <sub>11</sub>	Nitrofoska azul (1.70 kg/ha)	20.26	15.58
T <sub>12</sub>	Nitrofoska azul (1.00 kg/ha)	11.92	9.17
T <sub>13</sub>	Compost	0.00	0.00
T <sub>14</sub>	Suelo degradado	0.00	0.00

### 3.2.3. Diseño experimental

Para este trabajo de investigación, se utilizó el diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con catorce tratamientos y cuatro bloques, y al final del experimento se realizó el análisis de variancia (F. tab. = 0.01 y 0.05) (Cuadro 13) y se determinó el coeficiente de variabilidad de los ensayos con la ecuación (1). Además, se halló las diferencias de medias de los tratamientos en

estudio con la prueba de Duncan ( $\alpha= 0.05$ ), utilizando el software Microsoft Office Excel 2013 versión en español.

**Modelo aditivo lineal:**

$$Y_{ij} = \mu + \sigma_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = Respuesta obtenida en la unidad experimental del j-ésimo bloque en la cual se aplicó el i-ésimo tratamiento.

$\mu$  = Efecto de la media general.

$\sigma_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento.

$\beta_j$  = Efecto del j-ésimo bloque.

$\epsilon_{ij}$  = Efecto aleatorio del error experimental obtenido de la unidad experimental del j-ésimo bloque del i-ésimo tratamiento.

Dónde:

$i$  = 1, 2,..., 14 Tratamientos.

$j$  = 1, 2,..., 4 Bloques.

**Cuadro 13.** Modelo del análisis de variancia.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F Cal.	F Tab.
Bloques	b-1	SC <sub>Bloq</sub>	SC <sub>bloq</sub> /gl <sub>Bloq</sub> = CM <sub>bloq</sub>	CM <sub>bloq</sub> /CM <sub>ee</sub>	F $_{\alpha}(gl_{bloq}, gl_{ee})$
Tratamientos	t-1	SC <sub>trat</sub>	SC <sub>trat</sub> /gl <sub>trat</sub> = CM <sub>trat</sub>	CM <sub>trat</sub> /CM <sub>ee</sub>	F $_{\alpha}(gl_{trat}, gl_{ee})$
Error experimental	(t-1)*(b-1)	SC <sub>ee</sub>	SC <sub>ee</sub> /gl <sub>ee</sub> = CM <sub>ee</sub>		
Total	(t*b) - 1	SC <sub>total</sub>			

t: tratamientos., r: bloques.

$$CV = \frac{\sqrt{(CM_e)} \times (100)}{Y...} \quad (1)$$

Donde:

CV = Coeficiente de variabilidad.

CM<sub>e</sub> = Cuadrado medio del error.

Y... = Promedio total de los tratamientos.

### 3.3. Disposición del campo experimental

Las características del campo experimental están graficadas en el anexo, en la Figura 24:

#### 3.3.1. Bloques

Número de bloques	:	4.
Largo de bloques	:	14.00 m.
Ancho de bloques	:	1.00 m.
Área del bloque	:	1.00 m <sup>2</sup> .
Área total de los bloques	:	56.00 m <sup>2</sup> .

#### 3.3.2. Parcelas

Número de parcelas por bloque	:	14.
Número total de parcelas	:	56.
Largo de cada parcela	:	1.00 m.
Ancho de cada parcela	:	1.00 m.
Área total	:	1.00 m <sup>2</sup> .
Área neta	:	1.00 m <sup>2</sup> .

Número de plantones por parcela	:	25.
Número de plantones útiles por parcela	:	9.
Número de plantones de borde	:	16.

### **3.3.3. Área experimental**

Largo	:	14.00 m.
Ancho	:	5.20 m.
Área total	:	72.80 m <sup>2</sup> .
Número de plantones por tratamiento	:	100.
Número total de plantones	:	1400.

## **3.4. Metodología**

### **3.4.1. Demarcación del campo experimental**

Antes de la instalación del vivero se hizo limpieza y nivelación del terreno utilizaron palas y machetes. La demarcación se realizó con estacas, rafia y alambre.

### **3.4.2. Análisis físico-químico del suelo del campo experimental**

Con un tubo muestreador se obtuvo tres submuestras de suelo que se mezclaron uniformemente en una sola muestra representativa de 1.0 kg de un área de 50 m<sup>2</sup> del terreno con suelo ácido. La muestra de 1.0 kg fue analizada en el laboratorio de la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María, cuyos resultados fueron los siguientes: El suelo presenta textura franco arcilloso, con un pH extremadamente ácido (4.51) y 68.05 % de saturación de aluminio. Asimismo, el suelo contiene 0.67 % de materia orgánica, cuyo porcentaje se le

considera bajo; los contenidos de fósforo y potasio disponible en el suelo fueron 1.42 y 27.71 ppm respectivamente, estas concentraciones se les considera bajas. Los resultados del análisis es característica de un suelo Dystropepts, ya que según CATIE (1983), ya que un suelo Dystropepts es fuertemente ácido con bajo contenido de materia orgánica y fertilidad.

**Cuadro 14.** Análisis físico y químico del suelo experimental.

<b>Elementos</b>	<b>Contenido</b>	<b>Método empleado</b>
<b>Análisis físico:</b>		
Arena (%)	23.68	Hidrómetro
Limo (%)	37.28	Hidrómetro
Arcilla (%)	39.04	Hidrómetro
Clase textural	Franco arcilloso	Triangulo textural
<b>Análisis químico:</b>		
pH (1:1) en agua	4.51	Potenciométrico
M.O. (%)	0.67	Walkley y Black
N -Total (%)	0.03	% M.O. x 0.05
Fósforo disponible (ppm)	1.42	Olsen Modificado
K (ppm)	27.71	Absorción atómica
Ca cambiable (cmol <sup>(+)</sup> .kg/ha)	1.08	EAA
Mg cambiable (cmol <sup>(+)</sup> .kg/ha)	0.32	EAA
K cambiable (cmol <sup>(+)</sup> .kg/ha)	0.00	EAA
Na cambiable (cmol <sup>(+)</sup> .kg/ha)	0.00	EAA
Al cambiable (cmol <sup>(+)</sup> .kg/ha)	6.11	EAA
H cambiable (cmol <sup>(+)</sup> .kg/ha)	1.47	EAA
Bases cambiables (%)	15.55	xxx
Acidez cambiable (%)	84.45	xxx
Saturación de aluminio (%)	68.05	xxx
ClCe. (cmol <sup>(+)</sup> .kg/ha)	8.98	Suma de cationes

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

### 3.4.3. Obtención del compost agrícola

En el Cuadro 15, se muestra el análisis químico del compost que se utilizó como fuente de materia orgánica que se aplicará en el sustrato para el desarrollo de los plantones de cacao.

**Cuadro 15.** Análisis químico del compost experimental.

<b>Elementos</b>	<b>Compost</b>
pH	7.73
Humedad (%)	22.86
Materia orgánica (%)	30.02
N (%)	1.08
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	0.79
K <sub>2</sub> O (%)	2.24
CaO (%)	2.35
MgO (%)	0.78
Na (%)	0.11
Fe (ppm)	107.10
Mn (ppm)	525.00
Zn (ppm)	66.00
Cu (ppm)	21.00
B (ppm)	31.00
CE dS/m	7.91

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de La Molina.

#### **3.4.4. Instalación del vivero**

##### **a. Planificación, ubicación y construcción del vivero**

El lugar fue de fácil acceso y estaba cerca de una fuente de agua limpia para hacer los riegos; asimismo, la orientación del vivero fue de este a oeste y con una pendiente del terreno de 2 %. Para la construcción se utilizaron bambús, alambres, listones de madera, clavos y como sombra, se utilizó malla rashell negro (60 % de sombra), las dimensiones fueron 5.20 m de ancho por 14 m de largo para producir 1300 plantones.

##### **b. Preparación y llenado del sustrato en de las bolsas**

Se utilizó la capa superficial del suelo Dystropepts hasta 0.2 m de profundidad, de textura franco arcilloso y altamente ácido (Cuadro 14), el cual fue mullido, zarandeado y mezclado con arena (3.50 %); este sustrato era para el llenado en bolsas de los tratamientos en base a los fertilizantes compuestos y

un testigo, que posteriormente a la siembra iban a ser aplicados, con excepción del testigo. Respecto al otro testigo, su sustrato fue una mezcla de arena (3.00 %), compost (10.00 %) y el suelo ácido (87.00 %). Las bolsas fueron de 6"x12" de ocho perforaciones en la base para eliminar el exceso de agua. El acomodo se hizo en base a la disposición de los tratamientos en estudio (Figura 24).

### **c. Obtención y selección de semilla**

Las semillas de cacao seleccionadas de mazorcas, provinieron de una plantación de CCN-51 de ocho años desde su siembra. Se usaron 40 a 50 mazorcas con 50 a más semillas para 1300 plantones en vivero. Después de la quiebra de la mazorca, los granos fueron seleccionados de la cabecera y la cola de la mazorca; los granos pequeños, planos o vanos fueron eliminados. Luego, las semillas fueron frotadas con aserrín seco y se eliminó el mucílago que cubría la semilla y, estas semillas fueron desinfectadas con Cupravit (producto cúprico) de 15 a 20 g por 4 kg de semilla desmucilaginata.

### **d. Pregerminado y siembra de la semilla pregerminada**

Luego de desinfectar las semillas, se hizo una cama germinadora utilizando aserrín húmedo como sustrato para el pregerminado de la semilla. Después de dos días se verificó la germinación y se efectuó el repique conforme iba germinando. Se seleccionaron las semillas con la radícula recta, aquellas con radícula doblada o torcida, fueron eliminadas. Con un palito de madera se hizo un hoyo en el centro de la bolsa con el sustrato y se colocó la semilla en posición vertical. Finalizado la siembra se aplicaron los fertilizantes compuestos en sus diferentes dosis según la descripción de los tratamientos en estudio (Cuadro 12).

### **3.4.5. Manejo del vivero**

**a. Control de malezas:** Se realizó de forma manual cada quince días y según sea necesario.

**b. Riego:** Se realizó frecuentemente en función a las necesidades de los plántones de cacao, siempre manteniendo la capacidad de campo y punto de marchitez, sin generar un ambiente húmedo que beneficie a fitopatógenos.

**c. Control de plagas y enfermedades:** Para el control de plagas se aplicó el insecticida de contacto Clorpirifos (48 g/L) cada 30 días después de la siembra. Para el control de enfermedades se aplicó de forma preventiva el fungicida Antracol polvo mojable (5 g/L) cada veinte días.

### **3.5. Variables evaluadas**

#### **3.5.1. Altura del plánton de cacao**

Con una cinta métrica se midió en centímetros la altura del plánton, desde la inserción del tallo con el sustrato hasta el ápice de la última hoja de cinco plántones de cacao, a los 30, 60, 90 y 120 días después de la siembra.

#### **3.5.2. Diámetro del tallo del plánton de cacao**

Con un vernier mecánico se midió en milímetros el diámetro de tallo del plánton por debajo del cotiledón de cada plánton de cinco plántones a los 30, 60, 90 y 120 días después de la siembra.

#### **3.5.3. Número de hojas por plánton de cacao**

Se contabilizó el número de hojas funcionales por plánton de cinco plántones de cacao, a los 120 días después de la siembra.

#### **3.5.4. Longitud y volumen radicular del plantón de cacao**

A los 120 días después de la siembra, con una cinta métrica se midió en centímetros la longitud radicular por plantón, desde la inserción del tallo hasta la parte terminal de las raíces de cinco plantones. Para determinar el volumen radicular consistió en sumergir el plantón hasta el cuello de la raíz en una probeta graduada llena con agua destilada, permitiendo así determinar el volumen por diferencia entre el volumen inicial con el volumen final en la probeta.

#### **3.5.5. Peso fresco y seco del plantón de cacao**

A los 120 dds, se tomará cinco plantones por tratamiento. Estos fueron pesados para obtener el peso fresco; luego se cortaron y se llevaron al laboratorio y, se les colocaron en la estufa a una temperatura de  $73 \pm 2$  °C por 48 horas hasta alcanzar peso constante durante 48 horas; las muestras secas fueron pesadas en gramos en una balanza digital y se obtuvo el peso seco.

#### **3.5.6. Análisis de costo y beneficio de los tratamientos en estudio**

El análisis se hizo por el método "análisis comparativo de ingresos y costos de producción", mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Relación de B/C} = \frac{\text{Ingreso bruto}}{\text{Costo de producción}}$$

El ingreso bruto de los tratamientos se determinó multiplicando el número de plantones producidos para 1 ha (1,300 plantones de cacao) por el precio de cada plantón (S/. 1.50). Los costos de producción fueron determinados proyectando a 1.0 ha, y obedeciendo a la diferencia en la cantidad de tierra utilizada y materia orgánica, cuyo precio por tonelada en el mercado es variable.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Biometría de los plantones de cacao en fase de vivero

#### 4.1.1. Altura del plantón de cacao

En el Cuadro 16, se muestra que no existen diferencias significativas entre los bloques en estudio en la evaluación de la altura del plantón de cacao a los 30, 60, 90 y 120 días después de la siembra (dds); además, se muestra que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos en estudio en la evaluación de la altura del plantón a los 30, 60, 90 y 120 dds. Los valores de los coeficientes de variabilidad obtenidos a los 30 y 60 dds fueron menores al 10 % y, a los 90 y 120 dds estuvieron entre el rango de 10 a 15 %, lo que indica que existió una excelente y muy buena homogeneidad entre las unidades experimentales de los tratamientos en estudio respectivamente.

**Cuadro 16.** Análisis de variancia de la altura del plantón de cacao a los 30, 60, 90 y 120 días después de la siembra (dds) en fase de vivero.

FV	GL	30 días		60 días		90 días		120 días	
		CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.
Tratamientos	13	8.96	AS	27.44	AS	63.12	AS	114.03	AS
Bloques	3	1.25	NS	4.65	NS	21.31	NS	15.76	NS
Error experimental	39	0.72		1.72		8.79		14.29	
<b>Total</b>	<b>55</b>								
CV (%)		5.86		7.77		14.26		14.00	

NS = No existe significancia.

AS = Existen diferencias estadísticas significativa al 1 % de probabilidad.

En el Cuadro 17, se muestra la prueba Duncan ( $\alpha=0.05$ ) de la altura del plantón de cacao en fase de vivero, observándose que:

A los 30 días después de la siembra, los tratamientos T<sub>13</sub> (Compost) y T<sub>12</sub> (Nitrofoska azul (1.00 kg/ha)) estadísticamente alcanzaron plantones con mayor altura que las alturas obtenidas por los tratamientos T<sub>3</sub> (Bayfolan suelo azul (1.00 kg/ha)), T<sub>14</sub> (Suelo degradado), T<sub>11</sub> (Nitrofoska azul (1.70 kg/ha)), T<sub>8</sub> (Compomaster 20-20-20 (1.70 kg/ha)), T<sub>5</sub> (Compomaster cacao (1.70 kg/ha)), T<sub>7</sub> (Compomaster 20-20-20 (2.40 kg/ha)), T<sub>4</sub> (Compomaster cacao (2.40 kg/ha)), T<sub>1</sub> (Bayfolan suelo azul (2.40 kg/ha)), T<sub>6</sub> (Compomaster cacao (1.00 kg/ha)) y T<sub>10</sub> (Nitrofoska azul (2.40 kg/ha)).

A los 60 días después de la siembra, los tratamientos T<sub>13</sub> y T<sub>12</sub> obtuvieron estadísticamente plantones con mayor altura en comparación a los obtenidos por los tratamientos T<sub>2</sub> (Bayfolan suelo azul (1.70 kg/ha)), T<sub>3</sub>, T<sub>11</sub>, T<sub>9</sub> (Compomaster 20-20-20 (1.00 kg/ha)), T<sub>14</sub>, T<sub>8</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>10</sub>, T<sub>4</sub> y T<sub>6</sub>.

A los 90 dds, el tratamiento T<sub>13</sub> estadísticamente obtuvo plantones con mayor altura en comparación a los tratamientos T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>9</sub>, T<sub>11</sub>, T<sub>8</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>6</sub>, T<sub>10</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>14</sub> y T<sub>1</sub>. La altura del tratamiento T<sub>12</sub> estadísticamente fue mayor a los obtenidos por los tratamientos T<sub>11</sub>, T<sub>8</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>6</sub>, T<sub>10</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>14</sub> y T<sub>10</sub>.

A los 120 dds, la altura del plantón de los tratamientos T<sub>13</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>12</sub> estadísticamente fueron mayores a las alturas obtenidas por los tratamientos T<sub>3</sub>, T<sub>9</sub>, T<sub>11</sub>, T<sub>8</sub>, T<sub>6</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>10</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>4</sub> y T<sub>14</sub>. Las alturas obtenidas por los tratamientos T<sub>3</sub> y T<sub>9</sub> fueron estadísticamente mayores a los obtenidos por los tratamientos T<sub>11</sub>, T<sub>8</sub>, T<sub>6</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>10</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>4</sub> y T<sub>14</sub>.

**Cuadro 17.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) de la altura del plantón de cacao a los 30, 60, 90 y 120 días después de la siembra (dds) en fase de vivero.

30 días			60 días			90 días			120 días		
Clave	cm	Sig.									
T <sub>13</sub>	17.05	a	T <sub>13</sub>	21.83	a	T <sub>13</sub>	29.93	a	T <sub>13</sub>	35.50	a
T <sub>12</sub>	16.58	a	T <sub>12</sub>	21.15	a	T <sub>12</sub>	25.83	ab	T <sub>2</sub>	30.50	a
T <sub>2</sub>	15.93	ab	T <sub>2</sub>	18.88	b	T <sub>2</sub>	23.83	bc	T <sub>12</sub>	30.48	a
T <sub>9</sub>	15.75	ab	T <sub>3</sub>	18.80	b	T <sub>3</sub>	23.80	bc	T <sub>3</sub>	27.08	b
T <sub>3</sub>	15.70	bc	T <sub>9</sub>	18.63	b	T <sub>9</sub>	22.50	bcd	T <sub>9</sub>	25.53	bc
T <sub>14</sub>	15.15	bc	T <sub>11</sub>	17.70	bc	T <sub>11</sub>	21.80	cde	T <sub>11</sub>	24.28	cd
T <sub>11</sub>	14.43	cd	T <sub>14</sub>	16.08	cd	T <sub>8</sub>	20.18	def	T <sub>8</sub>	23.63	cde
T <sub>8</sub>	14.10	cde	T <sub>8</sub>	15.88	cd	T <sub>7</sub>	18.53	def	T <sub>6</sub>	21.45	cde
T <sub>5</sub>	13.38	de	T <sub>1</sub>	14.68	d	T <sub>6</sub>	18.50	def	T <sub>7</sub>	21.15	cde
T <sub>7</sub>	13.28	de	T <sub>5</sub>	14.68	d	T <sub>10</sub>	18.03	ef	T <sub>5</sub>	19.53	de
T <sub>4</sub>	13.00	e	T <sub>7</sub>	14.65	d	T <sub>4</sub>	17.30	ef	T <sub>10</sub>	19.43	de
T <sub>1</sub>	12.90	e	T <sub>10</sub>	14.53	d	T <sub>5</sub>	17.18	ef	T <sub>1</sub>	19.20	e
T <sub>6</sub>	12.90	e	T <sub>4</sub>	14.43	d	T <sub>14</sub>	17.00	ef	T <sub>4</sub>	19.10	e
T <sub>10</sub>	12.90	e	T <sub>6</sub>	14.20	d	T <sub>1</sub>	16.78	f	T <sub>14</sub>	17.70	e

Tratamientos unidos por la misma letra en una columna, no existe significación estadística.

Leyenda:

T<sub>1</sub> = Bayfolan suelo azul (2.40 kg/ha).  
 T<sub>2</sub> = Bayfolan suelo azul (1.70 kg/ha).  
 T<sub>3</sub> = Bayfolan suelo azul (1.00 kg/ha).  
 T<sub>4</sub> = Compomaster cacao (2.40 kg/ha).

T<sub>5</sub> = Compomaster cacao (1.70 kg/ha).  
 T<sub>6</sub> = Compomaster cacao (1.00 kg/ha).  
 T<sub>7</sub> = Compomaster 20-20-20 (2.40 kg/ha).  
 T<sub>8</sub> = Compomaster 20-20-20 (1.70 kg/ha).

T<sub>9</sub> = Compomaster 20-20-20 (1.00 kg/ha).  
 T<sub>10</sub> = Nitrofoska azul (2.40 kg/ha).  
 T<sub>11</sub> = Nitrofoska azul (1.70 kg/ha).  
 T<sub>12</sub> = Nitrofoska azul (1.00 kg/ha).

T<sub>13</sub> = Compost.  
 T<sub>14</sub> = Suelo degradado.

A los 120 días la altura de los plantones del tratamiento con Compost fue 35.50 cm, cifra que estadísticamente fue mayor a las alturas obtenidas por los tratamientos Bayfolan suelo azul (1.70 kg/ha) y Nitrofoska azul (1.00 kg/ha). Sin embargo, el Compost, a pesar de su bajo contenido de nutrientes mayores (Cuadro 15) superó en resultados a los fertilizantes estudiados, estos resultados se deba posiblemente a que el sustrato contenía en su mayor parte, un suelo altamente ácido con bajo contenido materia orgánica, fósforo potasio; además, la diferencia entre las aplicaciones de los fertilizantes inorgánicos con un abono orgánico en un suelo ácido según JIMÉNEZ *et al.* (2010), es que los fertilizantes inorgánicos, si bien aumentan el nitrógeno disponible para la planta, no producen cambios importantes en la textura y población bacteriana en el suelo, logrando un beneficio para la nutrición de cultivos.

Los fertilizantes compuestos contienen de 12 a 20 % de nitrógeno (Cuadros 7, 8 y 9) y al ser aplicados en un suelo ácido, según CARPENTER *et al.* (1998), los nitratos son altamente solubles y no son retenidos por las cargas negativas de los coloides del suelo; además, bajo esas condiciones la CIC del suelo es muy baja y por lo tanto, la solubilidad del nitrógeno es mayor, como la del fósforo, resultando una nutrición baja para la planta en esta fase. Por otra parte, JIMÉNEZ *et al.* (2010), afirman que en estos suelos ácidos, hay una alta fijación de fósforo y, baja tasa de formación de amonio y nitratos; además, según MEIWES y MEESENBURG (2004), la saturación del complejo de intercambio con cationes básicos (Na, K, Ca y Mg) es muy baja, hay mayor presencia de hierro y aluminio, formando con el fósforo compuestos complejos insolubles y haciendo al fósforo no asimilable para la planta.

De acuerdo a PALENCIA *et al.* (2009), recomiendan fertilizar de 2.40 kg/ha en el medio de crecimiento de plántones de cacao entre los cinco a doce meses de desarrollo en la etapa de vivero. Al respecto, las dosis de fertilización fueron 1.00, 1.70 y 2.40 kg/ha y se aplicaron a los sustratos posteriormente después de la siembra de la semilla y a los 120 días después, los plántones de cacao con mayor altura se obtuvieron del Compost y fertilizaciones a dosis de 1.00 y 1.70 kg/ha de Bayfolan suelo azul y 1.00 kg/ha de Nitrofoska azul; por otro lado, los plántones proveniente de sustratos que fueron fertilizados a una dosis de 2.00 kg/ha presentaron crecimiento retrasado, pequeñas y pocos saludables y, sus mediciones en altura de planta fueron estadísticamente iguales a la altura de planta obtenido por el tratamiento T<sub>14</sub> (Suelo degradado).

El mayor crecimiento de las plantas producido por el tratamiento de solo Compost podríamos entenderlo como una respuesta natural de la planta de cacao considerando que es una especie que medra en su hábitat original en suelos muy ácidos, temperaturas altas extremas, y con escasa provisión de nutrientes minerales. La aplicación de solo Compost propicia un sustrato que llega a modificar el pH, incrementa el nivel de materia orgánica y por consiguiente la mineralización y solubilidad de los macro elementos incluyendo principalmente al Ca elemento que es muy escaso en casi todos los fertilizantes estudiados, con excepción del Nitrofoska azul.

Estadísticamente el mejor tratamiento en la evaluación de la altura del plánton de cacao durante 120 días después de la siembra en fase de vivero, fue el tratamiento T<sub>13</sub> (Compost); es decir la aplicación de Compost a un sustrato en base a un suelo Dystropepts, tuvo un efecto positivo ya que posiblemente

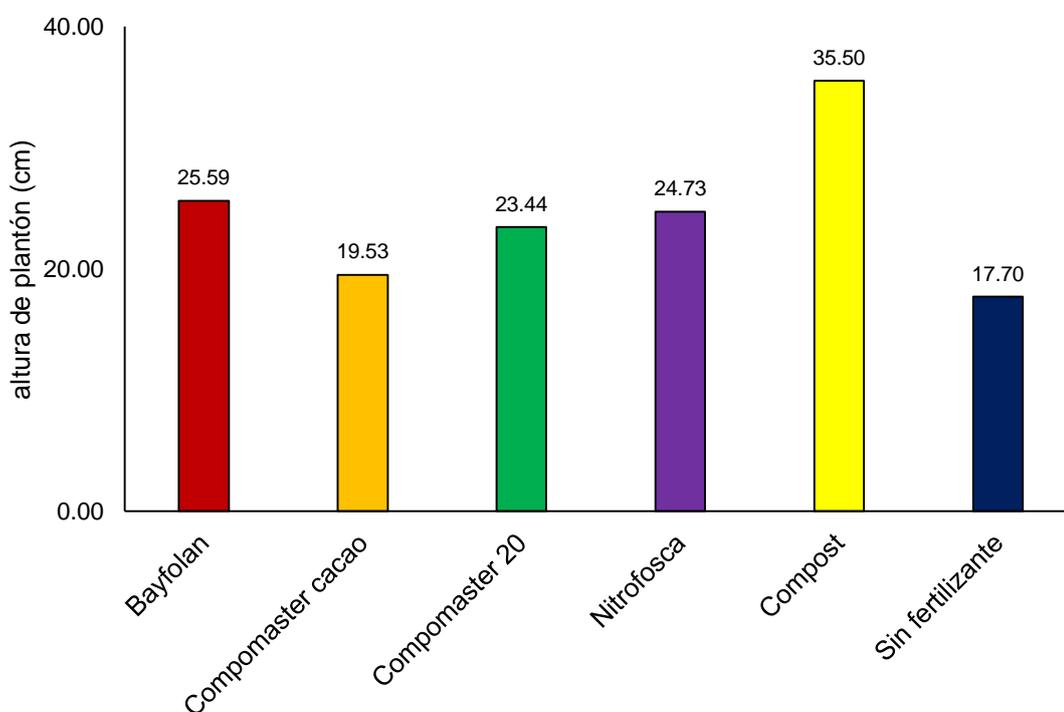
mejoró las características químicas, físicas y biológicas de este suelo, debido al contenido de materia orgánica de este abono orgánico que es descompuesta en humus por acción de los microorganismos y entorno físico (oxígeno, humedad y temperatura), formando el complejo arcillo – húmico en el sustrato, y elevando la capacidad de intercambio catiónico.

Este complejo presenta cargas negativas, por lo que atrae y retiene iones con carga positiva (cationes), cationes como el  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Na}^+$ , y reemplazando los iones ácidos como  $\text{Al}^{2+}$  y  $\text{H}^+$ , y de esta forma se incrementa el pH del sustrato y haciendo disponible elementos como el fósforo en el sustrato que son importantes en la nutrición del cacao en su crecimiento, tal como afirman ORMAÑE y OVALLE (2011), concluyeron que la aplicación de abonos orgánicos es una forma de aplicar nutrientes para las plantas y mejorar la calidad química de los suelos; asimismo, coincidiendo con MELÉNDEZ y SOTO (2003), quienes hacen mención que la aplicación de abonos orgánicos como elementos externos al sistema si puede mejorar la disponibilidad de nutrientes para las plantas y la calidad de los suelos.

En referencia específica al Compost, INIA (2008), ha comprobado que el Compost mejora la nutrición de la planta aumentando la disponibilidad de nutrientes en el sistema de la raíz, los nutrientes disponibles son exactamente en el lugar correcto, tiempo y cantidades que la planta necesitará. ROCA *et al.* (2008), afirman que con la adición de compost al suelo se están suministrando los nutrientes esenciales para la vida de las plantas como N, P y K; asimismo, estos mismos autores comprobaron que una propiedad importante que poseen las sustancias húmicas, sustancias que provinieron de la transformación de los

residuos vegetales del Compost, es la de mejorar la capacidad de intercambio de cationes del suelo; debido a que absorben los nutrientes catiónicos del suelo poniéndolos más tarde a disposición de las plantas y mejorando su nutrición.

Respecto a la altura promedio del plantón de cacao a los 120 días después de la siembra del tratamiento T<sub>13</sub> (Compost) fue 35.50 cm; una media casi similar a lo obtenido por CABRERA (2009), quién reportó que la altura media del plantón de cacao en vivero a los 150 días después de la siembra obtenidos en sustratos en base Compost fue 36.87 cm; según CUVI *et al.* (2013), que bajo condiciones de vivero el tamaño de los plantones de cacao debe oscilar entre 30 a 35 cm para ser llevados al campo definitivo. Las alturas medias obtenidos por el Compost y de los fertilizantes compuestos, fueron aritméticamente mayores a la altura por el tratamiento T<sub>14</sub> (Figura 1).



**Figura 1.** Altura media de los plantones a los 120 días después de la siembra de los fertilizantes compuestos y testigos.

#### 4.1.2. Diámetro de tallo del plantón de cacao

En el Cuadro 18, se muestra que no existen diferencias significativas entre los bloques en estudio en la evaluación del diámetro de tallo del plantón de cacao a los 30, 60, 90 y 120 días después de la siembra (dds); es decir, que los resultados obtenidos no estuvieron influenciados por los bloques, es decir, que su influencia en la calidad de la respuesta no es significativa, ya que no existe interacción entre los factores bloques y tratamientos en estudio. Asimismo, se muestra que si existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos en estudio en la evaluación del diámetro de tallo del plantón de cacao a los 30, 60, 90 y 120 días después de la siembra (dds). Los valores de los coeficientes de variabilidad obtenidos del diámetro de tallo del plantón de cacao a los 30, 60, 90 y 120 días después de la siembra fueron menores al 10 %, es decir, que existió una excelente homogeneidad respecto a los resultados de las unidades experimentales de los tratamientos en estudio.

**Cuadro 18.** Análisis de variancia del diámetro de tallo del plantón a los 30, 60, 90 y 120 días después de la siembra (dds) en fase de vivero.

FV	GL	30 días		60 días		90 días		120 días	
		CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.
Tratamientos	13	0.06	AS	0.59	AS	0.79	AS	2.59	AS
Bloques	3	0.01	NS	0.31	NS	2.84	NS	0.09	NS
Error experimental	39	0.03		0.12		0.23		0.29	
Total	55								
C.V (%)		1.92		8.75		9.19		9.26	

NS = No existe significancia.

AS = Existen diferencias estadísticas significativa al 1 % de probabilidad.

En el Cuadro 19, se muestra la prueba Duncan ( $\alpha=0.05$ ) del diámetro de tallo del plantón de cacao en fase de vivero, observándose que:

A los 30 días después de la siembra, los tratamientos T<sub>13</sub> (Compost) y T<sub>12</sub> (Nitrofoska azul (1.00 kg/ha)) estadísticamente alcanzaron plantones con mayor diámetro de tallo en comparación a los diámetros de tallo obtenidos por los tratamientos T<sub>2</sub> (Bayfolan suelo azul (1.70 kg/ha)), T<sub>3</sub> (Bayfolan suelo azul (1.00 kg/ha)), T<sub>11</sub> (Nitrofoska azul (1.70 kg/ha)), T<sub>1</sub> (Bayfolan suelo azul (2.40 kg/ha)), T<sub>4</sub> (Compomaster cacao (2.40 kg/ha)), T<sub>5</sub> (Compomaster cacao (1.70 kg/ha)), T<sub>7</sub> (Compomaster 20-20-20 (2.40 kg/ha)), T<sub>8</sub> (Compomaster 20-20-20 (1.70 kg/ha)), T<sub>9</sub> (Compomaster 20-20-20 (1.00 kg/ha)), T<sub>10</sub> (Nitrofoska azul (2.40 kg/ha)), T<sub>6</sub> (Compomaster cacao (1.00 kg/ha)) y T<sub>14</sub> (Suelo degradado).

A los 60 días después de la siembra (dds), los tratamientos T<sub>13</sub>, T<sub>12</sub> y T<sub>9</sub> estadísticamente obtuvieron plantones con superior diámetro de tallo en comparación a los obtenidos por los tratamientos T<sub>2</sub>, T<sub>8</sub>, T<sub>6</sub>, T<sub>10</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>1</sub> y T<sub>5</sub>.

A los 90 días después de la siembra, estadísticamente el tratamiento T<sub>13</sub> obtuvo plantones con mayor diámetro de tallo en comparación a los diámetros de tallo obtenidos por los tratamientos T<sub>11</sub>, T<sub>14</sub>, T<sub>6</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>10</sub>, T<sub>1</sub>.

A los 120 días después de la siembra (dds), estadísticamente el tratamiento T<sub>13</sub> obtuvo plantones con mayor diámetro de tallo en comparación a los diámetros de tallo obtenidos en los demás tratamientos en estudio. Asimismo, el diámetro de tallo obtenido por el tratamiento T<sub>12</sub> fue estadísticamente mayor a los diámetros de tallo obtenidos por los tratamientos T<sub>11</sub>, T<sub>8</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>6</sub>, T<sub>10</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub> y T<sub>14</sub>.

**Cuadro 19.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) del diámetro de tallo del plantón de cacao a los 30, 60, 90 y 120 días después de la siembra (dds) en fase de vivero.

A los 30 dds			A los 60 dds			A los 90 dds			A los 120 dds		
Clave	mm	Sig.	Clave	mm	Sig.	Clave	mm	Sig.	Clave	mm	Sig.
T <sub>13</sub>	3.40	a	T <sub>13</sub>	4.60	a	T <sub>13</sub>	5.53	a	T <sub>13</sub>	7.68	a
T <sub>12</sub>	3.23	b	T <sub>12</sub>	4.35	a	T <sub>12</sub>	5.15	ab	T <sub>12</sub>	6.90	b
T <sub>2</sub>	3.10	c	T <sub>9</sub>	4.33	a	T <sub>3</sub>	5.13	abc	T <sub>2</sub>	6.40	bc
T <sub>3</sub>	3.08	cd	T <sub>3</sub>	4.25	ab	T <sub>2</sub>	4.95	abcd	T <sub>3</sub>	6.40	bc
T <sub>11</sub>	3.08	cd	T <sub>14</sub>	4.15	abc	T <sub>8</sub>	4.85	abcde	T <sub>9</sub>	6.30	bcd
T <sub>1</sub>	3.03	cde	T <sub>11</sub>	4.10	abc	T <sub>9</sub>	4.85	abcde	T <sub>11</sub>	5.93	cde
T <sub>4</sub>	3.03	cde	T <sub>2</sub>	4.00	bcd	T <sub>7</sub>	4.80	abcde	T <sub>8</sub>	5.58	cde
T <sub>5</sub>	3.00	de	T <sub>8</sub>	3.73	bcde	T <sub>11</sub>	4.70	bcde	T <sub>7</sub>	5.50	de
T <sub>7</sub>	3.00	de	T <sub>6</sub>	3.68	cde	T <sub>14</sub>	4.40	bcde	T <sub>6</sub>	5.35	e
T <sub>8</sub>	3.00	de	T <sub>10</sub>	3.68	cde	T <sub>6</sub>	4.35	cde	T <sub>10</sub>	5.30	e
T <sub>9</sub>	3.00	de	T <sub>7</sub>	3.65	cde	T <sub>4</sub>	4.28	de	T <sub>1</sub>	5.25	e
T <sub>10</sub>	3.00	de	T <sub>4</sub>	3.55	cde	T <sub>5</sub>	4.20	de	T <sub>4</sub>	5.20	e
T <sub>6</sub>	2.98	e	T <sub>1</sub>	3.53	de	T <sub>10</sub>	4.10	e	T <sub>5</sub>	5.13	e
T <sub>14</sub>	2.88	f	T <sub>5</sub>	3.30	e	T <sub>1</sub>	4.08	e	T <sub>14</sub>	4.80	e

Tratamientos unidos por la misma letra en una columna, no existe significación estadística.

Leyenda:

T<sub>1</sub> = Bayfolan suelo azul (2.40 kg/ha).  
 T<sub>2</sub> = Bayfolan suelo azul (1.70 kg/ha).  
 T<sub>3</sub> = Bayfolan suelo azul (1.00 kg/ha).  
 T<sub>4</sub> = Compomaster cacao (2.40 kg/ha).

T<sub>5</sub> = Compomaster cacao (1.70 kg/ha).  
 T<sub>6</sub> = Compomaster cacao (1.00 kg/ha).  
 T<sub>7</sub> = Compomaster 20-20-20 (2.40 kg/ha).  
 T<sub>8</sub> = Compomaster 20-20-20 (1.70 kg/ha).

T<sub>9</sub> = Compomaster 20-20-20 (1.00 kg/ha).  
 T<sub>10</sub> = Nitrofoska azul (2.40 kg/ha).  
 T<sub>11</sub> = Nitrofoska azul (1.70 kg/ha).  
 T<sub>12</sub> = Nitrofoska azul (1.00 kg/ha).

T<sub>13</sub> = Compost.  
 T<sub>14</sub> = Suelo degradado.

Los fertilizantes compuestos no alcanzaron mejores resultados que el Compost, con excepción de los tratamientos T<sub>12</sub> Nitrofoska azul (1.00 kg/ha), T<sub>2</sub> (Bayfolan suelo azul (1.70 kg/ha)), T<sub>3</sub> (Bayfolan suelo azul (1.00 kg/ha)) y T<sub>9</sub> (Compomaster 20-20-20 (1.00 kg/ha)), alcanzaron resultados estadísticamente iguales que el tratamiento T<sub>14</sub> (Suelo degradado). Estos resultados posiblemente se deban a determinados factores negativos, como a la solubilidad de los nitratos en el suelo ácido, a la baja capacidad de intercambio catiónico por parte del complejo arcillo-húmico, aumento de la acidez producto de la liberación de iones de hidrógeno durante la nitrificación del amonio, lo que significó una pérdida de bases del suelo (calcio, magnesio, potasio y sodio) y empobrecimiento real del medio, lo que dificultó la nutrición correcta de los plantones y por consiguiente existió un mal desarrollo de las plantas de cacao.

La aplicación de Compost al sustrato de un suelo ácido alcanzó los mejores resultados en altura de planta y diámetro de tallo a los 120 días, ya que su aplicación proporcionó ácidos húmicos al momento de descomponerse; estos ácidos húmicos según ATIYEH *et al.* (2000), influyen directamente en la fertilidad del suelo, a la vez que contribuyen significativamente a su estabilidad, incidiendo en la absorción de nutrientes y como consecuencia directa, en un crecimiento y desarrollo óptimo de la planta; también agregan, que aumenta la CIC, capacidad de retención de humedad, la porosidad lo que facilita la aireación en el suelo. Otros beneficios de aplicar una fuente de materia orgánica según ORMAÑE y OVALLE (2011), es que aportan nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, y mejoran la concentración de carbono orgánico. Todas estas ventajas, sustentan porque el Compost obtuvo buenos resultados.

### 4.1.3. Número de hojas por plantón de cacao

En el Cuadro 20, se muestra el análisis de variancia para el número de hojas por plantón de cacao a los 120 días después de la siembra (dds), observándose que no existen diferencias significativas entre los bloques en estudio para esta evaluación. Asimismo, se muestra que sí existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos en estudio, es decir que con al menos un tratamiento se obtiene resultados diferentes para el número de hojas por plantón. El coeficiente de variabilidad es 19.45 %, valor que nos indica que hubo buena homogeneidad entre las unidades experimentales de los tratamientos en estudio.

**Cuadro 20.** Análisis de variancia del número de hojas por plantón de cacao a los 120 días después de la siembra (dds) en fase de vivero.

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Sig.</b>
Tratamientos	13	598.43	46.03	AS
Bloques	3	29.81	9.94	NS
Error experimental	39	257.93	6.61	
Total	55	886.18		

C.V (%) 19.45

C.V = Coeficiente de variabilidad.  
NS = No existe significancia.  
AS = Existen diferencias estadísticas al 1 % de probabilidad.

En el Cuadro 21, se muestra la prueba Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el número de hojas por plantón de cacao en vivero, observándose que a los 120 dds, el tratamiento T<sub>13</sub>(Compost) estadísticamente alcanzó plantones con mayor

número de hojas por plantón de cacao que los tratamientos T<sub>9</sub> (Compomaster 20-20-20 (1.00 kg/ha)), T<sub>8</sub> (Compomaster 20-20-20 (1.70 kg/ha)), T<sub>3</sub> (Bayfolan suelo azul (1.00 kg/ha)), T<sub>14</sub> (Suelo degradado), T<sub>10</sub> (Nitrofoska azul (2.40 kg/ha)), T<sub>7</sub> (Compomaster 20-20-20 (2.40 kg/ha)), T<sub>4</sub> (Compomaster cacao (2.40 kg/ha)), T<sub>6</sub> (Compomaster cacao (1.00 kg/ha)), T<sub>5</sub> (Compomaster cacao (1.70 kg/ha)) y T<sub>1</sub> (Bayfolan suelo azul (2.40 kg/ha)). El tratamiento T<sub>12</sub> (Nitrofoska azul (1.00 kg/ha)) alcanzó mayor número de hojas por plantón en comparación a lo obtenido por los tratamientos T<sub>3</sub>, T<sub>14</sub>, T<sub>10</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>6</sub>, T<sub>5</sub> y T<sub>10</sub>.

**Cuadro 21.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) del número de hojas por plantón de cacao a los 120 días después de la siembra en fase de vivero.

Clave	Tratamientos en estudio Descripción	Número de hojas	
		X	Significancia
T <sub>13</sub>	Compost	14.33	a
T <sub>12</sub>	Nitrofoska azul (1.00 kg/ha)	13.45	ab
T <sub>2</sub>	Bayfolan suelo azul (1.70 kg/ha)	11.78	abc
T <sub>11</sub>	Nitrofoska azul (1.70 kg/ha)	10.98	abc
T <sub>9</sub>	Compomaster 20-20-20 (1.00 kg/ha)	10.13	bcd
T <sub>8</sub>	Compomaster 20-20-20 (1.70 kg/ha)	9.50	bcde
T <sub>3</sub>	Bayfolan suelo azul (1.00 kg/ha)	9.05	cde
T <sub>14</sub>	Suelo degradado	7.90	cdef
T <sub>10</sub>	Nitrofoska azul (2.40 kg/ha)	6.13	def
T <sub>7</sub>	Compomaster 20-20-20 (2.40 kg/ha)	5.83	ef
T <sub>4</sub>	Compomaster cacao (2.40 kg/ha)	5.60	ef
T <sub>6</sub>	Compomaster cacao (1.00 kg/ha)	5.48	ef
T <sub>5</sub>	Compomaster cacao (1.70 kg/ha)	4.28	f
T <sub>1</sub>	Bayfolan suelo azul (2.40 kg/ha)	3.83	f

Tratamientos unidos por la misma letra en una columna, no existe significación estadística.

El Compost significativamente alcanzó los mejores resultados en altura del plantón (Cuadro 17), diámetro de tallo (Cuadro 19) y número de hojas por plantón (Cuadro 21) en comparación a los resultados de los tratamientos en base a los fertilizantes compuestos. Es decir, la incorporación del Compost al suelo ácido favoreció un mejor desarrollo, contribuyó con una adecuada nutrición de los plantones de cacao, mejorando su metabolismo y favoreciendo una mayor emisión de hojas y esto porque la aplicación de Compost al suelo ácido según GRACIA (2012), mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, además, favorece la estructura de los agregados del suelo, incrementar el contenido de N, P, K, y micronutrientes, la CIC y actúa como soporte y alimento de los microorganismos ya que viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización.

A diferencia de una fuente de materia orgánica como el Compost, la aplicación de los fertilizantes compuestos en un sustrato altamente ácido, no se agrega materia orgánica, materia orgánica que se descompone en humus y que junto a la arcilla tienen la facultad de intercambiar nutrientes con la solución del suelo; los fertilizantes sólo aumentan el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio disponible para los plantones, no ejerce cambios sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de un sustrato ácido con deficiencias nutricionales y bajo contenido de materia orgánica y, además bajo sus condiciones acidifica el suelo producto de la liberación de iones de hidrógeno durante la nitrificación del amonio y por ende, hay limitada concentración de bases cambiables.

Respecto al párrafo anterior, elementos como el nitrógeno durante el proceso de nitrificación del  $\text{NH}_4^+$  del fertilizante a  $\text{NO}_3^-$  se liberan iones  $\text{H}^+$  que

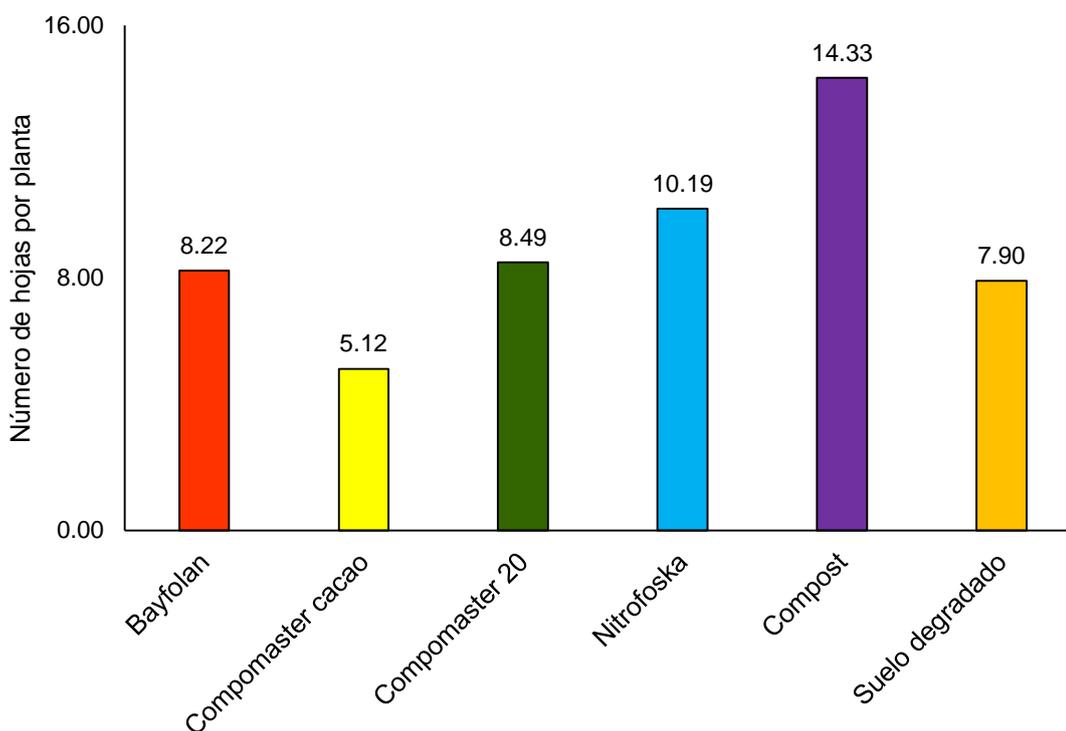
posiblemente elevaron la acidez del suelo y que además el nitrato  $\text{NO}_3^-$  por su alta solubilidad bajo esas condiciones según BOIXADERA y CORTÉS (2000), el nitrato se hace más lixiviable debido a su alta solubilidad. Este defecto da como resultado una deficiencia de este elemento en el sustrato, dando como resultado una mala nutrición y por ende según la FAO (2002), las hojas más bajas mueren prematuramente mientras la cima de la planta permanece verde. Al respecto, esto se observó en algunos tratamientos en base a los fertilizantes compuestos y tratamiento T<sub>14</sub> (Suelo degradado).

Además, al aplicar estos fertilizantes compuestos se incrementa la acidez debida a la nitrificación, lo que dificulta la disponibilidad del fósforo en el suelo y presenta bajas concentraciones de calcio, magnesio, potasio y sodio e incrementa la toxicidad del aluminio; se ha comprobado que en suelos ácidos según BORIE *et al.* (1992), los fosfatos asimilables se combinan con el hierro y el aluminio y con distintos hidróxidos (Fe, Al, etc.), formándose sales y complejos químicos insolubles. Además, en un medio ácido, existe deficiencia de magnesio en la planta, las hojas presentaron clorosis típica debido a la deficiencia de este elemento, ya que el magnesio es parte de la clorofila, que es necesario para la fotosíntesis, disminuyendo la acumulación de fotoasimilados que se encargan en la formación de las nuevas hojas, según la FAO (2002), después de la clorosis, sigue la necrosis o muerte de las hojas.

También otro problema de un medio de crecimiento ácido, según GALLARDO y BORIE (1999), los suelos ácidos favorecen la deficiencia del boro; esta deficiencia en la planta según la FAO (2002), presenta hojas quebradizas y blandas; razón por el cual las hojas caían con el simple contacto que se presentó

en plantones de cacao de los tratamientos en base a los fertilizantes compuestos con excepción de los platones cacao del tratamiento T<sub>12</sub> (Nitrofoska azul (1.00 kg/ha)). Este último siendo estadísticamente el segundo mejor tratamiento, y aritméticamente la media del número de hojas obtenido por los tratamientos en base al fertilizante compuesto Nitrofoska fue mayor en comparación a las medias de los demás fertilizantes compuestos (Figura 2), esto posiblemente al calcio en su composición (Cuadro 10) a diferencia de los demás fertilizantes compuestos que posiblemente mejorando el pH del suelo y disponibilidad del fósforo para los plantones de cacao; tal como manifiesta FAO (2002), que en suelos ácidos, se debe dar preferencia al uso de fertilizantes que contienen Ca<sup>2+</sup> como cationes, ya que tiene el efecto positivo de precipitar el aluminio libre, controlando de este modo la toxicidad del Al.

En la Figura 2, se muestra que el fertilizante Compomaster cacao aritméticamente presentó menor número de hojas por plantón en comparación a los demás fertilizantes compuestos y tratamiento T<sub>14</sub> (Suelo degradado); también presentó platones con menor altura y menor diámetro de tallo, concluyendo que no es un fertilizante adecuado en la nutrición de los plantones de cacao en vivero, posiblemente a su acción más lenta o posiblemente que su aplicación acidifique más al suelo por la nitrificación del NH<sub>4</sub><sup>+</sup> en comparación a los demás fertilizantes compuestos. Las medias del número de hojas por plantón de los tratamientos T<sub>4</sub> (Compomaster cacao (2.40 kg/ha)), T<sub>6</sub> (Compomaster cacao (1.00 kg/ha)) y T<sub>5</sub> (Compomaster cacao (1.70 kg/ha)) fueron 5.60, 5.48 y 4.28 respectivamente a los 120 días después de la siembra; resultados inferiores debido a la excesiva acidez del sustrato que impidió la correcta nutrición de los plantones de cacao.



**Figura 2.** Número de hojas por plantón de cacao obtenido por los fertilizantes compuestos, Compost y sin fertilizante.

#### 4.1.4. Longitud y volumen radicular del plantón de cacao

En el Cuadro 22, se muestra el análisis de variancia para la longitud y volumen radicular por plantón de cacao a los 120 días después de la siembra (dds), observándose que no existen diferencias significativas entre los bloques en estudio para estas evaluaciones, ya que el área del campo experimental fue homogénea. Asimismo, se muestra que hay diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos en estudio, es decir que con al menos un tratamiento se obtiene resultados diferentes para la longitud y volumen radicular por plantón respectivamente. Los coeficientes de variabilidad fueron menores al 10 %, valores que nos indica que existió una excelente homogeneidad entre las unidades experimentales de los tratamientos en estudio.

**Cuadro 22.** Análisis de variancia de la longitud y volumen radicular del plantón de cacao a los 120 días después de la siembra en fase de vivero.

Fuente de variación	GL	Longitud radicular		Volumen radicular	
		CM	Sig.	CM	Sig.
Tratamientos	13	75.11	AS	2.87	AS
Bloques	3	34.71	NS	0.97	NS
Error experimental	39	1.52		0.03	
Total	55				
C.V (%)		5.12		6.34	

C.V = Coeficiente de variabilidad.

NS = No existe significancia.

AS = Existen diferencias estadísticas al 1 % de probabilidad.

En el Cuadro 23, se muestra la Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) de la longitud y volumen radicular por plantón de cacao a los 120 días después de la siembra en fase de vivero, observándose que:

Respecto a la longitud radicular, estadísticamente el tratamiento T<sub>2</sub> (Bayfolan suelo azul (1.70 kg/ha)) obtuvo plantones con mayor longitud radicular en comparación a lo obtenido por los demás tratamientos en estudio, a excepción del tratamiento T<sub>3</sub> (Bayfolan suelo azul (1.00 kg/ha)) que fue estadísticamente igual al tratamiento T<sub>2</sub>. Estadísticamente en segunda posición con mayor longitud radicular por plantón lo obtuvieron los tratamientos T<sub>3</sub> (Bayfolan suelo azul (1.00 kg/ha)), T<sub>1</sub> (Bayfolan suelo azul (2.40 kg/ha)) y T<sub>7</sub> (Compomaster 20-20-20 (2.40 kg/ha)), que se diferenciaron de los demás tratamientos en estudio. Además, estadísticamente en tercera posición con mayor longitud radicular por plantón lo obtuvieron los tratamientos T<sub>5</sub> (Compomaster cacao (1.70 kg/ha)), T<sub>13</sub> (Compost) y T<sub>12</sub> (Nitrofoska azul (1.00 kg/ha)), diferenciándose de los demás tratamientos.

Respecto al volumen radicular por plantón de cacao a los 120 dds, estadísticamente los tratamientos T<sub>13</sub>, T<sub>9</sub> (Compomaster 20-20-20 (1.00 kg/ha)) y T<sub>12</sub> obtuvieron plantones con mayor volumen radicular en comparación a los demás tratamientos en estudio. Estadísticamente en segunda posición con un mayor volumen radicular por plantón que lo obtenido por los demás tratamientos en estudio con excepción del tratamiento T<sub>5</sub> (Compomaster cacao (1.70 kg/ha)), fue el tratamiento T<sub>7</sub>. El tratamiento T<sub>14</sub>, estadísticamente se obtuvo menor volumen radicular que los demás tratamientos en estudio.

**Cuadro 23.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) de la longitud y volumen radicular por plantón de cacao a los 120 días después de la siembra en vivero.

Longitud radicular			Volumen radicular		
Clave	cm	Significancia	Clave	cm <sup>3</sup>	Significancia
T <sub>2</sub>	30.43	a	T <sub>13</sub>	4.23	a
T <sub>3</sub>	27.75	ab	T <sub>9</sub>	4.13	a
T <sub>1</sub>	27.73	b	T <sub>12</sub>	4.03	a
T <sub>7</sub>	25.55	b	T <sub>7</sub>	3.18	b
T <sub>5</sub>	25.00	c	T <sub>5</sub>	2.93	bc
T <sub>13</sub>	24.98	c	T <sub>8</sub>	2.80	cd
T <sub>12</sub>	24.20	c	T <sub>11</sub>	2.70	cde
T <sub>8</sub>	24.10	cd	T <sub>10</sub>	2.65	cde
T <sub>9</sub>	23.68	cd	T <sub>2</sub>	2.53	de
T <sub>11</sub>	22.70	cd	T <sub>3</sub>	2.45	ef
T <sub>10</sub>	18.03	d	T <sub>1</sub>	2.20	f
T <sub>4</sub>	16.75	e	T <sub>4</sub>	2.05	f
T <sub>6</sub>	16.73	e	T <sub>6</sub>	2.00	f
T <sub>14</sub>	16.25	e	T <sub>14</sub>	1.35	g

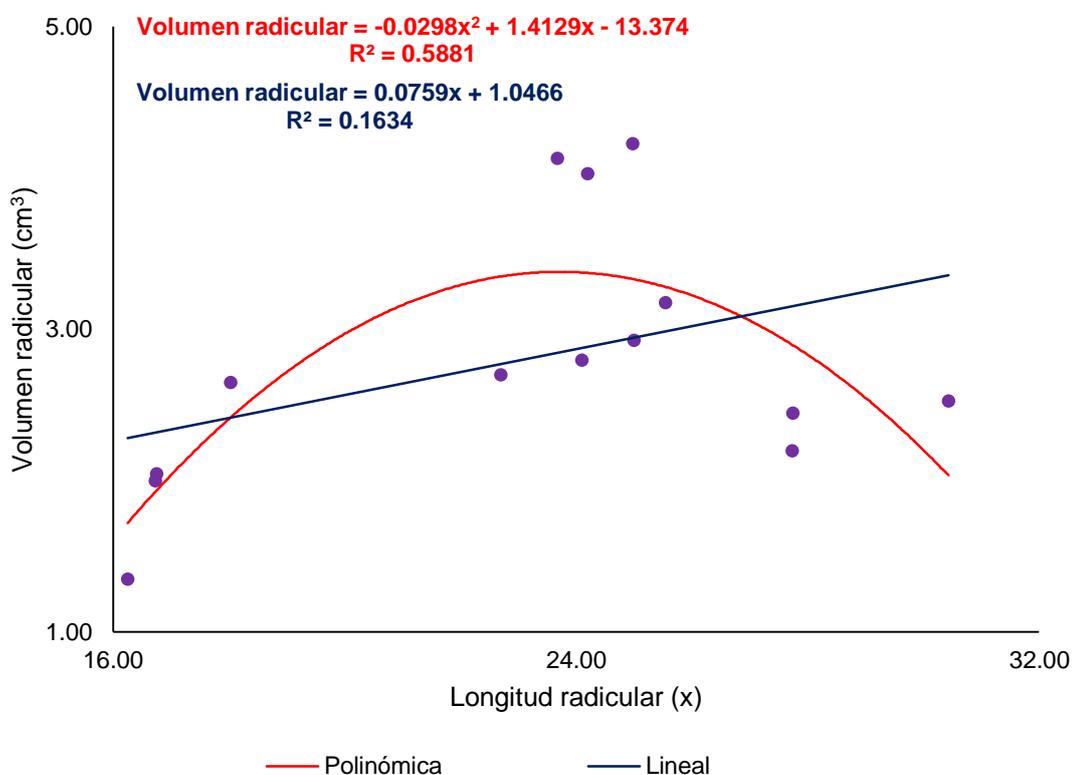
Tratamientos unidos por la misma letra en una columna, no existe significación estadística.

Legenda:

T<sub>1</sub> = Bayfolan suelo azul (2.40 kg/ha).  
 T<sub>2</sub> = Bayfolan suelo azul (1.70 kg/ha).  
 T<sub>3</sub> = Bayfolan suelo azul (1.00 kg/ha).  
 T<sub>4</sub> = Compomaster cacao (2.40 kg/ha).  
 T<sub>5</sub> = Compomaster cacao (1.70 kg/ha).  
 T<sub>6</sub> = Compomaster cacao (1.00 kg/ha).  
 T<sub>7</sub> = Compomaster 20-20-20 (2.40 kg/ha).

T<sub>8</sub> = Compomaster 20-20-20 (1.70 kg/ha).  
 T<sub>9</sub> = Compomaster 20-20-20 (1.00 kg/ha).  
 T<sub>10</sub> = Nitrofoska azul (2.40 kg/ha).  
 T<sub>11</sub> = Nitrofoska azul (1.70 kg/ha).  
 T<sub>12</sub> = Nitrofoska azul (1.00 kg/ha).  
 T<sub>13</sub> = Compost.  
 T<sub>14</sub> = Suelo degradado.

En la Figura 3, se muestran que las variables dependientes (volumen radicular) e independiente (longitud radicular) respectivamente, no se ajustan a ni una ecuación de predicción, ya que los valores de  $R^2$  de la ecuación polinómica y lineal fueron 0.5881 y 0.1634 respectivamente, valores lejanos a la unidad. Lo que nos confirma que no existe dependencia entre las variables dependiente e independiente y eso se puede comprobar al ver los resultados en el Cuadro 18, que sólo el tratamiento  $T_2$  (Bayfolan suelo azul (1.70 kg/ha)) alcanzó plantones con mayor altura de planta (Cuadro 17), diámetro de tallo (Cuadro 19) y número de hojas por planta (Cuadro 21); sin embargo, alcanzó menor volumen radicular que los tratamientos  $T_{13}$  (Compost) y  $T_{12}$  (Nitrofoska azul (1.00 kg/ha)), estos últimos obtuvieron los mejores resultados en altura, diámetro de tallo y número de hojas por planta, pero con menor longitud radicular que el tratamiento  $T_2$ .



**Figura 3.** Relación de la longitud y volumen radicular por plantón de cacao.

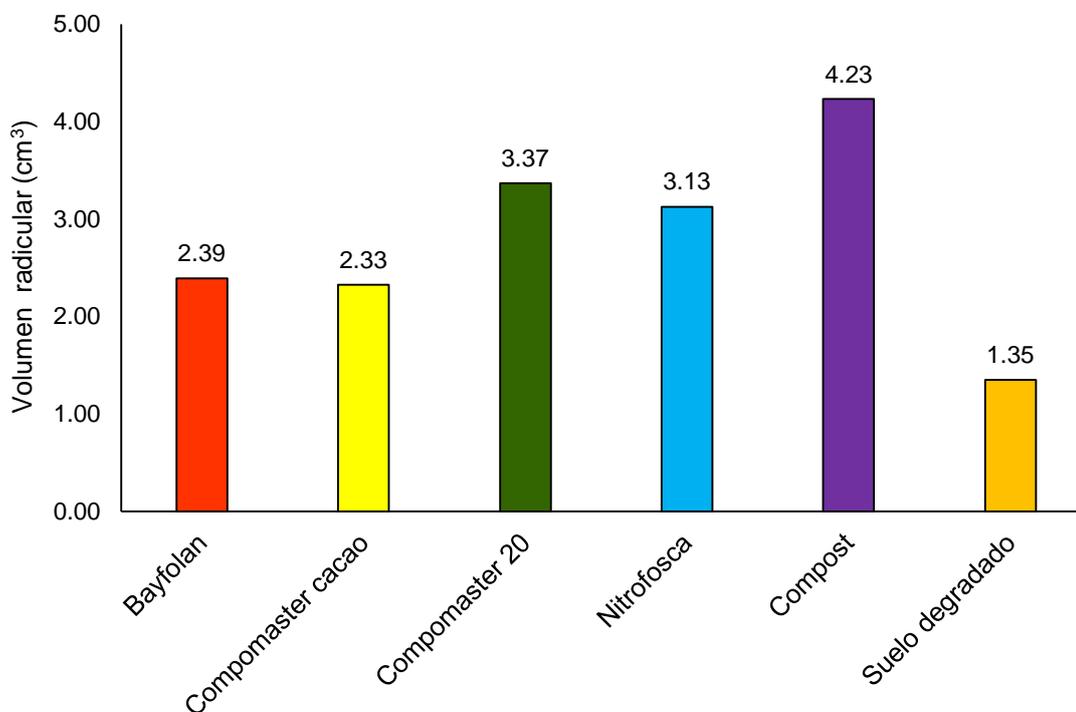
El Tratamiento T<sub>13</sub> (Compost) estadísticamente presentó plantones con mayor altura, diámetro de tallo, número de hojas y volumen radicular que los demás tratamientos en estudio, como yo lo habíamos mencionado en el inciso diámetro de tallo, una de las ventajas de la aplicación de una fuente de materia orgánica proporciona sustancias húmicas al descomponerse en el suelo; según SOTO (2003) y FÉLIX *et al.* (2008), las sustancias húmicas favorecen el aumento del volumen radicular con más pelos absorbentes; por su parte MOLINA (2003a), indica que estas sustancias son activadores de la flora microbiana del suelo con lo que aumenta la mineralización de la materia orgánica y en consecuencia hay liberación de nutrientes en forma disponible para las raíces de las plantas.

En la Figura 4, se muestra que los fertilizantes Compomaster 20-20-20 y Nitrofoska, alcanzaron mayores volúmenes radiculares en comparación a los demás fertilizantes compuestos y tratamiento T<sub>14</sub> (Suelo degradado), este último, estadísticamente alcanzó menor volumen radicular en comparación a los demás tratamientos en estudio (Cuadro 23). El fertilizante Compomaster 20-20-20 posee mayor concentración de fósforo que los demás fertilizantes y con buen contenido de potasio (Cuadro 5); se ha comprobado que el fósforo y potasio en la nutrición de la planta según MOLINA (2003b), fomenta el desarrollo de las raíces e incrementa el tamaño y peso de las raíces respectivamente. En caso del Nitrofoska azul contiene calcio en su composición (Cuadro 10), este elemento aparte de precipitar el aluminio de un medio ácido como el suelo Dystropepts, es esencial según MOLINA y HENRIQUEZ (2003), para el crecimiento de las raíces; por su parte, ICA (2012), señala que el calcio es importante en la división celular y elongación de las células de las raíces jóvenes.

Estudio realizado por TORRES (2014), obtuvo un contenido mayor de nitrógeno que los demás elementos en la composición de las raíces de los plantones de cacao a los 120 días después de la siembra (dds) en fase de vivero; coincidiendo con ZAMBRANO (2011), que en su trabajo efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre las características de desarrollo en plántulas para patrones en cacao, reportó mayor contenido de nitrógeno en la composición de las raíces en las plántulas de cacao a los 150 dds. Monsalve *et al.* (2009), citados por MORE (2014), aseguran que la formación de nuevas raíces y su biomasa llega a depender de la concentración de nitrógeno en el medio de crecimiento; coincidiendo con los resultados del tratamiento T<sub>14</sub> (Suelo degradado) que fueron estadísticamente menores que los demás tratamientos en estudio, respecto a la longitud y volumen radicular (Cuadro 23), esto porque el sustrato provenía de un suelo altamente ácido y con bajo contenido de nitrógeno (Cuadro 14), y además, no se aplicó ni una fuente de nutrición para los plantones de cacao, lo que hacía un medio inapropiado para el desarrollo y crecimiento de las raíces.

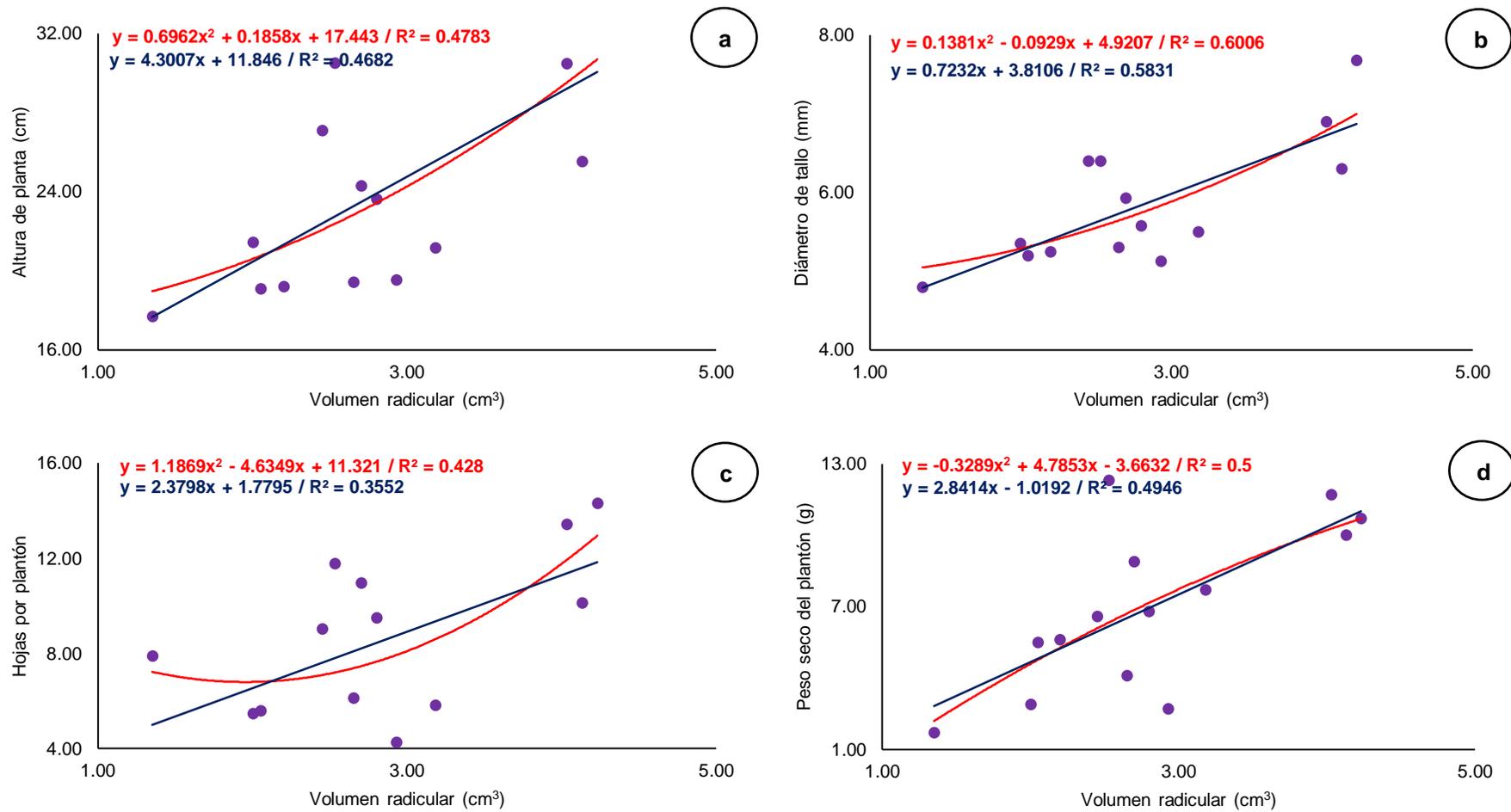
En el Cuadro 23 y Figura 4, se muestran que los tratamientos en base a los fertilizantes Bayfolan y Compomaster cacao alcanzaron volúmenes radiculares muy inferiores en comparación a los fertilizantes Compomaster 20-20-20 y Nitrofoska, a pesar de que todos estos fertilizantes fueron aplicados en un mismo sustrato, sustrato altamente ácido y con deficiencia nutricional; estos resultados posiblemente se deba a que estos fertilizantes son de reacción más ácida que los demás fertilizantes, ya que RODRÍGUEZ (1993), asegura que el uso de fertilizantes de reacción ácida puede acidificar el suelo. Cabe recalcar que con la acidez hay pérdida de Ca, Mg, K y Na debido a la acumulación de

iones ácidos y otro factor que haya influido en los resultados es posiblemente a la acción lenta o sean más solubles que los demás fertilizantes compuestos.



**Figura 4.** Volumen radicular por plantón de cacao obtenido por los fertilizantes compuestos, Compost y suelo degradado.

En la Figura 5, se muestra que los valores de  $R^2$  se están lejos a la unidad, lo que nos indica que no existe dependencia de las variables altura de plantón, diámetro de tallo, número de hojas y peso seco del plantón de cacao con la variable independiente volumen radicular a los 120 dds en fase de vivero; es decir, no existe relación entre el volumen radicular con los demás parámetros evaluados, y lo que nos hace entender es que un buen sistema radical te puede garantizar la absorción de agua y nutrientes y, lograr un balance hídrico, pero no garantiza un buen desarrollo de la planta, ya que las características biométricas también puede depender de otros factores, como la fertilidad y tipo del sustrato, fertilizante o fuente de nutrición, variedad del cultivo, entre otros.



**Figura 5.** Relación de la variable independiente volumen radicular con las variables dependientes: a) altura del plantón., b) diámetro de tallo., c) número de hojas por plantón., d) peso seco del plantón de cacao.

#### 4.1.5. Peso de fresco y seco del plantón de cacao

En el Cuadro 24, se muestra el análisis de variancia para el peso fresco y seco del plantón de cacao a los 120 días después de la siembra (dds), observándose que no existen diferencias significativas entre los bloques para estas evaluaciones; asimismo, se muestra que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos en estudio. El valor del coeficiente de variabilidad para el peso fresco del plantón de cacao fue 16.76 %, lo que nos indica que existió buena homogeneidad entre las unidades experimentales de los tratamientos en estudio; para el peso seco del plantón de cacao, el valor del coeficiente de variabilidad nos indica que existió excelente homogeneidad entre las unidades experimentales de los tratamientos en estudio.

**Cuadro 24.** Análisis de variancia del peso seco y fresco del plantón de cacao a los 120 días después de la siembra en fase de vivero.

Fuente de variación	GL	Peso fresco		Peso seco	
		CM	Sig.	CM	Sig.
Tratamientos	13	202.23	AS	49.82	AS
Bloques	3	21.74	NS	5.00	NS
Error experimental	39	22.09		0.20	
Total	55				
C.V (%)		16.76		6.52	

NS = No existe significancia.

AS = Existen diferencias estadísticas al 1 % de probabilidad.

En el Cuadro 25, se muestra la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) del peso fresco y seco del plantón de cacao a los 120 días después de la siembra en fase de vivero, observándose que:

Respecto al peso fresco del plantón de cacao, estadísticamente el tratamiento T<sub>13</sub> (Compost) obtuvo plantones con peso fresco igual a lo obtenido por los tratamientos T<sub>2</sub> (Bayfolan suelo azul (1.70 kg/ha)) y T<sub>12</sub> (Nitrofoska azul (1.00 kg/ha)), sin embargo, fue estadísticamente superior a lo obtenido por los demás tratamientos en estudio. Respecto al peso seco del plantón de cacao, estadísticamente los tratamientos T<sub>2</sub>, T<sub>12</sub> y T<sub>13</sub> alcanzaron plantones con mayor peso seco en comparación a los demás tratamientos en estudio.

**Cuadro 25.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) del peso fresco y seco del plantón de cacao a los 120 días después de la siembra en vivero.

Peso fresco			Peso seco		
Clave	g	Significancia	Clave	g	Significancia
T <sub>13</sub>	26.80	a	T <sub>2</sub>	12.30	a
T <sub>2</sub>	21.28	ab	T <sub>12</sub>	11.70	b
T <sub>12</sub>	20.85	ab	T <sub>13</sub>	10.70	c
T <sub>11</sub>	18.50	b	T <sub>9</sub>	10.00	d
T <sub>9</sub>	17.88	b	T <sub>11</sub>	8.90	e
T <sub>3</sub>	12.48	c	T <sub>7</sub>	7.70	f
T <sub>8</sub>	12.20	c	T <sub>8</sub>	6.80	g
T <sub>7</sub>	11.28	c	T <sub>3</sub>	6.60	g
T <sub>1</sub>	7.98	d	T <sub>1</sub>	5.60	h
T <sub>4</sub>	7.40	d	T <sub>4</sub>	5.50	h
T <sub>10</sub>	6.30	d	T <sub>10</sub>	4.10	i
T <sub>6</sub>	6.10	d	T <sub>6</sub>	2.90	j
T <sub>5</sub>	5.98	d	T <sub>5</sub>	2.70	j
T <sub>14</sub>	4.00	d	T <sub>14</sub>	1.70	k

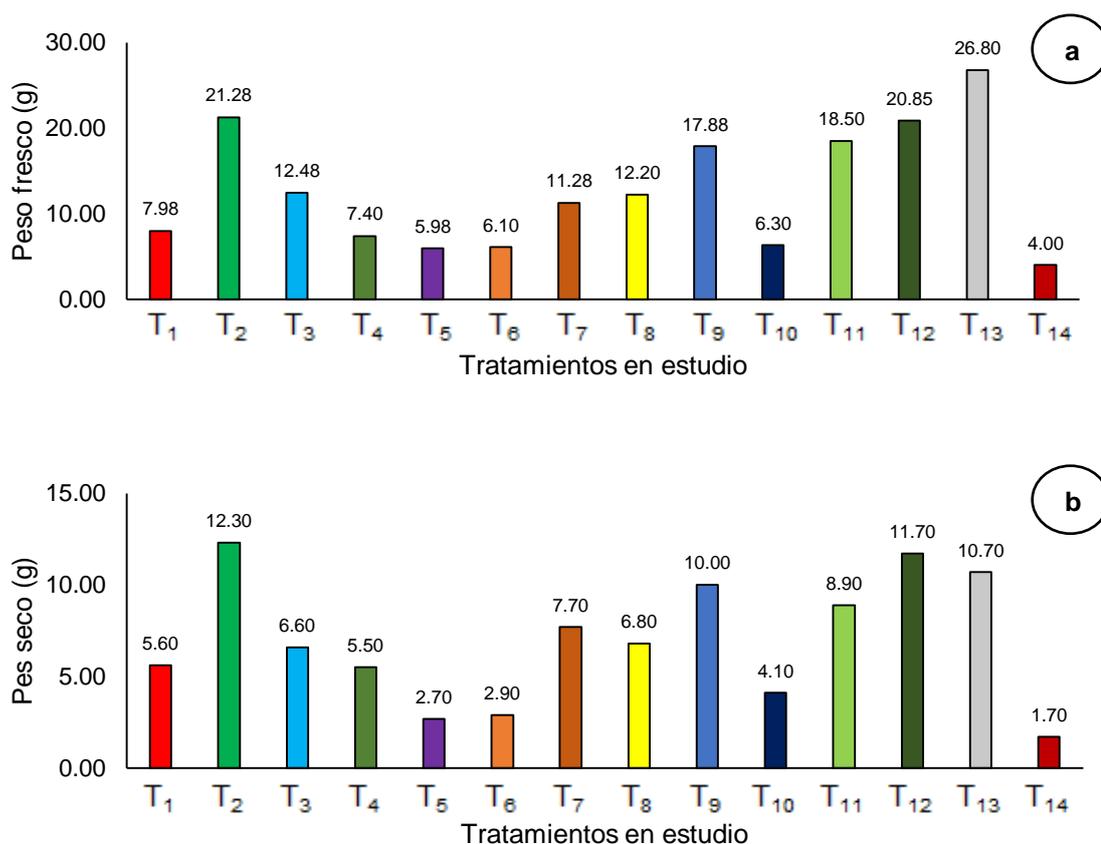
Tratamientos unidos por la misma letra en una columna, no existe significación estadística.

Leyenda:

T<sub>1</sub> = Bayfolan suelo azul (2.40 kg/ha).  
 T<sub>2</sub> = Bayfolan suelo azul (1.70 kg/ha).  
 T<sub>3</sub> = Bayfolan suelo azul (1.00 kg/ha).  
 T<sub>4</sub> = Compomaster cacao (2.40 kg/ha).  
 T<sub>5</sub> = Compomaster cacao (1.70 kg/ha).  
 T<sub>6</sub> = Compomaster cacao (1.00 kg/ha).  
 T<sub>7</sub> = Compomaster 20-20-20 (2.40 kg/ha).

T<sub>8</sub> = Compomaster 20-20-20 (1.70 kg/ha).  
 T<sub>9</sub> = Compomaster 20-20-20 (1.00 kg/ha).  
 T<sub>10</sub> = Nitrofoska azul (2.40 kg/ha).  
 T<sub>11</sub> = Nitrofoska azul (1.70 kg/ha).  
 T<sub>12</sub> = Nitrofoska azul (1.00 kg/ha).  
 T<sub>13</sub> = Compost.  
 T<sub>14</sub> = Suelo degradado.

Los plantones de cacao de los tratamientos T<sub>2</sub> (Bayfolan suelo azul (1.70 kg/ha)), T<sub>12</sub> (Nitrofoska azul (1.00 kg/ha) y T<sub>13</sub> (Compost) alcanzaron mayor altura, diámetro de tallo y emisión de hojas, alcanzaron mayor peso fresco y seco en comparación a los resultados obtenido en los demás tratamientos en estudio. Asimismo, se observa en la Figura 6, que los plantones tratados con Compost aritméticamente obtuvieron mayor peso fresco y seco que los plantones tratados con los fertilizantes compuestos. Además, en los plantones que no recibieron los fertilizantes se observa una clorosis muy notoria por la falta de nitrógeno y su interacción con otros elementos. El tratamiento con Compost dispuso su escaso aporte nutricional, pero a pesar de ello es el que alcanza mayor biomasa.



**Figura 6.** Peso del plantón de cacao de los tratamientos en estudio: a) Fresco., b) Seco.

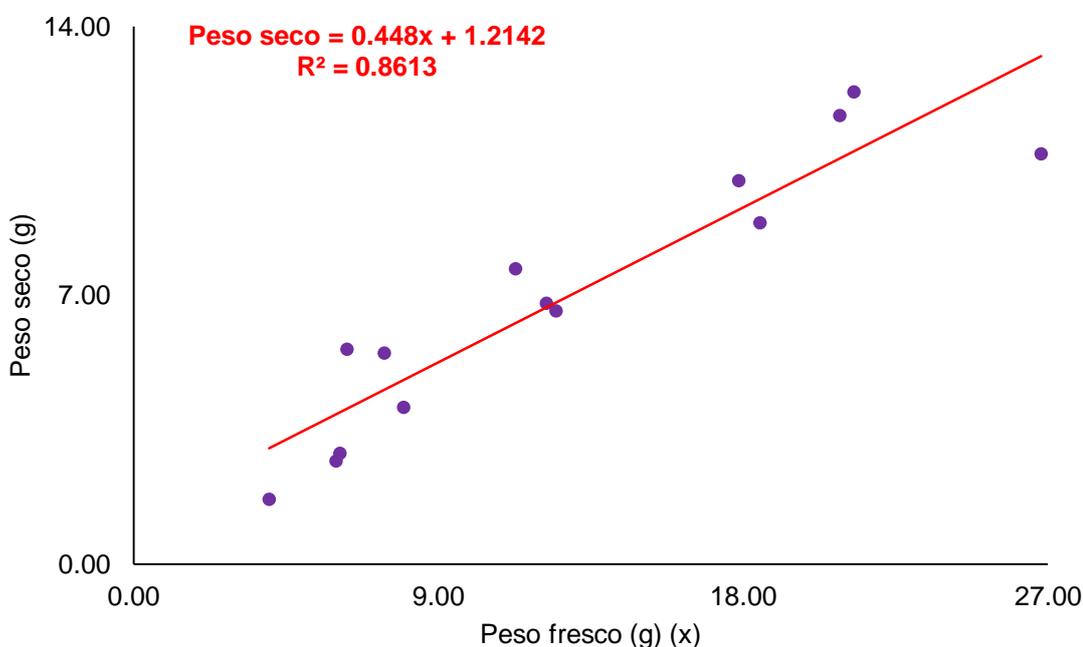
Los resultados por las altas dosis de aplicación de los fertilizantes con nitrógeno nítrico incrementan el pH del sustrato a medida que la planta usa el fertilizante; reducen el crecimiento de tallos, hojas y raíces. Una alta dosis de amonio o urea disminuyen el pH del sustrato después de que el ácido producido por las raíces que neutraliza la alcalinidad del agua y la caliza del sustrato. Los fertilizantes altos en amonio pueden producir un crecimiento más débil. Además, la toxicidad del amonio causa necrosis, crecimiento lento de raíces o las plantas se atrofian o mueren. En nuestro caso los plantones de cacao sufrieron estas consecuencias. Se puede corregir aplicando poco nitrógeno o nada de nitrógeno amoniacal o un fertilizante con Ca y Mg.

Al respecto, un desorden nutricional es un mal funcionamiento de la fisiología de la planta, y da como resultado un crecimiento anormal, causado por deficiencia o exceso de uno o varios elementos minerales. Las plantas sometidas a exceso de nitrógeno son de un color verde muy oscuro, con follaje abundante; pero con escaso crecimiento radicular. Por otro lado, el exceso de potasio puede dar origen a deficiencia de Mg, Mn, Zn y Fe, y el cloro produce quemado de los bordes o extremos de las hojas.

El suelo de donde se obtuvieron los sustratos podemos describirlos como de fisiografía plana, con cobertura, en mayor porcentaje de gramíneas y de fertilidad muy baja, estas condiciones, además, favorecidas por las altas temperaturas del medio, favorecen la oxidación de la escasa materia orgánica, proceso que junto con la aplicación de los fertilizantes en las bolsas generaron protones de hidrógeno incrementándose la acidez del suelo; bajo esta condición liberan al aluminio en la solución suelo causando toxicidad porque llega a inhibir

el crecimiento del sistema radicular, además, el fósforo es retenido y se hace no disponible para la planta, aunque este nutriente se haya aplicado en cantidades suficientes.

La aplicación de los fertilizantes compuestos y la acidez del sustrato generaron un ambiente tóxico para los plántones de cacao, reduciendo la CIC, bloqueando la absorción de elementos el desarrollo vegetativo de la planta y en consecuencia, estas desventajas disminuye su comportamiento y metabolismo fisiológico, dando como resultado una baja distribución de fotoasimilados en la planta, alcanzando plantas de menor peso, con hojas marchitadas, cloríticas y menor emisión de hojas por planta. En la Figura 7, se muestra que la variación del peso seco por plánton de cacao es explicada por el peso fresco del plánton de cacao en un 86.13 %.



**Figura 7.** Relación del peso fresco con el peso seco de los plántones de cacao a los 120 días después de la siembra en vivero.

#### **4.2. Análisis de rentabilidad o relación beneficio y costo (B/C) de los tratamientos en estudio**

En el Cuadro 26, se muestra el análisis de beneficio y costo (B/C) de los tratamientos en estudio, para la obtención de 1300 plántones de cacao (1 ha) por efecto cuatro fertilizantes compuestos con tres dosis respectivamente en un sustrato en base a un suelo Dystropepts en Tocache. El análisis se realizó en base al costo de producción para 1 ha, como el costo de los fertilizantes y suelo, y costo del manejo del vivero durante 120 días después siembra; asimismo, la venta se basó en la calidad del plánton de cacao, por eso los precios al agricultor variaron de 0.50, 1.00 y 1.50 soles por plánton de cacao.

Los valores del ratio obtenido de la relación beneficio y costo (B/C), de los tratamientos T<sub>2</sub> (Bayfolan suelo azul (1.70 kg/ha)), T<sub>3</sub> (Bayfolan suelo azul (1.00 kg/ha)), T<sub>9</sub> (Compomaster 20-20-20 (1.00 kg/ha)), T<sub>7</sub> (Compomaster 20-20-20 (2.40 kg/ha)), T<sub>8</sub> (Compomaster 20-20-20 (1.70 kg/ha)), T<sub>11</sub> (Nitrofoska azul (1.70 kg/ha)), T<sub>12</sub> (Nitrofoska azul (1.00 kg/ha)) y T<sub>13</sub> (Compost) fueron mayores a un sol, por lo tanto el valor de los beneficios es mayor a los costos del proyecto. Los demás tratamientos en estudio obtuvieron valores del ratio B/C menores a un sol. Al respecto, Los tratamientos T<sub>13</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>12</sub> obtuvieron plántones con mejores caracteres biométricos en comparación a los demás tratamientos en estudio, por lo que la venta al agricultor fue de 1.50 soles por plánton; asimismo, los valores del ratio de B/C de los tratamientos T<sub>13</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>12</sub>, fueron 1.48, 1.48 y 1.50 soles respectivamente, lo que indica que por cada sol invertido, se obtendrá un retorno del capital invertido y una ganancia de 0.48, 0.48 y 0.50 soles respectivamente, y por eso este proyecto resulta atractivo.

**Cuadro 26.** Análisis de rentabilidad o relación beneficio y costo (B/C) de los tratamientos en estudio.

Trat.	Costo de producción/ha (S/) (1300 plántones)																
	A											B	C	D	E	F	G
	PT	CV	OS	MS	LIB	Se.	SS	Ma	FC	CMyF	Fert	C. Total (S/.)	Plantas	I. B.	U. (S/.)	I. R.	B/C
*T <sub>1</sub>	60	300	100	60	60	90	60	400	85.80	100	30	1345.80	1300	650.00	-695.80	-0.52	0.48
***T <sub>2</sub>	60	300	100	60	60	90	60	400	60.78	100	30	1320.78	1300	1950.00	629.22	0.48	1.48
**T <sub>3</sub>	60	300	100	60	60	90	60	400	35.76	100	30	1295.76	1300	1300.00	4.24	0.00	1.00
*T <sub>4</sub>	60	300	100	60	60	90	60	400	40.38	100	30	1300.38	1300	650.00	-650.38	-0.50	0.50
*T <sub>5</sub>	60	300	100	60	60	90	60	400	28.60	100	30	1288.60	1300	650.00	-638.60	-0.50	0.50
*T <sub>6</sub>	60	300	100	60	60	90	60	400	16.82	100	30	1276.82	1300	650.00	-626.82	-0.49	0.51
**T <sub>7</sub>	60	300	100	60	60	90	60	400	34.32	100	30	1294.32	1300	1300.00	5.68	0.00	1.00
**T <sub>8</sub>	60	300	100	60	60	90	60	400	24.30	100	30	1284.30	1300	1950.00	665.70	0.52	1.52
**T <sub>9</sub>	60	300	100	60	60	90	60	400	14.30	100	30	1274.30	1300	1300.00	25.70	0.02	1.02
*T <sub>10</sub>	60	300	100	60	60	90	60	400	91.52	100	30	1351.52	1300	650.00	-701.52	-0.52	0.48
**T <sub>11</sub>	60	300	100	60	60	90	60	400	64.83	100	30	1324.83	1300	1300.00	-24.83	-0.02	0.98
***T <sub>12</sub>	60	300	100	60	60	90	60	400	38.14	100	30	1298.14	1300	1950.00	651.86	0.50	1.50
***T <sub>13</sub>	60	300	100	60	60	90	60	400	56.59	100	30	1316.59	1300	1950.00	633.42	0.48	1.48
*T <sub>14</sub>	60	300	100	60	60	90	60	400	0.00	100	0	1230.00	1300	650.00	-580.00	-0.47	0.53

(\*) = 0.50 soles por plantón., (\*\*) = 1.00 soles por plantón., (\*\*\*) = 1.50 soles por plantón.

Leyenda:

T<sub>1</sub> = Bayfolan suelo azul (2.40 kg/ha)  
 T<sub>2</sub> = Bayfolan suelo azul (1.70 kg/ha)  
 T<sub>3</sub> = Bayfolan suelo azul (1.00 kg/ha)  
 T<sub>4</sub> = Compomaster cacao (2.40 kg/ha)

T<sub>5</sub> = Compomaster cacao (1.70 kg/ha)  
 T<sub>6</sub> = Compomaster cacao (1.00 kg/ha)  
 T<sub>7</sub> = Compomaster 20-20-20 (2.40 kg/ha)  
 T<sub>8</sub> = Compomaster 20-20-20 (1.70 kg/ha)

T<sub>9</sub> = Compomaster 20-20-20 (1.00 kg/ha)  
 T<sub>10</sub> = Nitrofoska azul (2.40 kg/ha)  
 T<sub>11</sub> = Nitrofoska azul (1.70 kg/ha)  
 T<sub>12</sub> = Nitrofoska azul (1.00 kg/ha)

T<sub>13</sub> = Compost.  
 T<sub>14</sub> = Suelo degradado.

PT = Preparación del terreno  
 CV = Construcción del vivero.  
 OS = Obtención del sustrato.  
 MS = Mezcla del sustrato.  
 FC. = Precio de los fertilizantes  
 CMyF. = Control fitosanitario.

Fert. = Fertilización  
 C. Total = Costo total  
 IB = Ingreso bruto  
 U = Utilidad  
 IR = Índice de rentabilidad  
 B/C = Beneficio/Costo

Costo por unidad = S/1.50  
 B = A  
 D = C x (\*)  
 E = D - B  
 F = E/B  
 G = D/B

## V. CONCLUSIONES

1. A los 120 días después de la siembra, las aplicaciones de Bayfolan suelo azul (1.70 kg/ha) y Nitrofoska azul (1.00 kg/ha) a un suelo ácido utilizado como sustrato obtuvieron plantones con buenas características biométricas en comparación a los demás tratamientos. Los demás tratamientos en base a los fertilizantes compuestos a dosis de 1.00, 1.70 y 2.40 kg/ha, obtuvieron plantones de menor altura, con pocas hojas y estas presentaron clorosis o necrosis, debido al incremento de la acidez en el sustrato y pérdida de varios minerales como nitrógeno, calcio, magnesio, fósforo, potasio, entre otros.
2. Ningún fertilizante compuesto en sus tres dosis, destacó significativamente en la obtención de plantones con buenas características biométricas a los 120 días después de la siembra en fase de vivero.
3. Ninguna de las tres dosis en los cuatro fertilizantes compuestos, destacó significativamente en la obtención de plantones con buenas características biométricas a los 120 días después de la siembra en fase de vivero.
4. Del análisis beneficio costo, se recomienda el uso de Compost, Bayfolan suelo azul (1.70 kg/ha) y Nitrofoska azul (1.00 kg/ha) por su costo bajo y su eficiencia comprobada en el crecimiento vegetativo de los plantones de cacao, porque sus valores de la relación de B/C, indica que por cada sol invertido en estos tratamientos, se obtendrá un retorno del capital invertido y una ganancia de 0.48, 0.48 y 0.50 soles respectivamente.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Con excepción de Bayfolan suelo azul (1.70 kg/ha) y Nitrofoska azul (1.00 kg/ha), no es recomendable la aplicación de fertilizantes compuestos en suelos ácidos usados como sustratos para la obtención de plantones de cacao en fase de vivero, ya que acidifican más al suelo, hay lixiviación del nitrógeno, menor retención del fósforo y baja capacidad de intercambio catiónico en el medio, y por ende la nutrición correcta por los plantones de cacao se ve perjudicada.
2. Sí se utiliza suelos ácidos como sustrato para la obtención de plantones de cacao, se recomienda el uso de abonos orgánicos como el Compost, con el fin de mejorar las propiedades físicas, química y biológicas de ese suelo; asimismo, son una fuente de minerales indispensables para el desarrollo vegetativo de los plantones de cacao.

## VII. RESUMEN

La presente tesis consistió en evaluar el efecto de cuatro fertilizantes compuestos, Bayfolan suelo azul, Compomaster cacao, Compomaster 20-20-20 y Nitrofoska azul, a unas dosis de 2.40, 1.70 y 1.00 kg/ha en el crecimiento de los plántones de cacao (*Theobroma cacao* L.) utilizando suelos ácidos como sustrato durante 120 días en vivero en la provincia de Tocache. Se evaluaron catorce tratamientos, de los cuales, doce tratamientos son en base a los fertilizantes y los otros dos fueron Compost (T<sub>13</sub>) y suelo degradado (T<sub>14</sub>), los cuales fueron distribuidos de forma aleatoria en cuatro bloques. Al finalizar el experimento se determinó que los plántones de cacao del sustrato en base a Compost y suelo Dystropepts, obtuvieron mejores características biométricas en comparación a los plántones de los demás tratamientos en estudio; asimismo, se comprobó que los tratamientos T<sub>2</sub> (Bayfolan suelo azul (1.70 kg/ha)) y T<sub>12</sub> (Nitrofoska azul (1.00 kg/ha)) alcanzaron plántones con mayor altura, número de hojas y biomasa en comparación a los plántones de cacao tratados con los demás tratamientos en estudio, cuyos tratamientos obtuvieron plántones de cacao con iguales características biométricas a lo obtenido por el tratamiento T<sub>14</sub>, presentando hojas cloróticas, menor altura y número de hojas y, biomasa debido a la fitotoxicidad que se dio por la aplicación de estos en un suelo Dystropepts. Finalmente, por cada sol invertido en los tratamientos T<sub>13</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>12</sub>, se obtendrá el retorno del capital invertido y una ganancia de 0.48, 0.48 y 0.50 soles respectivamente.

## ABSTRACT

The present thesis consisted of evaluating the effect of four compound fertilizers, Bayfolan blue soil, Compomaster cocoa, Compomaster 20-20-20 and Nitrofoska blue, at a dose of 2.40, 1.70 and 1.00 kg/ha in the growth of cocoa seedlings (*Theobroma cacao* L.) in a substratum of a Dystropepts soil for 120 days in a nursery in the province of Tocache. Fourteen treatments were evaluated, of which, twelve treatments are based on fertilizers and the other two were Compost (T<sub>13</sub>) and degraded soil (T<sub>14</sub>), which were randomly distributed in four blocks. At the end of the experiment it was determined that the cocoa seedlings of the substrate based on Compost and Dystropepts soil, obtained better biometric characteristics compared to the seedlings of the other treatments under study; likewise, it was proved that the Bayfolan compound fertilizers blue soil (1.70 kg/ha) and blue Nitrofoska (1.00 kg/ha) reached saplings with higher height, number of leaves and biomass in comparison to the seedlings treated with the other treatments under study, whose treatments obtained seedlings similar to that obtained by the T<sub>14</sub> treatment, presenting chlorotic leaves, lower height and number of leaves and, biomass due to the phytotoxicity that was given by the application of these in a Dystropepts soil. Finally, for each sun invested in treatments T<sub>13</sub>, T<sub>2</sub> and T<sub>12</sub>, the return on capital invested will be obtained and a gain of 0.48, 0.48 and 0.50 soles respectively.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. ALVERSON, S.; WHITLOCK, A.; NYFFELER, R.; BAYER, C., and BAUM, A. 1999. Phylogeny of the core Malvales: evidence from ndhF sequence data. *Am J Bot.*, 86 (1):1474-1486.
2. ARCA, B. 2000. Cultivo de cacao en la amazonia peruana. Editorial Fimart S.A.C. Lima, Perú. 32 p.
3. ARÉVALO, L., y SANCO, M. 2002. Manual de laboratorio para análisis físico-químico del suelo. S.I. ICRF – CHEMONICS. Lima, Perú. 48 p.
4. ARÉVALO, E.; ZÚÑIGA, L.; ARÉVALO, C., y ADRIAZOLA, J. 2004. Manejo integrado del cultivo y transferencia de tecnología en la Amazonia Peruana. Instituto de Cultivos Tropicales (ICT). Impreso en Impresiones del Castillo S.A. Chiclayo, Perú. 184 p.
5. ARVILDO, J. 2009. Efecto de las enmiendas orgánicas en las propiedades físicas – químicas de un suelo degradado en Supte San Jorge – Tingo María. Tesis para optar título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 80 p.
6. ÁVILA, A.; CAMPOS, M.; GUHARAY, F., y CAMACHO, A. 2013. Aprendiendo e innovando sobre la producción de plantas de cacao en vivero. Guía N°3. Lutheran World Relief. Managua, Nicaragua. 48 p.
7. AVILÉS, M., y TELLO, J. 2001. El Composteo de los residuos orgánicos, su relación con las enfermedades de las plantas. *Agroecología y*

Desarrollo. Universidad de Extremadura. Ediciones Mundi Prensa. España. Pp. 185 - 214.

8. BAYER CROPSCIENCE. 2014. Bayfolan suelo azul. [En línea]: Bayfolan suelo azul, (<https://www.cropscience.bayer.pe/es-PE/Productos-e-innovacion/Productos/Nutrientes-de-Suelo/Bayfolan-suelo-azul.aspx>, documento, visitado el 10 de noviembre del 2014).
9. BENZING, A. 2001. Agricultura orgánica: Fundamentos para la Región Andina. Neckar – Verlag, Postfach. Alemania. 682 p.
10. BATISTA, L. 2008. El cultivo de cacao. Guía técnica. Primera edición. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal (CEDAF). Santo Domingo, República Dominicana. 250 p.
11. BOIXADERA, J., y CORTÉS, A. 2000. Nitratos, agua y agricultura, un problema moderno de utilización del suelo. Horticultura, 143 (1): 44-46.
12. BORIE, A.; MORALES, L., y PINO, M. 1992. Toxicidad de acidez y aluminio sobre plántulas de trébol rosado y trébol blanco, crecido en solución nutritiva. Agricul. Téc. Chile, 52 (1): 134 – 138.
13. CABRERA, A. 2009. Influencia de la materia orgánica en tres sustratos con dos tipos de abono foliar en almácigos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tingo María. Tesis para optar título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Perú. Pp. 63 - 71.
14. CARPENTER, R.; CARACO, E.; CORRELL, L.; HOWARTH, W.; SHARPLEY, N., and SMITH, H. 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. Ecol. Applic., 8 (1): 558-568.

15. CATIE. 1983. Caracterización ambiental y de los principales sistemas de cultivo en fincas pequeñas de San Carlos, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 24 p.
16. CORPOICA. 2007. Escalamiento, validación y ajuste de tecnologías para la producción masiva de plantas clonadas de cacao. Informe final. CORPOICA-La Suiza. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Santander, Colombia. 78 p.
17. CUVI, M.; RODRÍGUEZ, Y.; ELENA, K.; ASANZA, M., y SORIA, S. 2013. Efecto de abonos orgánicos en el cultivo de *Theobroma cacao* L. en vivero del “Recinto el Capricho”, Provincia de Napo, Ecuador. Revista Amazónica Ciencia y Tecnología, 2 (1): 31 – 40.
18. FAO. 2002. Los fertilizantes y su uso. Una guía de bolsillo para los oficiales de extensión. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) – Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes (IFA). Cuarta edición. Roma, Italia. 87 p.
19. FÉLIX, A.; SAÑUDO, R.; ROJO, E.; MARTÍNEZ, R., y OLALDE, V. 2008. Importancia de los abonos orgánicos. Rev. Ra Ximhai, 4 (1): 57 – 67.
20. GALLARDO, F., y BORIE, B. 1999. Sensibilidad y tolerancia de especies y cultivares a condiciones de acidez. Frontera agrícola, 5 (1-2): 3 - 18.
21. GOMERO, L., y VELÁSQUEZ, H. 1999. Manejo ecológico de suelos; conceptos, experiencias y técnicas. Publicado por la Red de Acción en

Alternativas al uso de Agroquímicos. Primera edición, Editorial Gráfica Sttefany S.R.Ltda. Lima, Perú. 228 p.

22. GRACIA, J. 2012. Efectos de los compost sobre las propiedades del suelo: evaluación comparativa de compost con separación en origen y sin separación en origen. Tesis para optar título de Máster en Ingeniería Ambiental, Química y Procesos Biotecnológicos. Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena, Murcia, España. 108 p.
23. GUTIÉRREZ, M.; GÓMEZ, RAUL., y RODRÍGUEZ, N. 2011. Comportamiento del crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.), en vivero, sembradas en diferentes volúmenes de sustrato. Corpoica Ciencia y Tecnología Agorpecuaria, 12(1): 33-42.
24. ICA, 2012. Manejo fitosanitario del cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.). Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Bogotá, Colombia. 40 p.
25. INIA. 2008. Preparación y uso del compost. En: Tecnologías innovativas apropiadas a la conservación in situ de la agrobiodiversidad. Editorial del Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA). Lima, Perú. Pp. 2- 5.
26. JACKSON, M. 1982. Análisis químico de suelos. Segunda edición. Editorial Omega S.A. Barcelona, España. 653 p.
27. JIMÉNEZ, M.; GRANADOS, L.; OLIVA, J.; QUIRÓZ, J., y BARRÓN, M. 2010. Calidad nutritiva de *Brachiaria humidicola* con fertilización orgánica e inorgánica en suelos ácidos. Arch. Zootec. 59 (228): 561-570.

28. LLIUYA, P. 2015. Fertilización orgánica en el crecimiento vegetativo de los patrones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en un suelo Inceptisols en fase de vivero, en el distrito de Nuevo Progreso, Tocache, San Martín. Tesis para optar título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria De La Selva. Tingo María, Perú. 97 p.
29. MAURICIO, A. 2014. Estudio de efectividad biológica del producto Humics KP, en cultivo de tomate. Tesis para optar título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, México. 48 p.
30. MEIWES, K., y MEESENBURG, H. 2004. Suelos forestales en un ambiente de lluvia ácida y estrategias para recuperarlos. Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvimento Rural (IBADER). Recursos Rurais (2004) Serie Cursos, 1 (1): 69 – 71.
31. MELÉNDEZ, G., y SOTO, G. 2003. Indicadores químicos de la calidad de abonos orgánicos. Pp. 50-63. In: Abonos orgánicos: principios, aplicaciones e impacto en la agricultura. San José, Costa Rica.
32. MENGEL, K., y KIRKBY, E. 2000. Principios de nutrición vegetal. Traducido por, Ricardo Melgar y Mercedes Ruíz. International Potash Institute. Cuarta edición. Basel, Suiza. 693 p.
33. MINAGRI. 2016. Estudio del cacao en el Perú y en el mundo: Un análisis de la producción y el comercio. Ministro de Agricultura y Riego (MINAGRI). Primera edición. Lima, Perú. 90 p.

34. MISTI. 2014a. Compomaster cacao. [En línea]: Fertilizante Compomaster cacao, ([http://www.plmlatina.com.pe/deaq/src/productos/7657\\_23.htm](http://www.plmlatina.com.pe/deaq/src/productos/7657_23.htm), documento, visitado el 10 de diciembre del 2014).
35. MISTI. 2014b. Compomaster 20-20-20. [En línea]: Fertilizante Compomaster 20, ([http://www.plmlatina.com.pe/deaq/src/productos/7656\\_23.htm](http://www.plmlatina.com.pe/deaq/src/productos/7656_23.htm), documento, visitado el 10 de diciembre del 2014).
36. MOLINA, A. 2003a. Quelatos como fertilizante. CATIE – GTZ – UCR – CANIAN. Costa Rica. Pp. 76 – 83.
37. MOLINA, A. 2003b. Características y manejo de fertilizantes que contienen nitrógeno, fósforo y potasio. Proyecto COSTACAN. Costa Rica. Pp. 30 – 57.
38. MOLINA, A., y HENRÍQUEZ, C. 2003. Características y manejo de fertilizantes que contienen calcio, magnesio y azufre. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. Pp. 58 – 68.
39. MORE, J. 2014. Fuentes y proporciones de materia orgánica en el crecimiento de plantones de cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN - 51. Tesis para optar título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. Pp. 62 – 137.
40. OLIVEIRA, J.; AFIF, E., y MAYOR, M. 2006. Análisis de suelos y plantas y recomendaciones de abonado. Ediciones de la Universidad de Oviedo. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo. Oviedo, Asturias, España. 160 p.

41. ORMEÑO, M., y OVALLE, A. 2011. Efectos de la aplicación de abonos orgánicos en la calidad química de los suelos cacaoteros y el crecimiento de las plántulas en vivero. In: XIX Congreso Venezolano de Ciencia del Suelo. Memoria. Calabozo, estado Guárico. Venezuela. 6 p.
42. PALENCIA, G.; GÓMEZ, R., y MEJIA, L. 2003. Producción masiva de materiales clonales de cacao (*Theobroma cacao* L.). Manual Técnico. CORPOICA Reg. 7 - Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bucaramanga, Colombia. 58 p.
43. PALENCIA, G.; GÓMEZ, R., y GÛIZA, O. 2009. Nuevas tecnologías para instalar viveros y producir clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). Manual Técnico. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). Bucaramanga, Colombia. 32 p.
44. PAREDES, M. 2003. Manual del cultivo de cacao. Ministerio de Agricultura - Programa para el Desarrollo de la Amazonia. Tingo María, Perú. Pp. 10 – 13.
45. RIMACHE, M. 2008. Cultivo del cacao. En: Propagación sexual e instalación y mantenimiento de viveros. Empresa Editora Macro EIRL. Surquillo, Perú. 112 p.
46. RÍOS, Z., y RIVERA, P. 1993. Humus de lombricultura proveniente de diferentes insumos orgánicos y su efecto en el rendimiento de pepino en un ultisol degradado de Pucallpa. Folia Amazónica, 5 (1-2): 37 – 48.

47. RODRÍGUEZ, J. 1993. Manual de fertilización. Colección en agricultura. Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 362 p.
48. ROCA, I.; PAZ, A., y VÁZQUEZ, V. 2008. Análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo tras la adición de compost procedente de RSU. Actas del VIII Congreso de SEAE: "Cambio climático, biodiversidad y desarrollo rural sostenible". Bullas, 16 – 20 de septiembre 2008. Murcia, España. Pp. 184 – 198.
49. SÁNCHEZ, J., y DUBÓN, A. 2001. Producción de plantas de cacao (*Theobroma cacao*) en vivero utilizando distintos substratos como abono orgánico. Informe técnico 2001. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, Programa de Cacao y Agroforestería. La Lima, Cortés, Honduras. Pp. 39 – 42.
50. SÁNCHEZ, H. 2004. Manual tecnológico del maíz amarillo duro y de buenas prácticas agrícolas para el valle de Huaura. Ediciones del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Servicio de Publicaciones del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Lima, Perú. 139 p.
51. SÁNCHEZ, R. 2006. Manual del cultivo de cacao. Primera edición. Chanchamayo, Perú. 106 p.
52. SOLTAGRO. 2014. Nitrofoska®. [En línea]: Fertilizante compuesto Nitrofoska, ([http://soltagro.com/pdf/nitrofoskaespecial\\_msds.pdf](http://soltagro.com/pdf/nitrofoskaespecial_msds.pdf), pdf, visitado 23 de diciembre del 2014).

53. SOTO, M. 2003. Abonos orgánicos. El proceso de compostaje. CATIE – GTZ – UCR – CANIAN. Costa Rica. 155 p.
54. TORRES, J. 2014. Dinámica de extracción de nutrientes en plantones de cacao (*Theobroma cacao* L.) colectados de tres clones y un híbrido bajo condiciones de vivero en el distrito de la banda de Shilcayo. Tesis para optar título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto. Tarapoto, Perú. 235 p.
55. TOSQUY, O.; VÁSQUEZ, A.; ESQUEDA, V.; JÁCOME, S., y VARGAS, A. 2008. Comparación agroeconómica de la fertilización con amoníaco anhidro y urea en arroz de temporal. Agricultura Técnica en México, 34 (4): 387-396.
56. YAKABI, K. 2014. Estudio de las propiedades edáficas que determinan la fertilidad del suelo en el sistema de andenería de la comunidad campesina San Pedro de Laraos, provincia de Huarochirí, Lima. Tesis para optar el título de Licenciada en Geografía y Medio Ambiente. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú. 123 p.
57. ZAMBRANO, A. 2011. Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre las características de desarrollo en plántulas para patrones de cacao (*Theobroma cacao* L.). Tesis para optar título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Manabí. Ecuador. 73 p.

## **IX. ANEXO**



**Figura 10.** Plantones de cacao tratados con Bayfolan ( $T_1$ ), con Compost ( $T_{13}$ ) y Testigo ( $T_{14}$ ), a los 120 días después de la siembra.



**Figura 11.** Plantones de cacao tratados con Bayfolan ( $T_2$ ), con Compost ( $T_{13}$ ) y Testigo ( $T_{14}$ ), expresado en altura de planta.



**Figura 12.** Plantones de cacao tratados con Bayfolan (T<sub>3</sub>), con Compost (T<sub>13</sub>) y Testigo (T<sub>14</sub>), expresado en altura de planta.



**Figura 13.** Plantones de cacao tratados con Compomaster cacao (T<sub>4</sub>), con Compost (T<sub>13</sub>) y Testigo (T<sub>14</sub>), expresado en altura de planta.



**Figura 14.** Plantones de cacao tratados con Compomaster cacao (T<sub>5</sub>), con Compost (T<sub>13</sub>) y Testigo (T<sub>14</sub>), expresado en altura de planta.



**Figura 15.** Plantones de cacao tratados con Compomaster cacao (T<sub>6</sub>), con Compost (T<sub>13</sub>) y Testigo (T<sub>14</sub>), expresado en altura de planta.



**Figura 16.** Plantones de cacao tratados con Compomaster 20 20 20 (T<sub>7</sub>), con Compost (T<sub>13</sub>) y Testigo (T<sub>14</sub>), expresado en altura de planta.



**Figura 17.** Plantones de cacao tratados con Compomaster 20 20 20 (T<sub>8</sub>), con Compost (T<sub>13</sub>) y Testigo (T<sub>14</sub>), expresado en altura de planta.



**Figura 18.** Plantones de cacao tratados con Compomaster 20 20 20 (T<sub>9</sub>), con Compost (T<sub>13</sub>) y Testigo (T<sub>14</sub>), expresado en altura de planta.



**Figura 19.** Plantones de cacao tratados con Nitrofoska azul (T<sub>10</sub>), con Compost (T<sub>13</sub>) y Testigo (T<sub>14</sub>), expresado en altura de planta.



**Figura 20.** Plantones de cacao tratadas con Nitrofoska azul (T<sub>11</sub>), con Compost (T<sub>13</sub>) y Testigo (T<sub>14</sub>), expresado en altura de planta.



**Figura 21.** Plantones de cacao tratadas con Nitrofoska azul (T<sub>12</sub>), con Compost (T<sub>13</sub>) y Testigo (T<sub>14</sub>), expresado en altura de planta.



## INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL CORDILLERA AZUL  
NUEVO PROGRESO LTDA.

PROCEDENCIA : SAN MARTIN/ TOCACHE/ NUEVO PROGRESO

MUESTRA DE : COMPOST

REFERENCIA : H.R. 43738

BOLETA : 10742

FECHA : 04/02/14

N° LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O %
110		7.73	7.91	30.02	1.08	0.72	2.24

N° LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %
110		2.35	0.78	22.86	0.11

N° LAB	CLAVES	Fe ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm	B ppm
110		10710	21	66	525	31



Dr. Sady Garcia Bendezi  
Jefe de Laboratorio

Figura 22. Análisis químico de materia orgánica.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

TINGO MARIA

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos

analistasuelosunas@hotmail.com



**ANÁLISIS DE SUELOS**

SOLICITANTE: CARRANZA DIAZ JOILER ADILSON

PROCEDENCIA: DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

PROPIETARIO: VENCISLAV LLUIYA POTOKAR

CULTIVO: MALEZAS (EX COCA)

Cod. Lab	DATOS				ANÁLISIS MECÁNICO				pH	M.O.	N	P	K <sub>2</sub> O	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg					CICe	Bas. Camb. %	Ac. Camb. %	Sat. Al %	
					Arena %	Arcilla %	Limo %	Textura							Cmol(+)/kg									
	Fundo	Sector	Distrito	Provincia	Ca	Mg	K		Na	Al	H													
M168	-	Nuevo Progreso	Nuevo Progreso	Tocache	23.68	39.04	37.28	Franco Arcilloso	4.51	0.67	0.03	1.42	27.71	-	1.08	0.32	-	-	6.11	1.47	8.98	15.55	84.45	68.05

FECHA: 11/02/2016  
RECIBO N°406812  
MUESTREADO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
LAB. ANÁLISIS DE SUELOS  
*Miguel Huayra Rojas*  
M.Sc. Bgo. Miguel Huayra Rojas  
JEFE

Figura 23. Análisis físico - químico del suelo usado para el sustrato.

	BLOQUE I		BLOQUE II		BLOQUE III		BLOQUE IV	
	5.20 METROS							
	1 METRO	40 CM	1 METRO	40 CM	1 METRO	40 CM	1 METRO	
1M	T <sub>13</sub>		T <sub>3</sub>		T <sub>2</sub>		T <sub>13</sub>	14.0 MTS
	T <sub>2</sub>		T <sub>11</sub>		T <sub>6</sub>		T <sub>8</sub>	
	T <sub>5</sub>		T <sub>7</sub>		T <sub>13</sub>		T <sub>2</sub>	
	T <sub>8</sub>		T <sub>6</sub>		T <sub>8</sub>		T <sub>5</sub>	
	T <sub>11</sub>		T <sub>14</sub>		T <sub>9</sub>		T <sub>11</sub>	
	T <sub>3</sub>		T <sub>8</sub>		T <sub>10</sub>		T <sub>3</sub>	
	T <sub>12</sub>		T <sub>9</sub>		T <sub>11</sub>		T <sub>7</sub>	
	T <sub>10</sub>		T <sub>10</sub>		T <sub>12</sub>		T <sub>1</sub>	
	T <sub>4</sub>		T <sub>2</sub>		T <sub>14</sub>		T <sub>9</sub>	
	T <sub>14</sub>		T <sub>12</sub>		T <sub>1</sub>		T <sub>12</sub>	
	T <sub>9</sub>		T <sub>13</sub>		T <sub>7</sub>		T <sub>4</sub>	
	T <sub>1</sub>		T <sub>4</sub>		T <sub>3</sub>		T <sub>10</sub>	
	T <sub>6</sub>		T <sub>1</sub>		T <sub>5</sub>		T <sub>6</sub>	
	T <sub>7</sub>		T <sub>5</sub>		T <sub>4</sub>		T <sub>14</sub>	

**Figura 24.** Distribución de los tratamientos en estudio.