

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE**  
**SUELOS Y AGUA**



**EFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE BOCASHI EN EL**  
**CRECIMIENTO DE *Theobroma cacao* L. DURANTE LA FASE DE**  
**VIVERO, TINGO MARIA**

**Tesis**

**Para optar el título de:**

**INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**

**PRESENTADO POR**

**YESSICA TOLENTINO VILLOGAS**

**Tingo María - Perú**

**2024**



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 020-2024-FRNR-UNAS**

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 19 de enero de 2024, a horas 4:00 p.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

**“EFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE BOCASHI EN EL CRECIMIENTO DE *Theobroma cacao* L. DURANTE LA FASE DE VIVERO, TINGO MARÍA”**

Presentado por la Bachiller: **TOLENTINO VILLOGAS, YESSICA**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“BUENA”**.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 20 de febrero de 2024

**Dr. ROBERTO OBREGÓN PEÑA**  
**PRESIDENTE**

**Ing. M. Sc. JOSE VICTOR QUIROZ RAMIREZ**  
**MIEMBRO**

**Ing. JAIME TORRES GARCÍA**  
**MIEMBRO**



**Ing. M. Sc. JUAN PABLO RENGIFO TRIGOZO**  
**ASESOR**



“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

## CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 195 - 2024 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

### CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua

Tipo de documento:

Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Trabajo de Suficiencia Profesional	<input type="checkbox"/>
-------	-------------------------------------	------------------------------------	--------------------------

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
EFFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE BOCASHI EN EL CRECIMIENTO DE <i>Theobroma cacao</i> L. DURANTE LA FASE DE VIVERO, TINGO MARIA	YESSICA TOLENTINO VILLOGAS	<b>23 %</b> <b>Veintitrés</b>

Tingo María, 27 de junio de 2024



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Dr. Tomas Menacho Matiqui  
JEFE

C.C. Archivo

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE**  
**SUELOS Y AGUA**



**EFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE BOCASHI EN EL**  
**CRECIMIENTO DE *Theobroma cacao* L. DURANTE LA FASE DE**  
**VIVERO, TINGO MARIA**

<b>Autor</b>	: TOLENTINO VILLOGAS, Yessica
<b>Asesor</b>	: Ing. M.Sc. RENGIFO TRIGOZO, Juan Pablo
<b>Programa de investigación</b>	: Ciencias básicas
<b>Línea de investigación</b>	: Física y química de suelos
<b>Eje temático</b>	: Manejo de abonos orgánicos
<b>Lugar de ejecución</b>	: Vivero “Las Heliconias” y Laboratorio de Análisis de Suelos de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS)
<b>Duración</b>	: 06 meses
<b>Financiamiento</b>	: Propio

Tingo María – Perú, 2024

## **DEDICATORIA**

*A mi madre Rosalia Rufina Villogas Masgo*

*A mi hermano Luis Deyvis Juan de Dios Villogas*

*Gracias por formar parte de mi vida, de mi formación, de mis sueños.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Mis sinceros agradecimientos a todas las personas que de alguna forma u otra fueron parte de este camino, este camino que significó mucho sacrificio y empeño.

A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, en particular a los de la Escuela Profesional en Conservación de Suelos y Agua, quienes se mostraron predispuestos e hicieron el más grande esfuerzo por entregarme el valor de sus conocimientos y experiencias.

Al Ing. MSc. Rengifo Trigozo Juan Pablo, por su incomparable aporte durante el asesoramiento de la presente investigación. Gracias por su paciencia, empeño y gran profesionalismo.

A todas las personas que me acompañaron y a las que aún me acompañan, en el viaje de mi vida.

La autora

## ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Antecedentes.....	3
2.2. Marco conceptual.....	4
2.2.1. Vivero .....	4
2.2.2. Abonos orgánicos .....	6
2.2.2.1. Ventajas de los abonos orgánicos .....	6
2.2.2.2. Propiedades de los abonos orgánicos.....	6
2.2.2.3. Abono orgánico: bocashi .....	7
2.2.3. Sustrato .....	8
2.2.3.1. Funciones del sustrato.....	8
2.2.3.2. Componentes más empleados en la formulación de sustratos.....	9
2.2.4. Indicadores de la calidad del suelo .....	10
2.2.4.1. Indicadores físicos .....	10
2.2.4.2. Indicadores químicos .....	11
2.2.5. Plantas vasculares - especies indicadoras .....	11
2.2.5.1. Plantas indicadoras de suelos fértiles.....	12
2.2.5.2. Plantas indicadoras de suelos pocos fértiles .....	12
2.2.5.3. Plantas indicadoras de suelos compactos.....	12
2.2.5.4. Plantas indicadoras de suelos ricos en nitrógeno.....	12
2.2.5.5. Plantas indicadoras de suelos pobres en nitrógeno.....	13
2.2.5.6. Plantas indicadoras de suelos ácidos .....	13
2.2.5.7. Plantas indicadoras de suelos húmedos .....	13
2.2.5.8. Plantas indicadoras de suelos calcáreos secos .....	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	14
3.1. Lugar, de, ejecución.....	14
3.1.1. Localización geográfica en coordenadas UTM .....	14
3.1.2. Zona de vida.....	14

3.1.3. Condiciones climáticas .....	14
3.2. Materiales y métodos .....	15
3.2.1. Materiales y equipos .....	15
3.2.2. Metodología .....	15
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	23
4.1. Propiedades fisicoquímicas de los suelos con plantas indicadoras.....	23
4.2. Efecto en el crecimiento de plantones de <i>Theobroma cacao</i> L. en fase de vivero .....	27
4.2.1. Altura de plantón .....	27
4.2.2. Diámetro de tallo .....	30
4.2.3. Número de hojas .....	33
4.2.4. Área foliar .....	37
4.2.5. Materia seca .....	39
4.2.6. Volumen radicular .....	41
4.2.7. Longitud radicular.....	44
V. CONCLUSIONES .....	48
VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	49
VII. REFERENCIAS.....	50
ANEXOS.....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Contenidos de nutrientes en tres formas de bocashi .....	7
2. Distribución de tratamientos de acuerdo a los factores en estudio .....	15
3. Esquema del análisis de varianza del estudio .....	17
4. Disposición experimental de los tratamientos .....	17
5. Características fisicoquímicas de los suelos con plantas indicadoras .....	23
6. Caracterización nutricional del bocashi .....	26
7. Análisis de varianza de la altura de plantón (cm) de <i>Theobroma cacao</i> L. a los 30, 60 y 90 días después de la siembra .....	27
8. Prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para la altura de plantón (cm) de <i>Theobroma cacao</i> L. por tratamientos, a los 30, 60 y 90 días después de siembra .....	28
9. Prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para la altura de plantón (cm) de <i>Theobroma cacao</i> L. por dosis de bocashi .....	29
10. Análisis de varianza del diámetro de tallo (mm) por plantón de <i>Theobroma cacao</i> L. a los 30, 60 y 90 días después de la siembra .....	30
11. Prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para el diámetro de tallo (mm) de plantón de <i>Theobroma cacao</i> L. por tratamientos, a los 30, 60 y 90 días después de siembra .....	31
12. Prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para el diámetro de tallo (mm) por plantón de <i>Theobroma cacao</i> L. por dosis de bocashi .....	32
13. Análisis de varianza del número de hojas (Nº) en los plantones de <i>Theobroma cacao</i> L. a los 30, 60 y 90 días después de la siembra .....	33
14. Prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para el número de hojas por plantón (Nº) de <i>Theobroma cacao</i> L. por tratamientos, a los 30, 60 y 90 días después de siembra .....	34
15. Prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para el número de hojas (Nº) por plantón de <i>Theobroma cacao</i> L. por dosis de bocashi .....	35
16. Análisis de varianza del área foliar (cm <sup>2</sup> ) de plantones de <i>Theobroma cacao</i> L. a los 90 días después de la siembra .....	37
17. Prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para área foliar (cm <sup>2</sup> ) por plantón de <i>Theobroma cacao</i> L. por tratamientos, a los 90 días después de siembra en fase de vivero .....	37

18. Prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para el área foliar ( $\text{cm}^2$ ) por plantón de <i>Theobroma cacao</i> L. por dosis de bocashi durante la fase de vivero a los 90 días de siembra .....	38
19. Análisis de varianza de la materia seca (g) de plántones de <i>Theobroma cacao</i> L. a los 90 días después de la siembra en fase de vivero .....	39
20. Prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para la materia seca (g) por plantón de <i>Theobroma cacao</i> L. por tratamientos, a los 90 días después de siembra en fase de vivero .....	40
21. Prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para la materia seca (g) por plantón de <i>Theobroma cacao</i> L. por dosis de bocashi durante la fase de vivero a los 90 días de siembra .....	40
22. Análisis de varianza del volumen radicular ( $\text{cm}^3$ ) en plántones de <i>Theobroma cacao</i> L. a los 90 días después de la siembra en fase de vivero .....	42
23. Prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para el volumen radicular ( $\text{cm}^3$ ) por plantón de <i>Theobroma cacao</i> L. por tratamientos, a los 90 días después de siembra en fase de vivero .....	42
24. Prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para el volumen radicular ( $\text{cm}^3$ ) por plantón de <i>Theobroma cacao</i> L. por dosis de bocashi durante la fase de vivero a los 90 días de siembra .....	43
25. Análisis de varianza de la longitud radicular (cm) en plántones de <i>Theobroma cacao</i> L. a los 90 días después de la siembra en fase de vivero .....	44
26. Prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para la longitud radicular (cm) por plantón de <i>Theobroma cacao</i> L. por tratamientos, a los 90 días después de siembra en fase de vivero .....	45
27. Prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para la longitud radicular (cm) por plantón de <i>Theobroma cacao</i> L. por dosis de bocashi durante la fase de vivero .....	45
28. Datos generales de la altura de plantón (cm) durante todo el experimento .....	56
29. Datos generales de diámetro del tallo (mm) durante todo el experimento .....	60
30. Datos generales del número de hojas por plantón durante todo el experimento .....	64
31. Datos generales del área foliar ( $\text{cm}^2$ ), materia seca (g), volumen ( $\text{cm}^3$ ) y longitud (cm) radicular durante todo el experimento .....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Altura de plántones (cm) de <i>Theobroma cacao</i> L. por tratamientos .....	28
2. Altura de plántones (cm) de <i>Theobroma cacao</i> L. por dosis de bocashi.....	29
3. Diámetro del tallo de plántones (mm) de <i>Theobroma cacao</i> L. por tratamientos.....	31
4. Diámetro del tallo (mm) de plántones de <i>Theobroma cacao</i> L. por dosis de bocashi .....	32
5. N° de hojas en plántones de <i>Theobroma cacao</i> L. por tratamientos durante la fase de vivero	35
6. N° de hojas en plántones de <i>Theobroma cacao</i> L. por dosis de bocashi .....	36
7. Área foliar (cm <sup>2</sup> ) por plánton de <i>Theobroma cacao</i> L. por tratamientos y por dosis de bocashi .....	38
8. Materia seca (g) por plánton de <i>Theobroma cacao</i> L. por tratamientos y por dosis de bocashi .....	41
9. Volumen radicular (cm <sup>3</sup> ) por plánton de <i>Theobroma cacao</i> L. por tratamientos y por dosis de bocashi .....	43
10. Longitud radicular (cm) por plánton de <i>Theobroma cacao</i> L. por tratamientos y por dosis de bocashi .....	46

## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar el efecto de diferentes dosis de bocashi en el crecimiento, del *Theobroma cacao* L. durante la fase de vivero utilizándose suelos de plantas indicadoras. Se caracterizaron los suelos y bocashi, mezclándose en distintas dosis para elaborar diversos sustratos. Se empleó un diseño de dos factores: suelos de plantas indicadoras y dosis de bocashi, generando 8 tratamientos. Se evaluaron parámetros como la altura, diámetro de tallo, número de hojas, área foliar, materia seca, volumen y longitud radicular. Los resultados revelaron que los suelos registran textura "franca", pH fuertemente ácido, bajos niveles de P y K, con diferencias entre los suelos de *Pteridium aquilinum* y *Cyperus rotundus* en materia orgánica y N. El bocashi mostró valores nutricionales significativos, con altas concentraciones de N, P, Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn, Zn y Cu. El análisis ANVA ( $\alpha=0,05$ ) demostró que la interacción de los factores (tratamientos) así como el factor B, mostraron diferencias altamente significativas en todas las variables durante todas las evaluaciones (exceptuando al número de hojas a los 30 días, donde la diferencia fue significativa); asimismo, el factor A mostró diferencias altamente significativas en las variables: altura y diámetro de tallo, y no presentó significancia en el número de hojas, área foliar, materia seca y volumen y longitud radicular durante todas las evaluaciones. Se evidencia el efecto positivo de la aplicación de bocashi, infiriéndose que a mayor dosis de aplicación, mejores resultados biométricos se obtienen en las plantas de cacao, indistintamente del suelo utilizado.

**Palabras clave:** bocashi, plantas indicadoras, suelos ácidos

## ABSTRACT

The objective of the research was to determine the effect of different doses of bocashi on the growth of *Theobroma cacao* L. during the nursery stage, using soils from indicator plants. The soils and bocashi were characterized and mixed in different doses to produce various substrates. A two-factor design was used: soils of indicator plants and doses of bocashi, generating 8 treatments. Parameters such as height, stem diameter, number of leaves, leaf area, dry matter, root volume and root length were evaluated. The results revealed that the soils registered "loam" texture, strongly acid pH, low levels of P and K, with differences between *Pteridium aquilinum* and *Cyperus rotundus* soils in organic matter and N. The bocashi showed significant nutritional values, with high concentrations of N, P, Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn, Zn and Cu. ANVA analysis ( $\alpha=0.05$ ) showed that the interaction of the factors (treatments) as well as factor B showed highly significant differences in all variables during all evaluations (except for the number of leaves at 30 days, where the difference was significant); likewise, factor A showed highly significant differences in the variables: height and stem diameter, and did not show significance in the number of leaves, leaf area, dry matter and root volume and length during all evaluations. The positive effect of the application of bocashi is evident, inferring that the higher the application dose, the better the biometric results obtained in cocoa plants, regardless of the soil used.

**Key words:** bocashi, indicator plants, acidic soils

## I. INTRODUCCIÓN

Tingo María presenta condiciones climáticas que favorecen el crecimiento del cultivo de cacao y la producción de plántones, siendo una actividad importante; pero posee características edáficas variables, los suelos que se utilizan como sustrato para la producción de los plántones presentan variabilidad del pH, niveles bajos de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio; teniéndose suelos de media y baja fertilidad, que por lo general, los agricultores se ven en la necesidad de utilizarlos acompañados de altas aplicaciones de fertilizantes; por ello, la producción de plántones de cacao se ve mermada. Técnicamente para determinar en forma correcta si un suelo es fértil, es mediante un análisis físico y químico en un laboratorio; sin embargo, por experiencia de los agricultores, estos suelen reconocer los suelos infértiles porque albergan diversas poblaciones de malezas como el *Cyperus rotundus* “coquito” y *Pteridium aquilinum* “macorilla”.

La alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y con ello su fertilidad para el establecimiento de cultivos, se debe por las exhaustivas aplicaciones de técnicas o procesos agrícolas sin restricciones al cuidado o manejo del propio suelo. La aplicación de una fuente de abono orgánico como el bocashi, contribuirá en recuperar las propiedades físicas, químicas y biológicas y con ello su fertilidad y contribuyendo en la nutrición y producción de los plántones de cacao.

Aunque los componentes del bocashi pueden ser óptimos para recuperar las propiedades físico y químicas de suelos; en base a lo mencionado, se formula la siguiente interrogante ¿cuál será el efecto del abono orgánico bocashi en el comportamiento del *Theobroma cacao* L. “cacao” bajo diferentes dosis en el vivero Las Heliconias UNAS – Tingo María utilizándose suelos de plantas indicadoras? En tal sentido, nos planteamos la siguiente hipótesis: las diferentes dosis de abono orgánico mejoran la producción del *Theobroma cacao* L. “cacao” en el vivero Las Heliconias UNAS – Tingo María utilizándose suelos de plantas indicadoras como sustrato. Por lo tanto, la investigación pretende contribuir y contrastar el efecto de diferentes dosis del bocashi para mejorar las propiedades físicas y químicas de suelos y la proporción idónea de bocashi y suelo en la producción de plántones de cacao de buena calidad. Formulándose para ello en la investigación los siguientes objetivos:

### **1.1. Objetivo general**

Determinar el efecto de diferentes dosis de bocashi en el crecimiento del *Theobroma cacao* L. utilizándose suelos de plantas indicadoras durante la fase de vivero – Tingo María.

### **1.2. Objetivos específicos**

- Caracterizar las propiedades fisicoquímicas del suelo con plantas indicadoras de baja fertilidad y del bocashi.
- Determinar el efecto de la interacción de diferentes dosis de bocashi con suelos de plantas indicadores en el desarrollo de plantones de *Theobroma cacao* L. en fase de vivero – Tingo María.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Antecedentes

Asenjo (2003) concluyó que en una evaluación de la aplicación del abono tipo orgánico se usaron tratamientos con varias cantidades de bocashi para cambiar las propiedades físicas de un suelo deteriorado. Los tratamientos fueron T1 (300 g), T2 (250 g), T3 (200 g), T4 (100 g) y T5 (100 g) (0 g). Se valoraron tres criterios: densidad aparente, densidad real y estabilidad estructural. La densidad aparente más baja se observó en los tratamientos tres y cuatro, lo que indica una mejora en la porosidad del suelo, lo que puede ayudar a aumentar la retención de humedad y el desarrollo del sistema radicular de la planta.

El estudio de Calle (2005) evaluó el impacto de cuatro abonos orgánicos diferentes en el crecimiento de plantas de cacao en etapa de vivero. Cáscara de cacao, pseudotallo de plátano, arroz salvado, melaza, leche, tierra negra, ceniza, kudzú, y agua fueron utilizados para hacer abono bocashi. El estudio encontró que el tratamiento que arrojó los promedios más altos en la variable altura fue solo tierra (100 por ciento), mientras que el tratamiento que arrojó los promedios más bajos fue una mezcla de tierra + gallinaza (2 - 1), sin embargo, no hubo diferencia significativa. Tierra + Bocashi (2 - 1) lograron las mejores medidas en cuanto al diámetro del tallo. En cuanto al número de hojas por planta, el tratamiento Tierra (100 por ciento) presentó las medidas más altas. Los tratamientos Tierra + Bocashi (2 - 1) tuvieron el mejor promedio en términos de peso fresco y seco del área foliar más tallo. El tratamiento Tierra (100 por ciento) ocupó el primer lugar en las variables peso fresco parte aérea y peso seco de la raíz, con las mejores medidas en ambas variables.

En Tingo María, Merino (2013) evaluó el efecto del uso de gaicashi, compost y bokashi utilizando microorganismos eficaces en la producción de plántones de cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN- 51, deduciendo que no hay ninguna divergencia estadísticamente significativas en el crecimiento biométrico de los plántones de cacao al usar tres tipos diferentes de fertilizantes (compost, bokashi o gaicachi) con y sin atribuir los denominados microorganismos eficientes bajo condiciones de vivero; asimismo, a los 112 días después de la siembra, dedujo que todos los métodos de preparación de abonos orgánicos superan consistentemente al grupo de control (sin abono) en factor de número de hojas, altura, peso seco de las plantas de cacao y diámetro del tallo.

Ruiz *et al.* (2014) evaluaron el efecto de la *Pteridium aquilinum* (macorilla) como cobertura nativa en la fertilidad de un suelo degradado en Tingo María, concluyendo que el

análisis foliar destaca fósforo, hierro y manganeso, que tienen altas concentraciones en un medio fuertemente ácido, por otro lado, tienen niveles críticos de sodio, calcio, magnesio, potasio con niveles bajos. La materia orgánica en el suelo indica un nivel medio, pero el pH, que es bastante ácido, no muestra variación a diferentes profundidades del suelo. Por otro lado, un estudio realizado por Miranda y Durán (2016), concluyeron que *Cyperus rotundus* que es una maleza que afecta la plantación y producción del cultivo de palma aceitera; pero también indican que es un indicador de que su presencia es indicador de que el suelo presenta baja fertilidad.

Pisco (2018) en su estudio en la zona de Tocache, evaluó el resultado de 4 (four) fertilizantes compuestos, Compomaster cacao, Bayfolan suelo azul, Compomaster 20-20-20 y Nitrofoska azul, a unas dosis de 2.40, 1.70 y 1.00 kg/ha en el aumento de los plántones de cacao usando suelos ácidos como sustrato durante 90 días en vivero. Se estimó catorce tratamientos, de los cuales, doce tratamientos de fertilización y los otros dos fueron Compost (T<sub>13</sub>) y suelo degradado (T<sub>14</sub>), los cuales fueron distribuidos al azar en cuatro bloques. Una vez finalizada la prueba se descubrió que los plántones de cacao del sustrato a base de Compost y suelo Dystropepts tenían óptimas características biométricas que los plántones de los otros tratamientos.

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Vivero**

El vivero es el lugar donde se cultivan los plántones de cacao, y es aquí donde producen las plántulas de alta calidad y cantidad requeridas para la siembra en el lugar final. El hogar debe estar cerca de una calle aledaña, donde el ingreso de materiales e insumos, además la carga directa de las plántulas debe ser fácil y debe haber una fuente de agua contiguo según (Palencia *et al.*, 2007). El tamaño del hogar está determinado primordialmente de la cantidad de plantas a producir (Vera, 1993), se debe construir en un área cercana, para independizar la zona de estar y limitar el ingreso de animales que puedan perturbar la producción y causar daños graves; contar con vías primarias y secundarias para el auto desplazamiento de las actividades productivas (Trujillo, 2002).

Los sustratos deben estar compuestos por una mezcla de materiales activos e inactivos (Ansorena, 1994), los sustratos, aportan hidratación y aire a las semillas sobre todo en el momento de la germinación; además, la textura del sustrato tiene un impacto directo en el porcentaje de germinación (Mainardi, 1980); una porción de suelo franco (oscuro) y una porción de materia orgánica descompuesta del biofermentos son necesarios para la

preparación del sustrato; este trabajo se completa un mes antes de la siembra. (Suquilanda, 2001). Para el embolsado del sustrato se realiza cuando se prepara con bolsas de polietileno negro de 12 a 14 cm de diámetro, 20 a 25 cm de alto y 2 cm. del extremo de la bolsa (Suárez, 1993).

Uno de los agentes más significativos para promover el desarrollo de las plantas es el empapamiento correcto, el cual debe controlarse al menos tres veces por cada semana, ya sea en parte de la mañana o quizás cuando se hace tarde. (Salazar, 2003).

Las hierbas malas necesitan un estrecho seguimiento y manejo en todas las etapas de la producción del vivero; se pueden controlarse por métodos químicos y manuales. Apliquemos biol enriquecido con microelementos a partir de un mes de tiempo y cada quince días, con el fin de reducir las enfermedades y las plagas (Gómez *et al.*, 2014).

### **2.2.2. Abonos orgánicos**

Los abonos orgánicos se pueden clasificar en base a su fuente primaria de nutrientes, la cual podría ser un organismo que se inocula encima un acarreador orgánico, como los biofertilizantes, donde dar nutrientes es el efecto directo de la actividad bacteriana y/o el hongo, ejemplos típicos de estos son *Rhizobium*, micorrizas, *Azotobacter*, *Bacillus*, etc. La capacidad que pueden tener los abonos orgánicos de nutrientes varía mucho, dependiendo de su fuente y el contenido de humedad; la mayor parte de Nitrógeno en abonos está en forma de compuestos orgánicos; según el Centro Internacional de Agricultura Orgánica, en 1999, promueven la diversidad de microorganismos y crean un suelo equilibrado; que favorecen la nutrición idónea de las plantas, las cuales son menos susceptibles a las plagas y a las enfermedades y así, eliminando el uso de pesticidas sintéticos; hay una reducción en los costos de fabricación evitando la erradicación de animales y organismos beneficiosos en el crecimiento de las plantas, la contaminación del medio ambiente (agua, suelos, alimentos y aire) y en consecuencia existen diversos riesgos para la salud del humano (Meléndez, 2003).

#### **2.2.2.1. Ventajas de los abonos orgánicos**

El abono orgánico incorpora los minerales, materia orgánica al suelo y nutrientes, manteniendo los nutrientes de forma permanente en el suelo, con un bajo costo para el productor y sin exposición de quemar el cultivo, sin embargo hay una descomposición gradual y lenta del abono orgánico; un mínimo gasto de agua (aspersión poco seguido de 14 a 21 días), lo que conduce a una mayor producción y utilidad del cultivo, lo que conduce al revestimiento del suelo al aumentar la fertilidad y aumento de microorganismos, con productos de dimensión homogéneos (medianos); e indirectamente hay menor cantidad de plagas, enfermedades, menor cantidad de fumigaciones y empleos (Brañes *et al.*, 2005).

### 2.2.2.2. Propiedades de los abonos orgánicos

Por sus características en composición, los abonos son formadores del humus, y optimizar al suelo con este componente, así variar algunas propiedades y caracteres del suelo como su reacción (pH), con las cargas inestables, capacidad de intercambio iónico (CIV), quelatación de elementos, disponibilidad de fósforo, magnesio, calcio y potasio, y la población microbiana, haciéndola más propia para el óptimo crecimiento y productividad de los cultivos; además en los abonos orgánicos pueden reducir la acidez intercambiable ( $Al^{3+}$  e  $H^+$ ) y Al y Fe extraíbles en los suelos ácidos que intervienen en la sujeción de los fosfatos y otros aniones, aminorando así el acceso a ellos; los beneficios que los abonos orgánicos llegan a proporcionar al suelo, se puede afirmar que éstos deben ser indispensables para el manejo y uso de dicho recurso a fin de mejorar y mantener su componente orgánico, su fertilidad química, física, y biológica y su rendimiento (Sagarpa, 2000).

### 2.2.2.3. Abono orgánico: bocashi

Es un fertilizante orgánico de ascendencia japonés, de donde proviene el nombre “bokashi” (fermentación), la diferencia de nombres más radica en los ingredientes que se utiliza para su preparación. En el pasado, los japoneses usaban sus propios estiércoles para hacer y fertilizar sus arrozales. Es un abono avinagrado orgánico algo económico, estable, y de sencilla preparación. Muchos agricultores mexicanos y latinoamericanos han ensayado este abono. El método de ejecución y los ingredientes utilizados en cada lugar cambian según las condiciones y los materiales que se encuentran fácilmente disponible en nuestra región (Cruz, 2002).

El bocashi es un biofertilizante orgánico descompuesto elaborada a raíz de desechos vegetales y excrementos de animales, se puede combinar con microorganismos muertos lo que enriquece su calidad y hace fácil la elaboración al utilizar varias clases diferentes de desechos. Dependiendo de los materiales y la situación, es posible preparar un tipo aeróbico o anaeróbico. Este abono se puede utilizar de entre 5 y 21 días después del tratamiento (fermentación), también se puede utilizar en la producción de cultivos, incluso si la materia orgánica no se ha podrido del todo. El material orgánico se utiliza como fuente de alimento para los microorganismos beneficiosos cuando se aplica al suelo, continuaran descomponiéndolo y mejorando la vida de la superficie; sin embargo es importante recordar que se deben agregar nutrientes al suelo (Shintani, 2000).

**Tabla 1.** Contenidos de nutrientes en tres formas de bocashi.

Elemento	Unidad	Cantidad 1	Cantidad 2	Cantidad 3
----------	--------	------------	------------	------------

Nitrógeno	(%)	1,18	0,96	0,93
Fósforo	(%)	0,7	0,58	0,44
Potasio	(%)	0,5	0,51	0,47
Calcio	(%)	2,05	2,26	2,58
Hierro	(mg/lt)	2034	4260	2312
Manganeso	(mg/lt)	506	495	531
Zinc	(mg/lt)	61	78	205

Elemento	Unidad	Cantidad 1	Cantidad 2	Cantidad 3
Cobre	(mg/lt)	19	33	28
Boro	(mg/lt)	14	8	f.d

f.d.= falta dato. mg/lt = p.p.m (partes por millón). Fuente: Rodríguez y Paniagua (1994).

#### 2.2.2.3.1. Ventaja del bocashi

La masa orgánica retiene un mayor contenido energético ya que no alcanza temperaturas tan altas, lo que resulta en menores pérdidas por volatilización. Asimismo, proporciona nutrición directa a las plantas (enzimas, vitaminas, aminoácidos, ácido orgánico y sustancias antioxidantes) a la par, los micro y macro organismo beneficioso se activan en el transcurso toda la fase de fermentación. Además, sirve para la creación del almacén de los agregados del suelo (Cruz, 2002).

#### 2.2.2.3.2. Desventaja del bocashi

Si el proceso de fabricación no está bien gestionado, puede tener los mismos inconvenientes que el "pre-compost". Pueden desarrollarse algunos microorganismos patógenos y dañinos, así como insectos indeseables. Los materiales inmaduros producen gases y ácidos nocivos que queman las raíces de los cultivos (Cruz, 2002).

### 2.2.3. Sustrato

Alvarado (2006) se define como cualquier material sólido que no sea suelo, natural, de síntesis o residual, orgánico o mineral, que, cuando se coloca en un recipiente, ya sea puro o mixto, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, como resultado, está actuando como sostén para la planta. El sustrato puede intervenir o no un papel en todo el proceso de nutrición mineral de la planta. La tierra mineral, por ejemplo, se ha utilizado en cultivos hortícolas desde tiempos inmemoriales, la primera fórmula construida a partir de un sustrato estándar, ocurrió en Inglaterra en la década de 1930 en el Instituto de Horticultura John Innes a través de una mezcla de fertilizantes, turba, y arena. Desde entonces, pocos componentes básicos han cambiado, pero se han utilizado muchos subproductos y desechos

industriales.

### **2.2.3.1. Funciones del sustrato**

El sustrato tiene la función de suplir ciertos requerimientos funcionales a las plantas para su desarrollo, ya sea directa o indirectamente:

- Para proporcionar a la planta el agua que requiere, el suelo debería tener una alta capacidad de absorción y retención de hidratación.
- El sustrato suministra una provisión de nutrientes minerales entre dos fertilizantes por el aporte de nutrientes absorbibles, medidos por el CIC.
- El sustrato es el ancla de la planta en el recipiente y, como tal, el sostén físico para mantenerla vertical, es necesario considerar la densidad y rigidez de la suspensión en esta función (Alvarado, 2006).

### **2.2.3.2. Componentes más empleados en la formulación de sustratos**

Los componentes de los sustratos más empleados en los viveros se clasifican en:

#### **2.2.3.2.1. Componentes orgánicos de los sustratos**

Los materiales orgánicos se utilizan en el sustrato porque contienen una alta concentración de microporos, esto se traduce en una alta capacidad de retención de agua, además, son extremadamente elásticos para soportar la compresión. Los materiales orgánicos tienen, también, una alta capacidad de intercambio catiónico y en consecuencia, pueden conservar iones nutricionales contra la lixiviación y al mismo tiempo, proporcionar amortización contra cambios rápidos de salinidad. Es probable que la proporción de materiales orgánicos varíe, dependiendo de las preferencias o necesidades del viverista, pero en promedio ronda el 60%. Las turbas son un importante material orgánico, se han formado como consecuencia de la descomposición parcial de restos vegetales acumulados en zonas húmedas con bajas temperaturas, escasa oxigenación y pocos niveles de nutrientes (Alvarado, 2006).

#### **2.2.3.2.2. Componentes inorgánicos de los sustratos**

La incorporación de material inorgánico a un sustrato, su función es producir y mantener una estructura de macroporos que aporte drenaje y aire. Muchos tienen capacidad limitada de intercambio catiónico y proporcionan una base química inerte al medio de cultivo. Tres materiales se usan común y rutinariamente en la

mezcla de sustratos; en orden de uso: vermiculita, arena y perlita (Alvarado, 2006).

#### **2.2.3.2.3. Propiedades físicas de los sustratos**

Las propiedades físicas, como la capacidad de retención de agua, el color, la densidad aparente, la textura, la porosidad, son aquellas que se pueden percibir con los sentidos. En muchos casos, las propiedades físicas, como la textura, pertenecen a los sustratos y no se pueden cambiar, si bien las propiedades químicas cambian, los sustratos a menudo se eligen en función a las propiedades físicas, porque el componente químico se puede aportar fácilmente mediante la suma de cualquier tipo de fertilizante o solución nutritiva (Alvarado, 2006).

#### **2.2.3.2.4. Propiedades químicas de los sustratos**

Hasta ahora, se ha prestado la mayor atención a las propiedades químicas de los sustratos. Estos tienen un impacto en el suministro de nutrientes a través de la capacidad de intercambio catiónico, que está fuertemente influenciada por la acidez del sustrato. Las propiedades químicas y nutricionales del sustrato pueden verse alteradas por la adición de fertilizantes. El contenido de macro y micronutrientes, la capacidad de intercambio catiónico y el pH es una de las propiedades químicas más importantes de los sustratos. Un equilibrio de estos tres factores concede tener un sustrato idóneo para el crecimiento del cultivo (Alvarado, 2006).

### **2.2.4. Indicadores de la calidad del suelo**

Navarrete *et al.* (2011) menciona que la evaluación de la calidad del suelo es un proceso de conocimiento, sobre la dinámica de las propiedades edáficas existentes en los suelos. Los indicadores de calidad del suelo deben cumplir con las siguientes condiciones: a) Que sean sencillos de calcular., b) los cambios en las funciones del suelo deben ser medidos., c) Que incluyan las propiedades químicas, físicas, y biológicas del suelo., d) Disponible a los evaluadores y aplicable en condiciones de campo., e) Sensible al cambio climático y su gestión.

#### **2.2.4.1. Indicadores físicos**

De acuerdo a Navarrete *et al.* (2011) los indicadores físicos, se utilizan, en los cálculos de la calidad del suelo, están vinculados, por una parte, hay propiedades que reflejan, cómo el suelo admite, conserva y da agua, a las plantas, y por otra parte, a las situaciones que demarcan el desarrollo de las raíces, la emergencia de las plántulas, la infiltración y el movimiento del agua, y promueve el intercambio óptimo de gases. Sagan (2002), expresa que la textura de un suelo, es la propiedad que ayuda al

suministro de los nutrientes, agua y el aire que son primordiales, para la vida de la planta. Asimismo, Chen (2000) menciona como indicadores físicos a la textura y profundidad.

Por su parte Sagan (2002), agrega que debido a que los suelos arenosos son inactivos a partir del punto de vista de la química, les falta las propiedades coloidales y de almacenar nutrientes. En términos de propiedades físicas, tienen una estructura pobre, buen flujo de aire y una alta permeabilidad y no hay retención de agua. Por otro lado, los suelos arcillosos son bastante activos desde el punto de vista químico, absorbiendo iones y moléculas, son flocculantes y se dispersan, son ricos en nutrientes, retienen mucha agua, están bien estructurados, pero son impermeables y sofocantes. Los suelos limosos tienen una estructura nula, son permeables, sin propiedades coloidales, y con mala aireación.

#### **2.2.4.2. Indicadores químicos**

De acuerdo Navarrete *et al.* (2011), entre las propiedades químicas, planteadas como indicadores, están aquellas que afecten la relación suelo/planta como: la capacidad amortiguadora del suelo, la calidad del agua, y el alcance inmediato de nutrientes, para las plantas; la amplitud del intercambio catiónico (CIC), reducen la existencia de cambios radicales en el pH, y el descenso en la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

Asimismo, según Chen (2000) y Navarrete *et al.* (2011), el contenido de materia orgánica, nitrógeno orgánico, carbono, conductividad eléctrica (C.E), pH, y el fósforo (P), nitrógeno (N), y el potasio (K) disponible se proponen como indicadores. INPOFOS (1997), menciona que la materia orgánica es alrededor del 5 % del suelo; los materiales orgánicos también contienen elementos esenciales para la planta como P, Ca, Mg, S, y micronutrientes. Estos nutrientes estarán disponibles a medida que la materia orgánica se descomponga. Declara que el nitrógeno se puede encontrar en una variedad de formas en el suelo, sin embargo, es asimilable por las plantas y los microorganismos como nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), o el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ).

El elemento fósforo, no abunda en el suelo, y su disponibilidad depende del tipo de suelo. Según Gomero (1999), el potasio, se localiza en la solución del suelo en forma del catión  $\text{K}^+$ ; el potasio intercambiable, se halla localizado alrededor de las partículas de arcilla.

#### **2.2.5. Plantas vasculares - especies indicadoras**

Ederra (1997) indica que, si se vigila alrededor notarás que las plantas, junto con muchos otros seres vivos y objetos inanimados son visibles. Si prestas atención, notarás

que las plantas no están distribuidas al azar en la tierra, sino que su presencia parece seguir ciertas reglas. Asimismo, las plantas tienen una serie de particularidades muy notable que deben ser consideradas para interpretar este orden y comprender el significado de las plantas como indicadores de la calidad de ecosistemas, entendiendo el término calidad como medida del orden o desorden de los ecosistemas. Las situaciones de contaminación son más frecuentes en las plantas vasculares, con mayor énfasis en la desaparición, presencia de especies, en la presencia de síntomas como clorosis, pudrición, etc., y dar una indicación de las especies que se pueden encontrar según los tipos de suelos, presencia de humedad, sales, etc.

Por su parte Bermúdez (2014), hace mención que las especies vegetales indicadoras de la calidad del suelo, son aquellas que ofrecen información acerca de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, como fertilidad del suelo, pH (grado de acidez), aptitud agrícola u otras.

#### **2.2.5.1. Plantas indicadoras de suelos fértiles**

Algunas especies vegetales indicadoras de suelos fértiles: a). Ortiga (*Urtica urens*), indica suelos con alto contenido de materia orgánica, es una planta comestible, b). Lengua de vaca (*Rumex crispus*), indica suelos con alto contenido de nitrógeno orgánico (Bermúdez, 2014).

#### **2.2.5.2. Plantas indicadoras de suelos pocos fértiles**

Algunas especies vegetales indicadoras de suelos pocos fértiles: a). Helecho (*Pteridium aquilinum*), que es indicadora de suelos con pH bajos y restricciones minerales, elementos no disponibles por la planta y baja fertilidad, b). Coquito (*Cyperus rotundus*), son plantas indicadoras de suelos pocos fértiles de zonas cálidas (Bermúdez, 2014).

#### **2.2.5.3. Plantas indicadoras de suelos compactos**

Algunas especies vegetales indicadoras de suelos compactos: a) Cadillo (*Cenchrus echinatus*), es indicador de suelos duros, poco oxigenados en zonas de clima cálido; b) Paja de burro (*Andropogon bicornis*), es un pasto indicador de suelos de poca aptitud agropecuaria y compactados (Bermúdez, 2014).

#### **2.2.5.4. Plantas indicadoras de suelos ricos en nitrógeno**

Algunas especies vegetales indicadoras de suelos ricos en nitrógeno: a). Ortiga (*Urtica dioica*), es señal de suelos ricos en nitrógeno, crece en lugares

húmedos con climas templados, b). Malva (*Malva sylvestris*), es señal de suelos ricos en nitrógeno, crecen en suelos arenosos (Bermúdez, 2014).

#### **2.2.5.5. Plantas indicadoras de suelos pobres en nitrógeno**

Algunas especies vegetales indicadoras de suelos pobres en nitrógeno: a). Trébol (*Trifolium pratense*), son indicadoras de suelos pobres en nitrógeno, b). Vezas (*Vicia sativa*), es una planta indicadora de suelos pobres en nitrógeno (Bermúdez, 2014).

#### **2.2.5.6. Plantas indicadoras de suelos ácidos**

Algunas especies de suelos ácidos: a). Helechos (*Pteridium aquilinum*), son indicadoras de suelos ácidos que crece en suelos húmedos con climas cálidos y fríos, b). Brezo (*Erica arborea*), es una planta indicadora de suelos ácidos que crecen en suelos secos y climas cálidos (Bermúdez, 2014).

#### **2.2.5.7. Plantas indicadoras de suelos húmedos**

Algunas especies vegetales indicadoras de suelos húmedos: a). Cola de caballo (*Equisetum arvense*), es una planta indicadora de suelos húmedos que crece en climas templados, b). Carex (*Carex buchananii*), es una planta indicadora de suelos húmedos que crece en climas cálidos o en cualquier tipo de clima (Bermúdez, 2014).

#### **2.2.5.8. Plantas indicadoras de suelos calcáreos secos**

Algunas especies vegetales indicadoras de suelos calcáreos secos: a). Amapola (*Papaver rhoeas*), es una planta indicadora de suelos calcáreos ricos en climas cálidos, b). Manzanilla (*Matricaria chamomilla*), es una planta indicadora de suelos calcáreos ricos en humus que crece en climas templados (Bermúdez, 2014).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

La presente investigación se desarrolló en el vivero “Las Heliconias” de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, el cual se ubica en la ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa; asimismo, los suelos para elaborar los sustratos se recolectaron de parcelas ubicadas en la localidad de Venenillo, distrito de Castillo Grande; ambos sitios se ubican en la provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, república del Perú.

##### 3.1.1. Localización geográfica en coordenadas UTM

La ubicación geográfica de los lugares donde se realizó la investigación tiene las siguientes coordenadas UTM:

<b>Vivero “Las Heliconias”</b>	
<b>Este</b>	390282
<b>Norte</b>	8970704
<b>Parcelas de recolección del sustrato</b>	
<b>Este</b>	379203
<b>Norte</b>	8991513

##### 3.1.2. Zona de vida

Según el Diagrama Bioclimático de Holdridge (1983) la zona de estudio se halla en la formación vegetal bosque muy húmedo Pre -montano Tropical (transicional a bosque húmedo Tropical) bmh – PT, y de acuerdo a las regiones naturales del Perú corresponde a Rupa Rupa.

##### 3.1.3. Condiciones climáticas

Considerando los datos publicados de la Estación Meteorológica José Abelardo Quiñonez (2018), el distrito de Rupa Rupa manifestó una precipitación mensual promedio de 280,1 mm; la mayor presencia de lluvias se dio en el mes de noviembre alcanzando un valor mensual de 494,1 mm; y la época más seca fue un en el mes de julio con 62,4 mm. La humedad relativa promedio fue de 84,08%.

### 3.2. Materiales y métodos

#### 3.2.1. Materiales y equipos

Se necesito como insumo de estudio semillas de cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN – 51 de 10 años de edad; para la elaboración de los sustratos, suelos extraídos de parcelas infestadas de *Cyperus rotundus* “coquito” y *Pteridium aquilinum* “macorilla”; para la fertilización se utilizó abono orgánico: bocashi. Asimismo, se utilizó diversas herramientas y equipos de vivero, así como equipos de laboratorio.

#### 3.2.2. Metodología

##### 3.2.2.1. Componentes en estudio

- **Suelos de plantas indicadoras (A)**

$A_1$  = Suelo de *Cyperus rotundus* “coquito”

$A_2$  = Suelo de *Pteridium aquilinum* “macorilla”

- **Dosis de bocashi (B)**

$B_1$  = 50%

$B_2$  = 30%

$B_3$  = 20%

$B_4$  = 0 %

##### 3.2.2.2. Tratamientos en estudio

Se establecieron un total de 08 tratamientos y 3 repeticiones.

**Tabla 2.** Distribución de tratamientos de acuerdo a los factores en estudio

Tratamientos		Descripción de los tratamientos
Clave	Interacción (AxB)	
T <sub>1</sub>	$A_1 \times B_1$	Suelo de <i>Cyperus rotundus</i> (50%) + bocashi (50%)
T <sub>2</sub>	$A_1 \times B_2$	Suelo de <i>Cyperus rotundus</i> (70%) + bocashi (30%)
T <sub>3</sub>	$A_1 \times B_3$	Suelo de <i>Cyperus rotundus</i> (80%) + bocashi (20%)
T <sub>4</sub>	$A_2 \times B_1$	Suelo de <i>Pteridium aquilinum</i> (50%) + bocashi (50%)
T <sub>5</sub>	$A_2 \times B_2$	Suelo de <i>Pteridium aquilinum</i> (70%) + bocashi (30%)
T <sub>6</sub>	$A_2 \times B_3$	Suelo de <i>Pteridium aquilinum</i> (80%) + bocashi (20%)
T <sub>7</sub>	$A_1 \times B_4$	Suelo de <i>Cyperus rotundus</i> (testigo 1)
T <sub>8</sub>	$A_2 \times B_4$	Suelo de <i>Pteridium aquilinum</i> (testigo 2)

### 3.2.2.3. Diseño experimental y tipo de experimento

Se utilizó el diseño completamente al azar (DCA) con arreglo bifactorial  $2A \times 4B$ , con los factores: suelos de plantas indicadoras (A) y dosis de bocashi (B); en el primer factor se usaron  $a_1 =$  Suelo de *Cyperus rotundus* “coquito” y  $a_2 =$  Suelo de *Pteridium aquilinum* “macorilla”; en el segundo factor se tienen las dosis  $b_1 = 50\%$ ,  $b_2 = 30\%$ ,  $b_3 = 20\%$  y  $b_4 = 0\%$ .

Asimismo, se estudiaron dos testigos, los cuales resultaron ser sustratos sin adición de bocashi encada tipo de suelo por planta indicadora, teniéndose un total de 8 tratamientos, cada uno de los cuales tuvo 10 unidades de observación (individuos) y 3 repeticiones, haciendo un total de 240 subunidades experimentales.

Toda la información recolectada de las evaluaciones se registró en una base de datos en el programa Microsoft Office Excel 2013. Dicha base de datos ha sido procesado con el software estadístico IBM SPSS, Statistics 25 para realizar el análisis de varianza (ANVA) y comparar los promedios con la prueba de homogeneidad de Duncan ( $\alpha=0,05$ ).

- **Modelo estadístico**

El modelo estadístico asociado a la distribución en un diseño completamente al azar (DCA), utilizó el modelo matemático que se muestra a continuación:

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

Donde:

$Y_{ijk}$  = Respuesta obtenida en la unidad experimental de  $h_k$ -ésima repetición de la  $j$ -ésima dosis de bocashi con el  $i$ -ésimo suelo de planta indicadora.

$\mu$  = Media poblacional general.

$\alpha_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo suelo de planta indicadora.

$\beta_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo dosis de bocashi.

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de la interacción entre el  $j$ -ésimo dosis de bocashi con el  $i$ -ésimo suelo de planta indicadora.

$\epsilon_{ijk}$  = Efecto del error aleatorio asociado a dicha observación de la  $k$ -ésima repetición del  $j$ -ésimo dosis de bocashi con el  $i$ -ésimo suelo de planta indicadora.

Para:

i = 1 y 2 suelos de plantas indicadoras.

j = 1, 2 y 3 dosis de bocashi.

k = 1, 2 y 3 repeticiones

- **Análisis de varianza**

El análisis de varianza está formado por las siguientes fuentes de variabilidad: repeticiones; tratamientos; dos factores A) suelos de plantas indicadoras y B) dosis de bocashi; la interacción entre ambos (A x B) y el error experimental, como se muestra en la (Tabla 3).

El análisis de varianza (ANVA) fue aplicado a los promedios de las variables dependientes a los 90 días de evaluación: altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, área foliar, materia seca, volumen radicular y porcentaje de mortalidad.

**Tabla 3.** Esquema del análisis de varianza del estudio

Fuente de variación	GL	SC	CM	F Cal.
A (Suelos de plantas indicadoras)	1	SC <sub>A</sub>	SC <sub>A</sub> /gl <sub>A</sub> = CM <sub>A</sub>	CM <sub>A</sub> /CM <sub>Error</sub>
B (Dosis de bocashi)	3	SC <sub>B</sub>	SC <sub>B</sub> /gl <sub>B</sub> = CM <sub>B</sub>	CM <sub>B</sub> /CM <sub>Error</sub>
AxB	1	SC <sub>AxB</sub>	SC <sub>AxB</sub> /gl <sub>AxB</sub> = CM <sub>AxB</sub>	CM <sub>AxB</sub> /CM <sub>Error</sub>
Error exp.	115	SC <sub>Error</sub>	SC <sub>Error</sub> /gl <sub>Error</sub> = CM <sub>Error</sub>	
Total	120	SC <sub>total</sub>		

- **Disposición del experimento en el vivero**

Teniendo en cuenta el diseño del experimento, los tratamientos se distribuyeron dentro de la parcela experimental en el siguiente diseño.

**Tabla 4.** Disposición experimental de los tratamientos

Tratamientos								Repetición
T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	R <sub>1</sub>
T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	R <sub>2</sub>
T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	R <sub>3</sub>

### 3.2.2.4. Variables de respuesta

- **Variables dependientes**

- Altura (cm)
- Diámetro de tallo (mm)
- Número de hojas
- Área foliar (cm<sup>2</sup>)
- Materia seca (g)
- Volumen radicular (cm<sup>3</sup>)
- Mortandad (%)

- **Variables independientes**

- Suelos de plantas indicadoras
- Dosis de bocashi

### 3.2.2.5. Procedimiento

- **Ubicación de áreas con presencia de plantas indicadoras**

En primera instancia, se identificaron áreas con la presencia de las dos especies indicadoras en el sector Venenillo; para esto se tuvo un área considerablemente mayor que presentaba infestación respectivamente de las malezas *Cyperus rotundus* “coquito” y *Pteridium aquilinum* “macorilla”. Luego, con un equipo GPS (Sistema de Posicionamiento Global) se determinó una posición georreferencial de estas plantas.

- **Demarcación del área con la presencia de plantas indicadoras**

Una vez identificada el área de las plantas indicadoras; con la ayuda de una wincha se midió de manera uniforme un área de 25 m<sup>2</sup> en cada zona que sustentan a la planta indicadora de fertilidad. Estas áreas fueron delimitadas utilizando jalones y rafia.

- **Muestreo de suelos**

Una vez demarcada el área de la planta indicadora; se realizó el muestreo del suelo en cada zona de planta indicadora; esta se efectuó en forma diagonal dentro del área delimitada (25 m<sup>2</sup>) considerando una profundidad de 20 cm. Se recolectaron tres submuestras y se mezclaron de manera uniforme en una sola muestra que representa 1,00 kg; estas muestras de suelos fueron trasladadas al laboratorio de Análisis de Suelos de la Facultad

de Recursos Naturales Renovable de la Universidad Nacional Agraria de la Selva para su posterior análisis.

- **Extracción del suelo para el sustrato**

Luego de obtener las muestras de suelos en las parcelas demarcadas de cada planta indicadora de fertilidad y de ser llevadas al Laboratorio de Análisis de Suelos para su caracterización; dentro del área demarcada (25 m<sup>2</sup>) de cada planta indicadora, se extrajo tierra para la elaboración de los sustratos donde se desarrollaron los plántones de cacao durante la etapa de vivero; esta extracción se realizó en forma diagonal, a una profundidad de 20 cm y se mezclaron en forma uniforme para ser trasladados al vivero “Las Heliconias” de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

- **Obtención de semillas de cacao**

Las semillas de cacao (*Theobroma cacao* L.) se obtuvieron de una parcela del clon CCN-51, perteneciente a un asociado de la Cooperativa Agraria Cafetalera Divisoria (Tingo María) del distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco.

- **Preparación del sustrato**

La preparación del sustrato se realizó utilizando los suelos que sustentan las plantas indicadoras de baja fertilidad: *Cyperus rotundus* “coquito” y *Pteridium aquilinum* “macorilla”; estos suelos fueron separados en dos grupos; a ambos se les tamizó y se les desinfectó con agua caliente; posteriormente se le mezcló en base a las tres dosis de bocashi (50%, 30% y 20%) y los testigos de acuerdo a la Tabla 2. La proporción de tierra y bocashi varió según la proporción. Cabe mencionar que, el bocashi fue obtenido del fundo La Alborada (Tingo María).

- **Llenado y ubicación de las bolsas en el vivero**

Habiendo obtenido la mezcla del sustrato se procedieron a rellenar las 240 bolsas de 6 x 12” (capacidad 1 kg) de forma manual, luego se acomodaron en una cama previamente acondicionada en el vivero “Las Heliconias” de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, de acuerdo al orden de los tratamientos en estudio (Tabla 4).

- **Obtención y pre germinado de la semilla**

Las semillas de cacao empleadas para el experimento se extrajeron de frutos grandes, sanos y maduros, seleccionados de la parcela de un asociado de la Cooperativa Agraria Cafetalera Divisoria (Tingo María). Posteriormente se eliminó el mucilago de las semillas frotando con aserrín. Luego se seleccionaron 2 kg de

semillas y se sometieron a un pre-germinado con aserrín fino durante cuatro días hasta la emisión de la radícula.

- **Siembra de las semillas en las bolsas**

Finalizada la pre germinación de las semillas, se escogieron 240 semillas con buena predisposición para desarrollar una buena radícula, tras lo cual se procedió a echar una semilla pre germinada por bolsa con la radícula perpendicular al sustrato a dos dedos de profundidad, luego se cubrió cada semilla al ras del sustrato.

- **Riego y control de malezas**

El riego se efectuó cada dos días, para ello se empleó una regadera para mantener la humedad adecuada en la bolsa. El primer control de malezas se realizó una semana después de la siembra de las semillas pre germinadas, y luego cada quince días para evitar la presencia de malezas.

- **Recalce de plántulas**

Actividad que se realizó con la finalidad de reponer las plantas muertas por la acción del estrés hídrico y por el tiempo que fueron expuestos al ambiente. Cabe señalar que las evaluaciones (medición de variables) se realizaron a las plántulas que no fueron recalzadas, para evitar errores estadísticos.

- **Evaluaciones registradas**

Cabe señalar que las evaluaciones se realizaron al 50% de las subunidades experimentales en cada tratamiento en estudio, teniéndose en este caso a 15 individuos/tratamiento durante las evaluaciones.

- **Altura de plantón**

Se evaluó a los 30, 60 y 90 días después de la instalación, consistió en medir la planta de cacao desde la base hasta la parte apical; es decir hasta el último brote del tallo. Para el procesamiento en cada tratamiento se consideró la suma de las alturas promedio entre el número de plantones vivos.

- **Diámetro de tallo**

Se evaluó a los 30, 60 y 90 días después de la instalación, consistió en medir con “vernier” el diámetro del tallo a una altura de 3 cm desde el nivel del suelo. El procesamiento en cada tratamiento consideró la suma de los diámetros promedio entre el número de plántones vivos.

- **Número de hojas**

Esta característica se evaluó a los 30, 60 y 90 días después de la instalación, consistió en contar el número de hojas maduras por plánton durante la evaluación.

- **Área foliar**

El área foliar se determinó a través del dibujo de la silueta de las hojas en papel milimetrado, contabilizando el área en mm<sup>2</sup> expresándose posteriormente a cm<sup>2</sup>; esta característica se evaluó al final del experimento: 90 días y se sumaron las áreas de cada hoja pertenecientes a un plánton para obtener el valor promedio. Para esto se utilizaron seis plántones por tratamiento en estudio.

- **Materia seca**

Al final del experimento se pesaron los seis plántones por tratamiento para determinar el peso fresco en una balanza digital; luego, las muestras frescas fueron llevadas a una estufa a 70 °C por 48 horas, hasta que adquirieron peso constante. Posteriormente, las muestras secas fueron pesadas en una balanza analítica, esto nos permite conocer la cantidad de biomasa producida por individuo. El porcentaje de materia seca se obtuvo mediante la siguiente Ecuación:

$$\text{Materia seca (\%)} = \frac{\text{PSPC}}{\text{PSFC}} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

PSPC = Peso seco del plantón de cacao.

PSFC = Peso fresco del plantón de cacao.

- **Longitud y volumen radicular**

La longitud se midió con una cinta métrica, desde la inserción del tallo hasta la parte terminal de las raíces, el volumen del sistema radicular se determinó utilizando probetas con agua de volumen conocido, a la cual se le introdujo el sistema radicular y por diferencia del volumen incrementado menos el volumen inicial se obtuvo el volumen de la raíz. Esto se realizó a los seis plantones destinados al análisis del área foliar y la materia seca.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Propiedades fisicoquímicas de los suelos con plantas indicadoras

Se realizó la caracterización de los parámetros físico-químicos de dos muestras de suelos infestados de las malezas: *Cyperus rotundus* “coquito” y *Pteridium aquilinum* “macorilla”; así como del bocashi, componentes que fueron empleados para la elaboración de los sustratos en estudio; así, el análisis de laboratorio detalla el siguiente registro para las muestras analizadas.

**Tabla 5.** Características fisicoquímicas de los suelos con plantas indicadoras

Parámetro	Suelo de <i>Pteridium aquilinum</i>	Suelo de <i>Cyperus rotundus</i>
Arena (%)	31	39
Arcilla (%)	40	24
Limo (%)	29	37
Textura	Franco arcilloso	Franco
pH (1:1)	4,54	4,84
Materia orgánica (%)	2,41	1,46
Nitrógeno (%)	0,12	0,07
Fósforo disponible (ppm)	2,31	2,47
Potasio disponible (ppm)	84,96	94,96
CIC	-	-
Ca (Cmol(+)/kg)	4,42	5,17
Mg (Cmol(+)/kg)	1,34	1,65
Al (Cmol(+)/kg)	9,15	0,42
H (Cmol(+)/kg)	0,95	0,18
CICe	15,86	7,42
Bas. Camb. (%)	36,3	91,91
Ac. Camb. (%)	63,7	8,09
Sat. Al. (%)	57,71	5,86

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelo, Agua y Eco toxicología de la UNAS (2019), (Anexo 80).

Se empleó el método del hidrómetro para determinar la clase textural de los suelos, así la muestra de *P. aquilinum* se clasifica como "franco arcilloso", mientras que el suelo de *C. rotundus* pertenece a la clase "franco", utilizando las categorías texturales propuestas por el USDA. Respecto al pH, con una relación suelo-agua de 1:1, los resultados indican un pH ligeramente mayor en el suelo de *C. rotundus* (4,84) en comparación con el de *P. aquilinum*

(4,54). Ambos suelos se clasifican como fuertemente ácidos, según la FAO (s.f.), ya que presentan un valor de  $\text{pH} < 5$ . Estos suelos ácidos, característicos de la zona tropical húmeda, están asociados con toxicidades y deficiencias que pueden afectar el desarrollo de las plantas. La acidificación del suelo puede ser resultado de la lixiviación, favorecida por la remoción de vegetación natural y la infestación de malezas, que aumentan el movimiento del agua superficial. Este fenómeno desplaza cationes a capas más profundas, respaldado por la presencia de aniones formando pares iónicos. Los efectos negativos de la acidez del suelo son atribuibles a sus propiedades físicas y químicas. Para contrarrestar este desequilibrio, se propone la adición de materia orgánica al suelo, ya que, según Espinosa y Molina (1999), este aporte de  $\text{H}^+$  reduce el pH y el bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) se combina con los cationes básicos, creando condiciones favorables para el control de la acidez. Controlar el nivel de acidez es crucial para la producción de plantas, dado que el pH afecta la solubilidad de sustancias minerales en el agua. Gracia (2012) advierte sobre la importancia de evitar valores extremadamente altos o bajos, ya que pueden convertirse en un factor limitante para la absorción de sustancias minerales por las plantas.

Mediante el método de Walkey y Black, se cuantificó la materia orgánica (M.O.), teniéndose que *P. aquilinum* exhibió un 2,41% de M.O., considerado nivel medio, mientras que *C. rotundus* mostró un 1,46%, indicando una baja concentración de carbono y clasificándose según Benzing (2001) como "suelo pobre" y "suelo medio", respectivamente. Este desequilibrio afecta la estructura del suelo, disminuye la infiltración de agua, provocando baja humedad, fragilidad ante la erosión y escasa disponibilidad de nutrientes. La escasez de M.O., atribuida a la mineralización y falta de aportes biológicos, según Gracia (2012), puede corregirse mediante la adición de diversas formas de materia orgánica. Julca *et al.* (2006) respaldan que la materia orgánica fortalece la capacidad de cambio del suelo, la reserva de nutrientes, y la capacidad tampón, beneficiando la acción de abonos minerales y el crecimiento vegetal. Además, contribuye a procesos de mineralización, desarrollo de cobertura vegetal, alimenta microorganismos y estimula el crecimiento de las plantas.

El contenido de nitrógeno se analizó mediante el método de Micro Kjeldahl, revelando una concentración mayor en el suelo de *P. aquilinum* (0,12%), considerado de nivel medio, en comparación con el suelo de *C. rotundus* que registró un 0,07%, clasificado como nivel bajo según Benzing (2001). Estos resultados son fundamentales para entender los requerimientos específicos de nitrógeno para el crecimiento de plantas, ya que este elemento desempeña un papel crucial en el desarrollo vegetativo y reproductivo, regulando el equilibrio

a través de la relación C/N, según Rodríguez (1991). Sin embargo, es importante tener precaución con el exceso de complejos de nitrógeno, como el amonio  $\text{NH}_4^+$ , que, aunque absorbido por las plantas como en el caso del cacao, puede incrementar la acidez del suelo. Este fenómeno está vinculado al comportamiento del nitrógeno en relación con el pH, ya que la nitrificación libera iones  $\text{H}^+$ , aumentando la acidez, como señala Yakabi (2014). Cabe destacar que esta relación no se verifica en los suelos estudiados, donde se observa deficiencia en los niveles encontrados, indicando la necesidad de considerar cuidadosamente la gestión del nitrógeno en la producción agrícola.

La disponibilidad de fósforo y potasio, así como la capacidad de intercambio catiónico (CIC) en suelos de *P. aquilinum* y *C. rotundus*, se analizó mediante métodos específicos. Ambos suelos presentaron bajos niveles de fósforo, categorizados como de "baja disponibilidad" por Benzing (2001), con valores de 2,31 ppm y 2,47 ppm, respectivamente. La adición de fósforo, según Gomero y Velásquez (1999), puede realizarse de forma orgánica o mineral, ya que influye en el crecimiento vegetativo y reproductivo a través de la relación C/N, como indicó Rodríguez (1991).

En cuanto al potasio disponible, ambos suelos fueron clasificados como de "baja disponibilidad" (94,96 ppm para *C. rotundus* y 84,96 ppm para *P. aquilinum*) por Benzing (2001). A pesar de sus altos niveles, se recomienda la adición de potasio, según Gomero y Velásquez (1999). La CIC, determinada por el método del acetato de amonio 1N - pH 7.0, reveló valores de 15,86 para *P. aquilinum* y 7,42 para *C. rotundus*, ambos clasificados como de "nivel medio" según Benzing (2001).

La CIC afecta la disponibilidad de nutrientes y la humedad, con predominancia de ácidos cambiabiles en *Pteridium aquilinum* y bases cambiabiles en *C. rotundus*. La relación entre cationes influye en la asimilación de nutrientes por las plantas, según Arvildo (2009), y el equilibrio en la CIC favorece la disponibilidad de fósforo, calcio y magnesio, así como procesos biológicos en la descomposición de materia orgánica y transformaciones de nitrógeno, fósforo y azufre. La saturación del complejo de intercambio en suelos ácidos puede afectar la disponibilidad de fósforo, según Meiwes y Meesenburg (2004). Estos resultados guardan ciertas similitudes con los reportes de Ruiz *et al.* (2014), el cual detalla que en suelos infestados de *P. aquilinum* en la zona de Tingo María, encontraron niveles bajos de potasio, en contraste, niveles altos de nitrógeno y fosforo, la materia orgánica con un nivel medio y un pH fuertemente ácido a diferentes profundidades de muestreo.

El bocashi presenta una composición física con un contenido de humedad del 11,56% y un 88,44% de materia seca, mientras que los valores de materia orgánica en base húmeda y seca son del 39,94% y 41,20%, respectivamente. En términos químicos, se destaca la presencia significativa de nutrientes, con porcentajes de N, P, Ca, Mg, K y Na de 1,307%, 0,253%, 2,641%, 0,384%, 0,259% y 1,440%, respectivamente. Además, se registran valores de Fe, Mn, Zn y Cu en partes por millón (ppm) de 1989,30, 603,57, 168,75 y 32,68, respectivamente. La aplicación de bocashi, demuestra una mejora de la calidad del sustrato al incorporar sustancias húmicas que estimulan la nutrición de los plántones de cacao. Investigaciones anteriores, como la de Katkat *et al.* (2009), respaldan la influencia positiva del bocashi en suelos ácidos, evidenciando incrementos proporcionales en variables biométricas con mayores dosis aplicadas. El bocashi representa una fuente esencial de aportes nutricionales para los suelos estudiados, aunque se destaca la necesidad de adaptar planes de fertilización específicos durante la fase de vivero, basándose en análisis fisicoquímicos del sustrato. La aplicación de la Ley de Liebig o del Mínimo es de importancia, ya que la insuficiencia de un elemento asimilable en el suelo puede afectar la eficiencia de otros, disminuyendo así el crecimiento de la producción de plántones de cacao.

**Tabla 6.** Caracterización nutricional del bocashi

<b>Parámetro</b>	<b>Abono orgánico: bocashi</b>
Materia seca (%)	90,49
Humedad (%)	9,51
Ceniza en base húmeda (%)	54,99
Materia orgánica en base húmeda (%)	35,49
Ceniza en base seca (%)	60,77
Materia orgánica en base seca (%)	39,23
Nitrógeno (%)	1,407
Fósforo (%)	0,233
Calcio (%)	2,341
Magnesio (%)	0,334
Potasio (%)	0,289
Sodio (%)	1,240
Fierro (ppm)	2023,12
Manganeso (ppm)	597,48
Zinc (ppm)	154,43
Cobre (ppm)	30,62

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelo, Agua y Eco toxicología de la UNAS (2019), (Anexo 81).

## 4.2. Efecto en el crecimiento de plántones de *Theobroma cacao* L. en fase de vivero

A partir de los suelos y del abono orgánico (bocashi) identificados, se elaboraron sustratos para conocer así el efecto de esta interacción en los parámetros biométricos de plántones de cacao; en ese sentido, a continuación, se detallan los diversos registros para cada variable durante la fase de vivero:

### 4.2.1. Altura de plantón

En la Tabla 7 se muestran los resultados del análisis de varianza de la variable altura de planta, se observa que existen diferencias altamente significativas durante el experimento, durante las distintas evaluaciones.

**Tabla 7.** Análisis de varianza de la altura de plantón (cm) de *Theobroma cacao* L. a los 30, 60 y 90 días después de la siembra

FV	GL	30 días		60 días		90 días	
		CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.
Factor (A)	1	27,265	0,000066 (AS)	127,514	0,000000 (AS)	75,525	0,000230 (AS)
Factor (B)	3	74,020	0,000000 (AS)	193,250	0,000000 (AS)	688,767	0,000000 (AS)
A x B	1	24026,7	0,000000 (AS)	37111,384	0,000000 (AS)	59585,63	0,000000 (AS)
Error	115	1,589		1,284		5,22	
CV		8,91%		6,44%		10,25%	

Total 120

AS: Existió alta significancia estadística al 5% de probabilidad; CV: Coeficiente de variación.

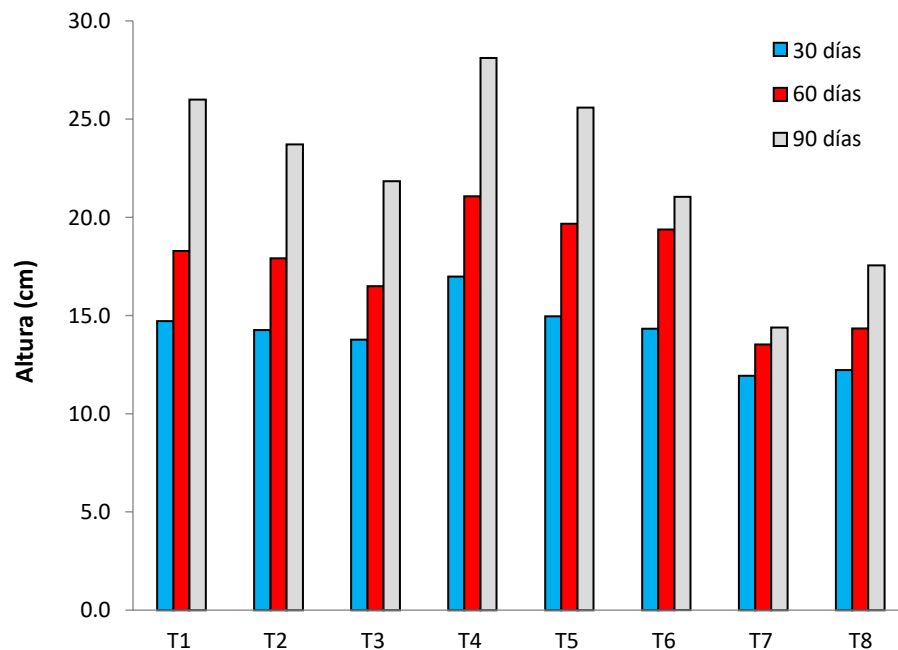
Esto indica que al menos en uno de los tratamientos el plantón obtendrá mayor valor de altura que los demás; así, este efecto se debería al aporte nutricional que posee el bocashi, ya que en su interior existe amplia disponibilidad de materia orgánica; en ese sentido, esta adición de materia orgánica, tal como lo indica Benzing (2001), contribuye a subir la capacidad de tampón y regular el pH en los sustratos; coincidiendo con Martínez (2004), quien señala que los abonos orgánicos, primero activan y luego aumentan la cantidad de microorganismos benéficos del suelo para después mejorar sus condiciones nutricionales, facilitando la absorción de nutrientes produciendo efectos positivos en la multiplicación celular de las plantas (Tabla 7).

La prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) de la altura de plantón de acuerdo a los tratamientos, realizado a todos los valores registrados a los 30, 60 y 90 días después de la siembra, muestra diferencias significativas en cada periodo de evaluación (Tabla 8).

**Tabla 8.** Prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para la altura de plantón (cm) de *Theobroma cacao* L. por tratamientos, a los 30, 60 y 90 días después de siembra

30 días			60 días			90 días		
Clave	cm	Sig.*	Clave	cm	Sig.*	Clave	cm	Sig.*
T <sub>7</sub>	11,94	a	T <sub>7</sub>	13,53	a	T <sub>7</sub>	14,4	a
T <sub>8</sub>	12,22	a	T <sub>8</sub>	14,34	b	T <sub>8</sub>	17,56	b
T <sub>3</sub>	13,77	b	T <sub>3</sub>	16,49	c	T <sub>6</sub>	21,03	c
T <sub>2</sub>	14,27	bc	T <sub>2</sub>	17,91	d	T <sub>3</sub>	21,85	c
T <sub>6</sub>	14,33	bc	T <sub>1</sub>	18,29	d	T <sub>2</sub>	23,71	d
T <sub>1</sub>	14,71	bc	T <sub>6</sub>	19,37	e	T <sub>5</sub>	25,59	e
T <sub>5</sub>	14,97	c	T <sub>5</sub>	19,67	e	T <sub>1</sub>	26,00	e
T <sub>4</sub>	16,99	d	T <sub>4</sub>	21,08	f	T <sub>4</sub>	28,12	f

\*Los valores en columna representados por la misma letra no presentan significación estadística. Las letras representan grupos de medias estadísticamente iguales.



**Figura 1.** Altura de plantones (cm) de *Theobroma cacao* L. por tratamientos

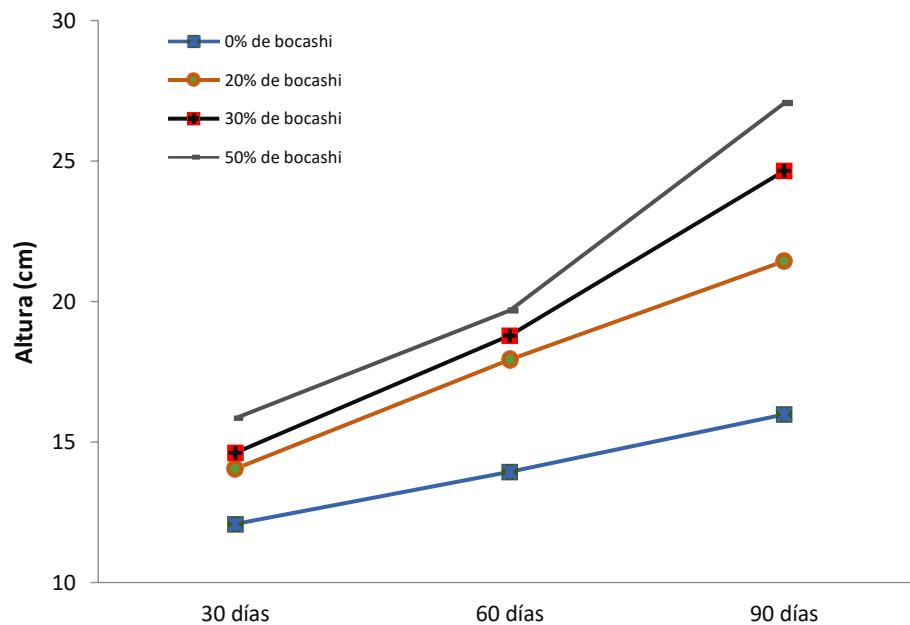
En la evaluación desarrollada a los 30 días después de la siembra, se observa que el T<sub>4</sub> alcanzó la mayor altura de plantón con 16.99 cm; en contraste, el T<sub>7</sub> con un valor de 11,94 cm es el menor registro. A los 60 días después de la siembra, se observa un comportamiento bastante parecido, el T<sub>4</sub> registra la mayor altura de plantón con 21,08 cm, seguidamente de los T<sub>5</sub>, T<sub>6</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>; el T<sub>3</sub>, los T<sub>8</sub> y T<sub>7</sub>, alcanzaron las alturas de menor valor. En el análisis desarrollado a los 90 días después de la siembra, se observa que, al igual que las

anteriores evaluaciones, el T<sub>4</sub> alcanzó el mayor valor para la altura de plantón con 28,12 cm; contrariamente, los T<sub>8</sub> (17,56 cm) y T<sub>7</sub> (14,4 cm) alcanzaron una altura relativamente menor a los demás tratamientos (Figura 1).

**Tabla 9.** Prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para la altura de plantón (cm) de *Theobroma cacao* L. por dosis de bocashi

Factor B	30 días		60 días		90 días	
	cm	Sig.*	cm	Sig.*	cm	Sig.*
0% de bocashi	12,080	a	13,933	a	15,980	a
20% de bocashi	14,053	b	17,933	b	21,440	b
30% de bocashi	14,617	b	18,790	c	24,650	c
50% de bocashi	15,850	c	19,687	d	27,060	d

\*Los valores en columna representados por la misma letra no presentan significación estadística. Las letras representan grupos de medias estadísticamente iguales.



**Figura 2.** Altura de plantones (cm) de *Theobroma cacao* L. por dosis de bocashi

En la Tabla 9 mostramos la prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) del Factor B (dosis de bocashi), los que fueron utilizados para el análisis de la altura de plantón durante todo el experimento, observándose diferencias estadísticas en cada periodo de evaluación. En líneas generales, la dosis de aplicación de 50% de bocashi mostró los mayores valores para la altura en los plantones de cacao, teniéndose como promedio 15,85 cm, 19,687 cm y 27,060 cm para los 30, 60 y 90 días a la siembra respectivamente. En contraste, los suelos sin aplicación de

bocashi, presentaron los menores registros, teniéndose 12,08 cm, 13,93 cm y 15,98 cm para los 30, 60 y 90 días de evaluación respectivamente (Figura 2).

El sustrato del T<sub>4</sub> exhibe la mayor altura de planta (28,12 cm); respaldado por la prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) respecto a las dosis de bocashi, donde se obtuvo que con 50% de bocashi la planta alcanza la mayor altura (27,06 cm). Este resultado coincide con Pisco (2018), cuyo estudio con compost y suelos ácidos, obtuvo un mayor valor de 29,93 cm a los 90 días, mientras su testigo registró el menor valor de 17,0 cm, similar a los 14,4 cm para el tratamiento testigo con *C. rotundus* y 17,56 cm para *P. aquilinum* del presente estudio. Se tienen similitudes con el estudio de Calle (2005), quien logró 37,8 cm a los 138 días con tierra agrícola + bocashi. También con Sajami (2013) quien muestra un aumento en la altura de plantón a mayor aplicación de biofermento, respaldando la relación entre nutrientes y crecimiento. Es importante mencionar las similitudes con Cabrera (2009) quien obtuvo 36,87 cm a los 150 días con compost, con Merino (2013) quien registró 35,4 cm a los 112 días con bocashi. Aunque al compararse con Gonzales (2018) el cual logró 18,74 cm a los 90 días con bocashi y tierra, nuestras cifras difieren, atribuibles a condiciones climáticas y el tipo de clon. Así, los plantones producidos con mayores dosis de bocashi cumplirán con el requerimiento de altura para su instalación en campo definitivo, según Cuvi *et al.* (2013), bajo condiciones de vivero el tamaño de los plantones de cacao debe oscilar entre 30 a 35 cm para ser sembrados.

#### 4.2.2. Diámetro de tallo

El análisis de varianza para el diámetro de tallo muestra diferencias altamente significativas durante cada periodo de evaluación para los dos factores en estudio, así como para sus interacciones (Tabla 10).

**Tabla 10.** Análisis de varianza del diámetro de tallo (mm) por plantón de *Theobroma cacao* L. a los 30, 60 y 90 días después de la siembra

FV	GL	30 días		60 días		90 días	
		CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.
Factor (A)	1	4,84	0,000034 (AS)	11,041	0,000000 (AS)	9,352	0,000000 (AS)
Factor (B)	3	3,315	0,000000 (AS)	5,527	0,000000 (AS)	11,985	0,000000 (AS)
A x B	1	1000,519	0,000000 (AS)	1647,243	0,000000 (AS)	2721,769	0,000000 (AS)
Error	115	0,26		0,27		0,306	
CV		17,66%		14,02%		11,62%	
Total	120						

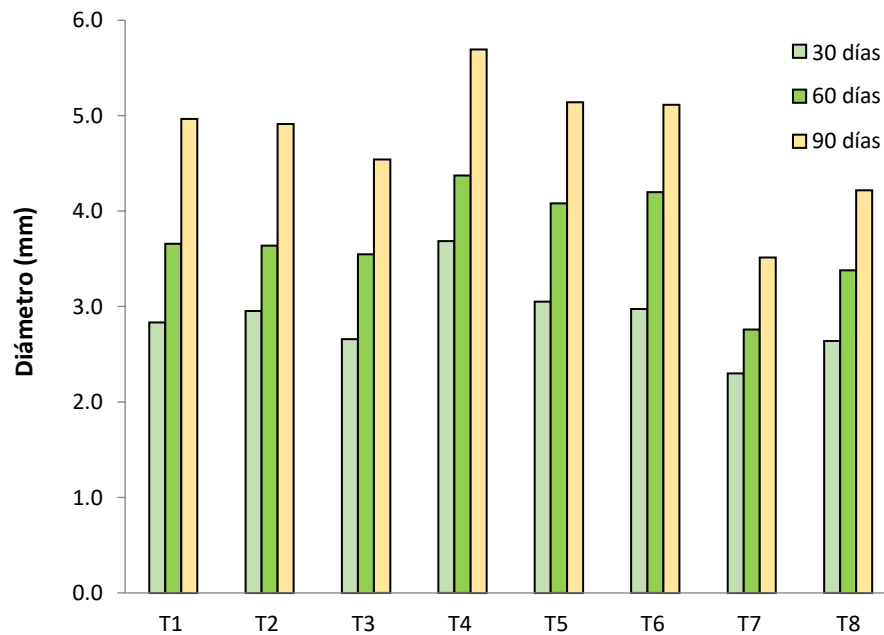
AS: Existió alta significancia estadística al 5% de probabilidad; CV: Coeficiente de variación.

En la Tabla 11 se muestra la prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para el diámetro de tallo de acuerdo a los tratamientos en estudio; así, el análisis estadístico desarrollado a los 30, 60 y 90 días después de la siembra, demuestra que existieron diferencias significativas entre los factores y la interacción de los mismos; teniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 11.** Prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para el diámetro de tallo (mm) de plantón de *Theobroma cacao* L. por tratamientos, a los 30, 60 y 90 días después de siembra

30 días			60 días			90 días		
Clave	mm	Sig.*	Clave	mm	Sig.*	Clave	Mm	Sig.*
T <sub>7</sub>	2,33	a	T <sub>7</sub>	2,76	a	T <sub>7</sub>	3,51	a
T <sub>8</sub>	2,64	ab	T <sub>8</sub>	3,38	b	T <sub>8</sub>	4,22	b
T <sub>3</sub>	2,66	abc	T <sub>3</sub>	3,55	b	T <sub>3</sub>	4,54	bc
T <sub>1</sub>	2,83	bc	T <sub>2</sub>	3,64	b	T <sub>2</sub>	4,91	cd
T <sub>2</sub>	2,95	bc	T <sub>1</sub>	3,66	b	T <sub>1</sub>	4,97	d
T <sub>6</sub>	2,97	bc	T <sub>5</sub>	4,08	c	T <sub>6</sub>	5,11	d
T <sub>5</sub>	3,05	c	T <sub>6</sub>	4,2	c	T <sub>5</sub>	5,14	d
T <sub>4</sub>	3,69	d	T <sub>4</sub>	4,37	c	T <sub>4</sub>	5,69	e

\*Los valores en columna representados por la misma letra no presentan significación estadística. Las letras representan grupos de medias estadísticamente iguales.



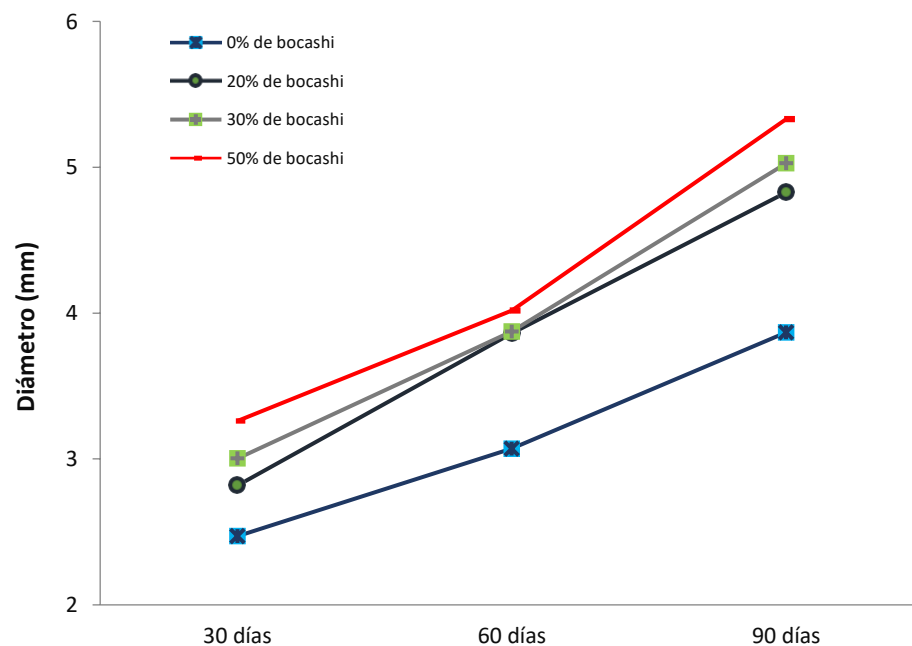
**Figura 3.** Diámetro del tallo de plántones (mm) de *Theobroma cacao* L. por tratamientos

En el análisis desarrollado a los 30 días después de la siembra, se observa que el T<sub>4</sub> alcanzó el mayor promedio para el diámetro de tallo con 3,69 mm, contrariamente el T<sub>7</sub> con 2,3 mm es el menor valor registrado. Durante la evaluación a los 60 días después de la siembra, se observa también que, el T<sub>4</sub> alcanzó el mayor diámetro de tallo con un valor de 4,37 mm; al contrario, los tratamientos sin adición del abono agrícola presentaron los menores valores, teniendo los T<sub>8</sub> y T<sub>7</sub> con 3,38 mm y 2,76 mm respectivamente. En el análisis desarrollado a los 90 días después de la siembra, al igual que las evaluaciones anteriores, se observa que el T<sub>4</sub> registró el mayor diámetro de tallo con 5,69 mm en promedio. Asimismo, los tratamientos sin adición de bocashi, los T<sub>8</sub> y T<sub>7</sub>, al final del experimento, fueron los que alcanzaron los menores promedios con 4,22 mm y 3,51 mm respectivamente (Figura 3).

**Tabla 12.** Prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para el diámetro de tallo (mm) por plantón de *Theobroma cacao* L. por dosis de bocashi

Factor B	30 días		60 días		90 días	
	mm	Sig.*	mm	Sig.*	mm	Sig.*
0% de bocashi	2,470	a	3,070	a	3,867	a
20% de bocashi	2,817	b	3,860	b	4,827	b
30% de bocashi	3,003	bc	3,873	b	5,027	b
50% de bocashi	3,260	c	4,017	b	5,330	c

\*Los valores en columna representados por la misma letra no presentan significación estadística. Las letras representan grupos de medias estadísticamente iguales.



**Figura 4.** Diámetro del tallo (mm) de plantones de *Theobroma cacao* L. por dosis de bocashi

En la Tabla 12 se muestra para el Factor B (dosis de bocashi) que fueron utilizados para el análisis del diámetro de tallo durante todo el experimento, teniéndose diferencias significativas en cada periodo de evaluación. Existe evidencia que, los valores del diámetro del tallo muestran un comportamiento lineal con la cantidad de bocashi, así, para el nivel de 50% se tienen los mayores valores, siendo de 3,26 mm, 4,017 mm y de 5,330 mm para los 30, 60 y 90 días después de la siembra respectivamente. Los menores registros se tienen en los tratamientos sin adición del bocashi (Figura 4).

El T<sub>4</sub> registra el mayor diámetro de plantón (5,69 mm), reforzando este resultado con la prueba Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) respecto a las dosis de bocashi, en donde se obtuvo que con 50% de bocashi el diámetro de plantón es mayor (5,33 mm), estos valores son comparables a los encontrados por Gonzales (2018) con tierra agrícola + bocashi (5:1) a los 90 días (5,92 mm) y a los registros de Pisco (2018) con compost agrícola (5,53 mm). En contraste, Merino (2013) obtuvo un promedio de 7,3 mm para el tratamiento de bocashi, atribuible al nivel de descomposición de ácidos húmicos en el bocashi. Los ácidos húmicos, influyentes en la fertilidad del suelo y la absorción de nutrientes, coinciden con la influencia observada en el crecimiento y desarrollo óptimo de la planta en este estudio. En líneas generales, la aplicación de mayor cantidad de bocashi en suelo ácido muestra mejores resultados en altura y diámetro de plantón a los 90 días. Sin embargo, estos valores dependen de factores como la calidad del riego, niveles de humedad, calidad del suelo, fertilización y el clon utilizado, siendo representativos para el patrón CCN-51 en estas condiciones de producción en vivero.

#### 4.2.3. Número de hojas

El análisis de varianza para el número de hojas de los plantones, detalla que no existen diferencias significativas entre los suelos de plantas indicadoras (factor A) durante las tres evaluaciones; en contraste, con la dosis de bocashi (factor B) donde se presentaron diferencias significativas entre los 30 días después de la siembra, y diferencias muy significativas a los 60 y 90 días. Asimismo, la interacción de ambos factores mostró altas diferencias durante las 03 evaluaciones (Tabla 13).

**Tabla 13.** Análisis de varianza del número de hojas (Nº) en los plantones de *Theobroma cacao* L. a los 30, 60 y 90 días después de la siembra

FV	GL	30 días		60 días		90 días	
		CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.
Factor (A)	1	0.3	0.607000 (NS)	0.075	0.883800 (NS)	16.875	0.090930 (NS)

FV	GL	30 días		60 días		90 días	
		CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.
Factor (B)	3	4,411	0,011000 (S)	29,519	0,000040 (AS)	54,742	0,000010 (AS)
A x B	1	1598,7	0,000000 (AS)	5950,208	0,000000 (AS)	9630,208	0,000000 (AS)
Error	115	1,128				5,806	
CV		29,10%		26,56%		26,90%	
Total	120						

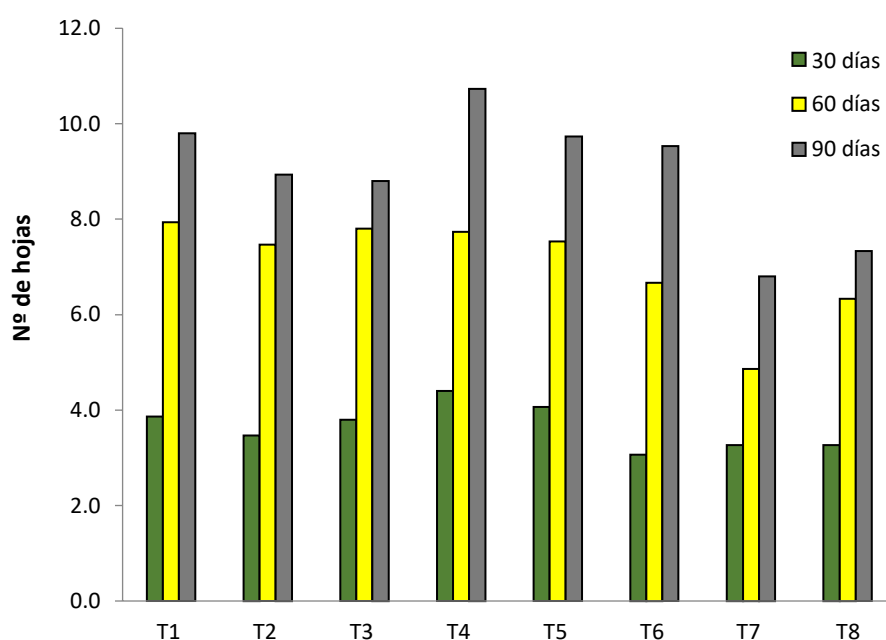
NS: No existió significancia estadística; S: Existió significancia estadística al 5% de probabilidad; AS: Existió alta significancia estadística al 5% de probabilidad; CV: Coeficiente de variación

En la Tabla 14, se muestran para el número de hojas para los tratamientos en estudio; así, el análisis desarrollado a los 30, 60 y 90 días después de la siembra muestran que existieron diferencias notables en cada evaluación. En el análisis desarrollado a los 30 días después de la siembra, se denota que el T<sub>4</sub> posee el mayor número de hojas por plantón, con un promedio de 4.4 hojas, siendo el T<sub>6</sub> con 3,07 hojas en promedio respectivamente. A los 60 días después de la siembra, se observa que el T<sub>1</sub> registró el mayor promedio en el número de hojas (7.93 hojas), en contraste, se encuentra un valor significativamente inferior en el T<sub>7</sub> en comparación de los demás, con 4.87 hojas. A los 90 días se detalla que el T<sub>4</sub> registró el mayor promedio (10.73 hojas), puede notarse que los T<sub>8</sub> y T<sub>7</sub> son los de menor promedio (7,33 y 6,8 hojas respectivamente), los mismos que representan a los tratamientos testigos (sin adición de bocashi) (Figura 5).

**Tabla 14.** Prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para el número de hojas por plantón (N°) de *Theobroma cacao* L. por tratamientos, a los 30, 60 y 90 días después de la siembra

30 días			60 días			90 días		
Clave	N°	Sig.*	Clave	N°	Sig.*	Clave	N°	Sig.*
T <sub>6</sub>	3,07	a	T <sub>7</sub>	4,87	a	T <sub>7</sub>	6,8	a
T <sub>7</sub>	3,27	ab	T <sub>8</sub>	6,33	b	T <sub>8</sub>	7,33	ab
T <sub>8</sub>	3,27	ab	T <sub>6</sub>	6,67	bc	T <sub>3</sub>	8,8	bc
T <sub>2</sub>	3,47	ab	T <sub>2</sub>	7,47	bc	T <sub>2</sub>	8,93	bc
T <sub>3</sub>	3,8	abc	T <sub>5</sub>	7,53	bc	T <sub>6</sub>	9,53	c
T <sub>1</sub>	3,87	abc	T <sub>4</sub>	7,73	bc	T <sub>5</sub>	9,73	c
T <sub>5</sub>	4,07	bc	T <sub>3</sub>	7,8	bc	T <sub>1</sub>	9,8	c
T <sub>4</sub>	4,4	c	T <sub>1</sub>	7,93	c	T <sub>4</sub>	10,73	c

\*Los valores en columna representados por la misma letra no presentan significación estadística. Las letras representan grupos de medias estadísticamente iguales.



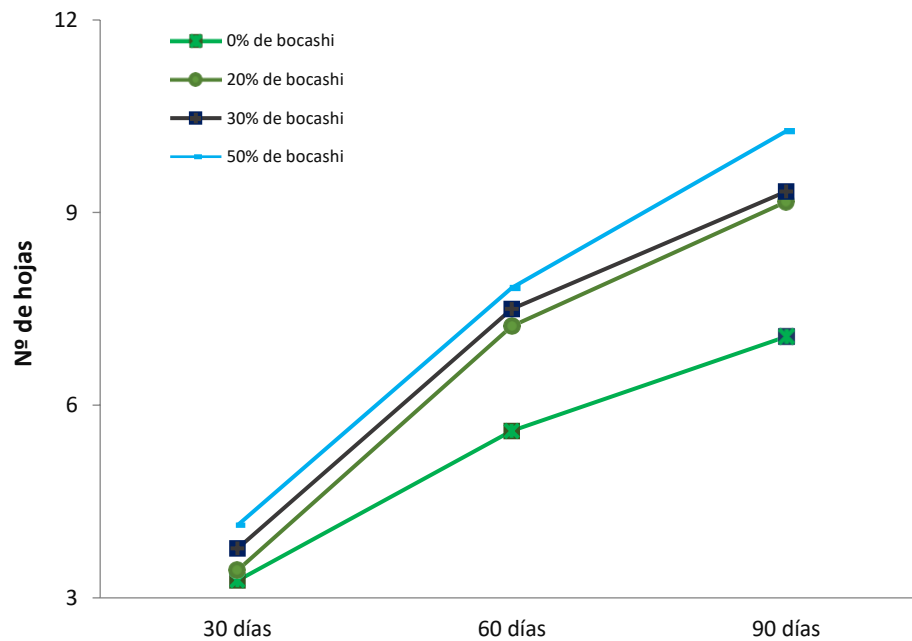
**Figura 5.** Nº de hojas en plántones de *Theobroma cacao* L. por tratamientos durante la fase de vivero

En la Tabla 15 se muestra la prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) del factor B (dosis de bocashi) para el número de hojas durante el experimento, de esto se denota que existen diferencias significativas en cada periodo de evaluación, agrupándose en dos grupos sub homogéneos. Se evidencia un comportamiento lineal entre el número de hojas y el nivel de bocashi aplicado en los sustratos; así, en la dosis de 50% se observan los mayores valores (4,130; 7,830 y 10,270 hojas en promedio para los 30, 60 y 90 días después de la siembra respectivamente); en contraste, los tratamientos sin adición del abono orgánico, mostraron los menores valores promedio (Figura 6).

**Tabla 15.** Prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) para el número de hojas (Nº) por plantón de *Theobroma cacao* L. por dosis de bocashi

Factor B	30 días		60 días		90 días	
	Nº	Sig.*	Nº	Sig.*	Nº	Sig.*
0% de bocashi	3,270	a	5,600	a	7,070	a
20% de bocashi	3,430	a	7,230	b	9,170	b
30% de bocashi	3,770	ab	7,500	b	9,330	b
50% de bocashi	4,130	b	7,830	b	10,270	b

\*Los valores en columna representados por la misma letra no presentan significación estadística. Las letras representan grupos de medias estadísticamente iguales.



**Figura 6.** Nº de hojas en plántones de *Theobroma cacao* L. por dosis de bocashi

El ANVA revela que los suelos de plantas indicadoras (A) no inciden significativamente en el número de hojas de los plántones, mientras que el factor dosis de bocashi (B) muestra diferencias notables a los 60 y 90 días, con solo una diferencia significativa a los 30 días. A los 90 días, el sustrato del T<sub>4</sub> presenta el mayor número de hojas en los plántones (10,73), reforzando este resultado con la prueba Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) respecto a las dosis aplicadas de bocashi, donde se tiene que con 50% de bocashi se registra el mayor número de hojas (10,27); Estos resultados coinciden con Calle (2005), quien a los 138 días obtuvo 11,5 hojas/plánton con tierra + bocashi (2:1), posiblemente debido a similitudes climáticas y composición del sustrato. También con los resultados de Pisco (2018) quien con sustrato degradado registró 7.90 hojas/plánton a los 90 días, y los tratamientos testigos de esta investigación (*C. rotundus* y *P. aquilinum*) mostraron 6.8 y 7.33 hojas a los 90 días respectivamente. Asimismo, con los reportes de Gonzales (2018) quien obtuvo 6,59 hojas a los 90 días, y con los de Merino (2013) quien registró 16,4 hojas en el tratamiento de bocashi, indicando variabilidad asociada a elementos, métodos y épocas de evaluación. Cabe destacar que el estudio de Gracia (2012) señala que el bocashi mejora propiedades del suelo, coincidiendo con los resultados de altura, diámetro y número de hojas. En suelos ácidos, de acuerdo a Borie *et al.* (1992), los fosfatos asimilables se mezclan con el aluminio, el hierro y con distintos hidróxidos (Fe, Al, etc.), existiendo una deficiencia de magnesio en los plántones, esto se evidencia dada la formación de clorosis típica causada por la falta de este elemento, el cual es fundamental para la

fotosíntesis, esto hace que se disminuya los fotoasimilados encargados de la creación de nuevas hojas.

#### 4.2.4. Área foliar

En la Tabla 16 se muestran los resultados del análisis de varianza del área foliar de los plántones de cacao a los 90 días después de la siembra; puede evidenciarse que, no existen diferencias significativas respecto al factor A; a diferencia del factor B y de la interacción de ambos factores, donde se observan altas diferencias estadísticas.

**Tabla 16.** Análisis de varianza del área foliar (cm<sup>2</sup>) de plántones de *Theobroma cacao* L. a los 90 días después de la siembra

FV	GL	Área foliar	
		CM	Sig.
Suelos de plantas indicadoras (A)	1	184375,63	0,050907 (NS)
Dosis de bocashi (B)	3	380467,38	0,000177 (AS)
A x B	1	46512703,13	0,000000 (AS)
Error	43	45708,99	
CV		21,72%	
Total	48		

NS: No existió significancia estadística; AS: Existió alta significancia estadística al 5% de probabilidad; CV: Coeficiente de variación

La prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para el área foliar de los plántones a los 90 días después de la siembra detalla que existen diferencias significativas respecto a los tratamientos; así, el T<sub>4</sub> alcanzó el mayor área foliar con un valor promedio de 1255,5 cm<sup>2</sup>, seguido de los T<sub>5</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>6</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>8</sub> y T<sub>7</sub> con 1187,57 cm<sup>2</sup>, 1028,68 cm<sup>2</sup>, 1025,08 cm<sup>2</sup>, 988,68 cm<sup>2</sup>, 928,12 cm<sup>2</sup>, 753,7 cm<sup>2</sup> y 707,75 cm<sup>2</sup> respectivamente (Tabla 17).

**Tabla 17.** Prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para área foliar (cm<sup>2</sup>) por plántón de *Theobroma cacao* L. por tratamientos, a los 90 días después de siembra en fase de vivero

Clave	cm <sup>2</sup>	Sig.*
T <sub>7</sub>	707,75	a
T <sub>8</sub>	753,7	ab
T <sub>2</sub>	928,12	abc
T <sub>6</sub>	988,68	bcd
T <sub>3</sub>	1025,08	cd
T <sub>1</sub>	1028,68	cd

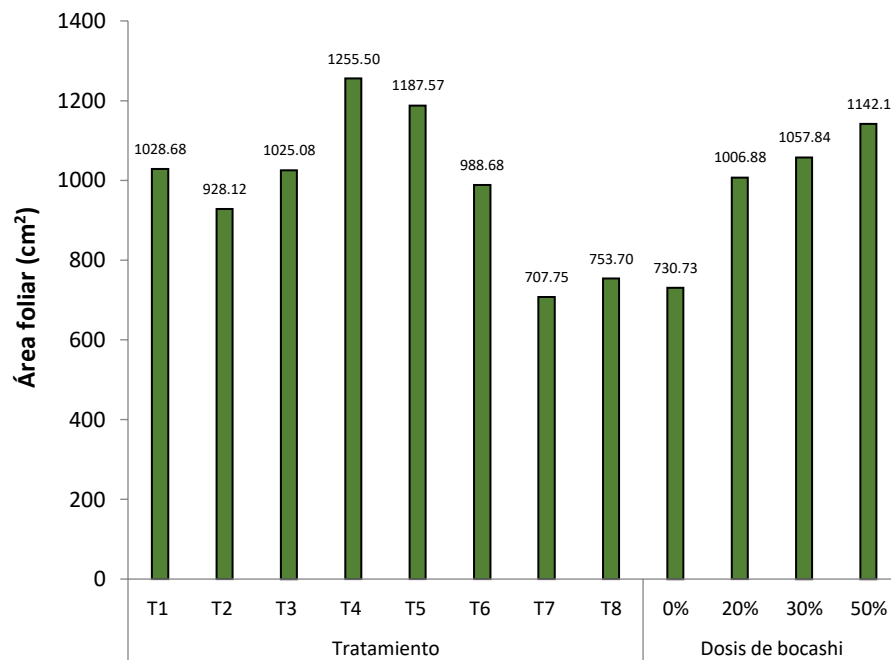
Clave	cm <sup>2</sup>	Sig.*
T <sub>5</sub>	1187,57	cd
T <sub>4</sub>	1255,5	d

\*Los valores en columna representados por la misma letra no presentan significación estadística. Las letras representan grupos de medias estadísticamente iguales.

**Tabla 18.** Prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para el área foliar (cm<sup>2</sup>) por plantón de *Theobroma cacao* L. por dosis de bocashi durante la fase de vivero a los 90 días de siembra

Factor B	cm <sup>2</sup>	Sig.*
0% de bocashi	730,73	a
20% de bocashi	1006,88	b
30% de bocashi	1057,84	b
50% de bocashi	1142,1	b

\*Los valores en columna representados por la misma letra no presentan significación estadística. Las letras representan grupos de medias estadísticamente iguales.



**Figura 7.** Área foliar (cm<sup>2</sup>) por plantón de *Theobroma cacao* L. por tratamientos y por dosis de bocashi

La prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para el área foliar de los plantones de acuerdo a los dosis de bocashi (factor B) a los 90 días después de la siembra, teniéndose diferencias significativas. Los registros detallan que con 50% de bocashi el área foliar es

mayor (1142,1 cm<sup>2</sup>) que con 30% de bocashi (1057,84 cm<sup>2</sup>), 20% de bocashi (1006,88 cm<sup>2</sup> y con 0% de bocashi donde es significativamente menor (730,73 cm<sup>2</sup>) (Tabla 18 y Figura 7).

De estos resultados se infiere que el tipo de suelo no afecta significativamente el número de hojas/plantón, sin embargo, al menos un tratamiento responde de manera diferente a las dosis de bocashi. A los 90 días, el T<sub>4</sub> exhibe la mayor área foliar (1255 cm<sup>2</sup>), confirmado por la prueba Duncan ( $\alpha = 0,05$ ), donde el 50% de bocashi muestra un área foliar mayor (1142,1 cm<sup>2</sup>). Este parámetro está condicionado por el número de hojas, y aunque los resultados difieren numéricamente de Gonzales (2018) con 741,23 cm<sup>2</sup> para tratamientos de bocashi, y Sajami (2013) con 1500,30 cm<sup>2</sup> aplicando biofermento, demuestran que estos fertilizantes afectan tanto el número de hojas como el área foliar. Esto podría justificarse citando a Arauz (2003) quien destaca la eficacia de abonos líquidos derivados de estiércol frente a residuos vegetales para combatir enfermedades foliares. Francke (1986) señala que las hojas no son órganos especializados en la absorción de nutrientes, evidenciado en esta investigación que encontró niveles significativos en la estructura radical.

#### 4.2.5. Materia seca

El análisis de varianza de la materia seca de los plantones de cacao a los 90 días después de la siembra refieren que no existen diferencias significativas respecto a los suelos de plantas indicadoras (factor A); en contraste, el factor B (dosis de bocashi) y la interacción de ambos factores presentan altas diferencias significativas (Tabla 19).

**Tabla 19.** Análisis de varianza de la materia seca (g) de plantones de *Theobroma cacao* L. a los 90 días después de la siembra en fase de vivero

FV	GL	Materia seca	
		CM	Sig.
Suelos de plantas indicadoras (A)	1	2,297	0,457363 (NS)
Dosis de bocashi (B)	3	158,597	0,000000 (AS)
A x B	1	4518,26	0,000000 (AS)
Error	43	4,084	
CV		20,83%	
Total	48		

NS: No existió significancia estadística; AS: Existió alta significancia estadística al 5% de probabilidad; CV: Coeficiente de variación.

La prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) a la variable: materia seca, detalla que existen diferencias significativas de acuerdo a los tratamientos en estudio; así, se observa

que el T<sub>4</sub> alcanzó el mayor peso de materia seca con 13,18 g en promedio, en comparación con los T<sub>1</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>6</sub>, T<sub>8</sub> y T<sub>7</sub> quienes registraron 12,25 g, 11,4 g, 11,32 g, 10,58 g, 10,05 g, 5,05 g y 3,78 g. Puede notarse que los tratamientos testigos, reportaron los menores valores (Tabla 20).

**Tabla 20.** Prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para la materia seca (g) por plantón de *Theobroma cacao* L. por tratamientos, a los 90 días después de siembra en fase de vivero

Clave	g	Sig.*
T <sub>7</sub>	3,78	a
T <sub>8</sub>	5,05	a
T <sub>6</sub>	10,05	b
T <sub>2</sub>	10,58	bc
T <sub>3</sub>	11,32	bc
T <sub>5</sub>	11,4	bc
T <sub>1</sub>	12,25	bc
T <sub>4</sub>	13,18	c

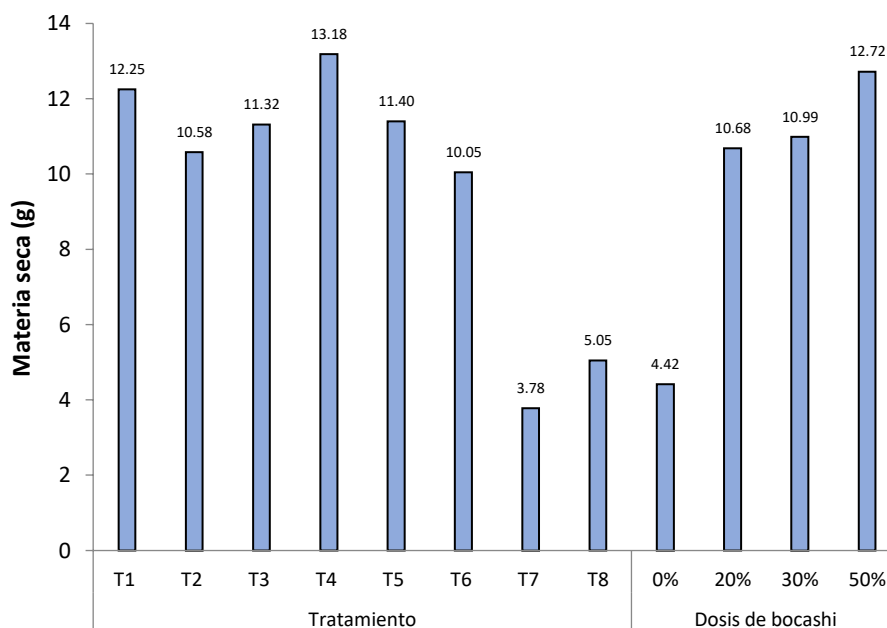
\*Los valores en columna representados por la misma letra no presentan significación estadística. Las letras representan grupos de medias estadísticamente iguales.

La prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para el peso de la materia seca de acuerdo al factor B (dosis de bocashi), evidencia diferencias significativas, por lo que se agrupan en tres grupos sub homogéneos. Así, los valores detallan que los tratamientos con aplicación de 50% de bocashi registraron mayores valores en el peso de la materia seca con un promedio de 12,72 g, con 30% de bocashi se tiene 10,99 g, con 20% de bocashi se tiene 10,68 g y con 0% de bocashi el peso de la materia seca es significativamente menor alcanzando apenas 4,42 g (Tabla 21).

**Tabla 21.** Prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para la materia seca (g) por plantón de *Theobroma cacao* L. por dosis de bocashi durante la fase de vivero a los 90 días de siembra

Factor B	g	Sig.*
0% de bocashi	4,42	a
20% de bocashi	10,68	b
30% de bocashi	10,99	b
50% de bocashi	12,72	c

\*Los valores en columna representados por la misma letra no presentan significación estadística. Las letras representan grupos de medias estadísticamente iguales.



**Figura 8.** Materia seca (g) por plantón de *Theobroma cacao* L. por tratamientos y por dosis de bocashi

Los resultados muestran que el suelo con *Pteridium aquilinum* + 50% de bocashi obtuvo mejores valores en altura, área foliar y diámetro, correlacionándose con estudios anteriores. Coincidiendo con Pisco (2018), los tratamientos testigos presentan valores aceptables para la materia seca, pero Merino (2013) destaca un promedio de 8,89 g/plantón para el tratamiento de bocashi, resaltando la importancia de dosificar eficientemente el fertilizante orgánico. La adición equilibrada de sustancias húmicas favorece el desarrollo de tallos, hojas y raíces. La fisiología deficiente de las plantas se atribuye a desórdenes nutricionales y aplicaciones inapropiadas de abono. Se observó un mayor nivel de materia seca en los tratamientos con bocashi en comparación con los tratamientos testigos, alineándose con la recomendación de Merino (2013) de aplicar cualquier tipo de fertilizante para mejorar las características fisicoquímicas de los sustratos y obtener una mayor ganancia de materia seca en los plantones de cacao. La relación entre el peso seco y fresco indica la variabilidad del contenido de agua en las plantas, y la medición precisa del crecimiento se logra mediante la extracción de agua con una mufla. Estos hallazgos subrayan la importancia de una gestión adecuada de los fertilizantes para optimizar el rendimiento de los plantones de cacao en términos de materia seca.

#### 4.2.6. Volumen radicular

El estudio de varianza para el volumen de las raíces de los plantones de cacao a los 90 días después de la siembra detalla que no existen diferencias

significativas respecto a los suelos de plantas indicadoras (factor A); en contraste, el factor B (dosis de bocashi) y la interacción de ambos factores sí presentan altas diferencias significativas (Tabla 22).

**Tabla 22.** Análisis de varianza del volumen radicular ( $\text{cm}^3$ ) en plántones de *Theobroma cacao* L. a los 90 días después de la siembra en fase de vivero

FV	GL	Volumen radicular	
		CM	Sig.
Suelos de plantas indicadoras (A)	1	1,613	0,673939 (NS)
Dosis de bocashi (B)	3	104,273	0,000011 (AS)
A x B	1	7247,167	0,000000 (AS)
Error	45	8,989	
CV		24,40%	
Total	48		

NS: No existió significancia estadística; AS: Existió alta significancia estadística al 5% de probabilidad; CV: Coeficiente de variación.

La prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) para el volumen radicular de plántones a los 90 días después de la siembra considerando los tratamientos refiere que existen diferencias significativas. Así, se observa que el T<sub>6</sub>, registró el mayor volumen radicular con  $14,78 \text{ cm}^3$ , contrariamente el T<sub>8</sub> registra el menor valor con  $6,58 \text{ cm}^3$ . Puede notarse que los tratamientos a los cuales no se adicionaron el abono orgánico, son los que menores valores han registrado (Tabla 23).

**Tabla 23.** Prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para el volumen radicular ( $\text{cm}^3$ ) por plántón de *Theobroma cacao* L. por tratamientos a los 90 días después de siembra en fase de vivero

Clave	$\text{cm}^3$	Sig.*
T <sub>8</sub>	6,58	a
T <sub>7</sub>	9,12	ab
T <sub>3</sub>	12,35	bc
T <sub>2</sub>	13,32	c
T <sub>1</sub>	13,58	c
T <sub>5</sub>	14,1	c
T <sub>4</sub>	14,45	c
T <sub>6</sub>	14,78	c

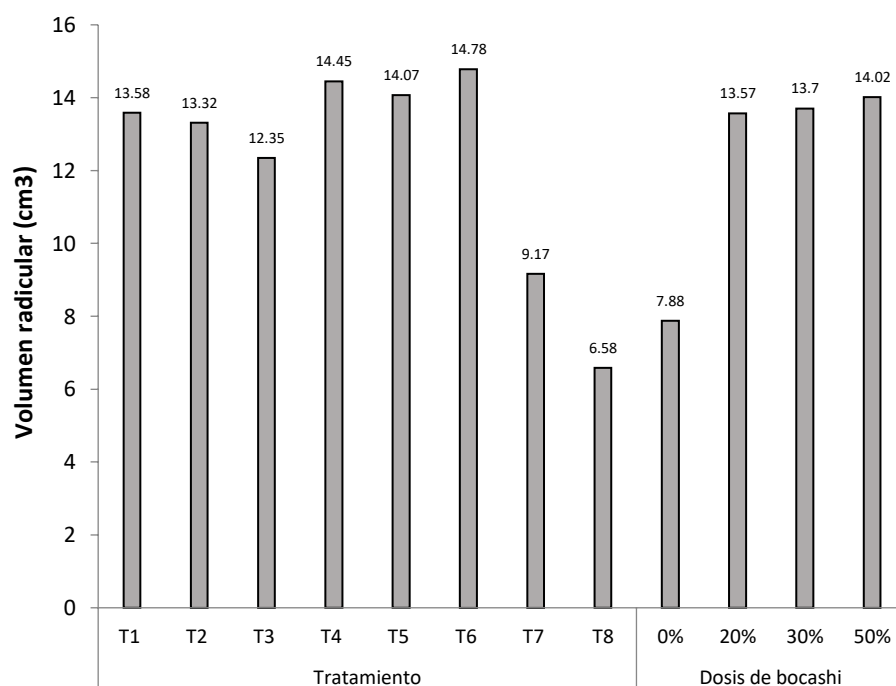
\*Los valores en columna representados por la misma letra no presentan significación estadística. Las letras representan grupos de medias estadísticamente iguales.

La prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para el volumen radicular a los 90 días después de la siembra de acuerdo a la dosis de bocashi (factor B) detalla que existen diferencias significativas, teniéndose dos grupos sub homogéneos. Así, se tiene que los tratamientos donde se aplicaron 50% de bocashi presentaron el mayor volumen radicular (14,02  $\text{cm}^3$ ), seguido de los tratamientos con 30% de bocashi (13,7  $\text{cm}^3$ ), 20% de bocashi (13,57  $\text{cm}^3$ ) y con 0% de bocashi (7,88  $\text{cm}^3$ ). Puede evidenciarse el comportamiento lineal entre el volumen radicular y el nivel de bocashi aplicado (Tabla 24).

**Tabla 24.** Prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para el volumen radicular ( $\text{cm}^3$ ) por plantón de *Theobroma cacao* L. por dosis de bocashi durante la fase de vivero a los 90 días de siembra

Factor B	$\text{cm}^3$	Sig.*
0% de bocashi	7,88	a
20% de bocashi	13,57	b
30% de bocashi	13,7	b
50% de bocashi	14,02	b

\*Los valores en columna representados por la misma letra no presentan significación estadística. Las letras representan grupos de medias estadísticamente iguales.



**Figura 9.** Volumen radicular ( $\text{cm}^3$ ) por plantón de *Theobroma cacao* L. por tratamientos y por dosis de bocashi

Según los resultados, el tipo de suelo (A) no influye estadísticamente en el volumen de las raíces, pero las dosis de bocashi (B) y la interacción (AxB) muestran diferencias altamente significativas. A los 90 días, el T<sub>6</sub> registra el mayor volumen radicular con 14,78 cm<sup>3</sup>, destacando el factor B, donde el 50% de bocashi resulta en un mayor volumen (14,02 cm<sup>3</sup>). Estos valores concuerdan con los de Merino (2013), quien obtuvo el máximo en bocashi (proporción 5:1) con un promedio de 12,7 cm<sup>3</sup>. Pisco (2018) y Gonzales (2018) muestran diferencias en sus registros, posiblemente debido a variaciones en los materiales, calidad genética de la semilla o métodos de aplicación. La proporción de sustancias húmicas en el bocashi, al descomponerse, favorece, según Soto (2003) y Félix *et al.* (2008), la expansión del volumen radicular con pelos absorbentes. FONAG (2010) señala que la aplicación de abono orgánico incrementa la actividad radicular y la actividad de microorganismos aeróbicos. Estos hallazgos sugieren que la calidad y proporción de sustancias húmicas en el bocashi influyen significativamente en el desarrollo radicular, lo que respalda la importancia de una adecuada gestión del abono para favorecer la actividad radicular y la salud del suelo.

#### 4.2.7. Longitud radicular

El análisis de varianza para la longitud radicular de los plantones de cacao a los 90 días después de la siembra. Puede observarse que existe diferencia con significancia estadística en el factor A (suelos de plantas indicadoras), en comparación con el factor B (dosis de bocashi) y la interacción de ambos factores, donde se denota una alta diferencia significativa (Tabla 25).

**Tabla 25.** Análisis de varianza de la longitud radicular (cm) en plantones de *Theobroma cacao* L. a los 90 días después de la siembra en fase de vivero

FV	GL	Longitud radicular	
		CM	Sig.
Suelos de plantas indicadoras (A)	1	0,047	0,946103 (NS)
Dosis de bocashi (B)	3	181,663	0,000000 (AS)
A x B	1	22781,01	0,000000 (AS)
Error	45	10,14	
CV (%)		14,62%	
Total	48		

NS: No existió significancia estadística; AS: Existió alta significancia estadística al 5% de probabilidad; CV: Coeficiente de variación.

En la Tabla 26, se muestra la prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) de la longitud radicular de los plántones de cacao a los 90 días después de la siembra de acuerdo a los tratamientos en estudio, donde se registran diferencias significativas por lo que se agrupan en dos grupos sub homogéneos. Así, se observa que el T<sub>6</sub> alcanzó una longitud radicular promedio mayor (24,93 cm) en comparación con los T<sub>1</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>7</sub> y T<sub>8</sub> los cuales registraron 24,32 cm, 24,03 cm, 24,02 cm, 22,98 cm, 22,1 cm, 16,38 cm y 15,08 cm respectivamente. Se evidencia que los tratamientos testigos fueron los de menor registro promedio.

**Tabla 26.** Prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para la longitud radicular (cm) por plantón de *Theobroma cacao* L. por tratamientos, a los 90 días después de siembra en fase de vivero

Clave	cm	Sig.
T <sub>8</sub>	15,08	a
T <sub>7</sub>	16,83	a
T <sub>3</sub>	22,1	b
T <sub>4</sub>	22,98	b
T <sub>2</sub>	24,02	b
T <sub>5</sub>	24,03	b
T <sub>1</sub>	24,32	b
T <sub>6</sub>	24,92	b

\*Los valores en columna representados por la misma letra no presentan significación estadística. Las letras representan grupos de medias estadísticamente iguales.

**Tabla 27.** Prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) para la longitud radicular (cm) por plantón de *Theobroma cacao* L. por dosis de bocashi durante la fase de vivero

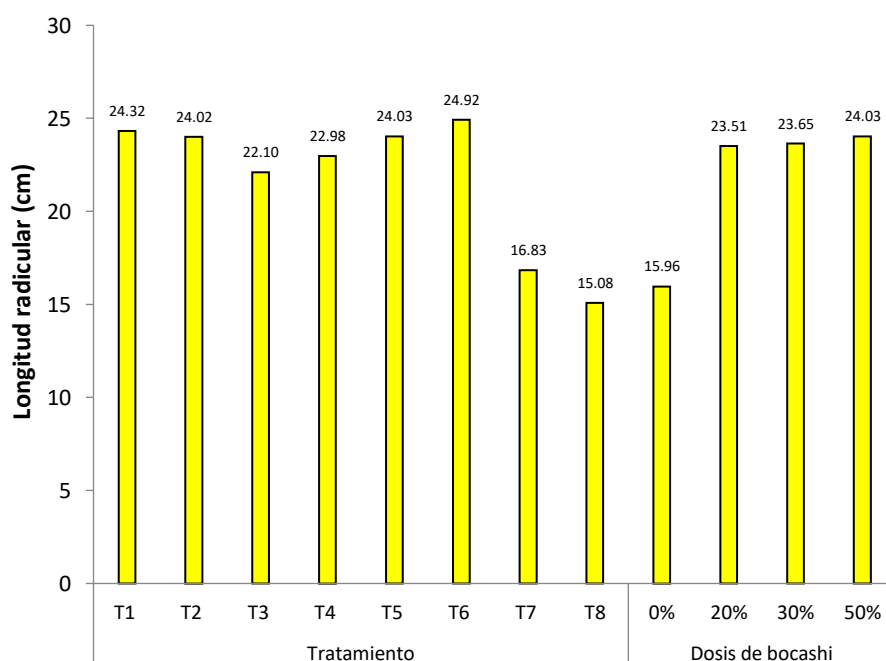
Factor B	cm	Sig.
0% de bocashi	15,96	a
20% de bocashi	23,51	b
50% de bocashi	23,65	b
30% de bocashi	24,03	b

\*Los valores en columna representados por la misma letra no presentan significación estadística. Las letras representan grupos de medias estadísticamente iguales.

La prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) de acuerdo al factor B (dosis de bocashi) para la variable: longitud radicular a los 90 días después de la siembra, detallan que existen diferencias significativas, por lo que se agrupa en dos grupos sub homogéneos. Así, puede observarse que la aplicación de 30% de bocashi los plántones registraron una longitud radicular

mayor (24,03 cm), seguido de la dosis de 50% de bocashi (23,65 cm), 20% de bocashi (23,51 cm) y con 0% de bocashi, esta última dosis presentó una longitud radicular significativamente menor (15,96 cm) (Tabla 27).

Existe un comportamiento bastante similar al del volumen radicular, evidentemente; según el ANVA los suelos indicadores (A) no afectan la longitud de las raíces, sin embargo, las dosis de bocashi (B) y la interacción (AxB) presentan altas diferencias significativas. Estos valores coinciden con los obtenidos por Pisco (2018) quien en un tratamiento en base a compost obtuvo 24,98 cm a los 120 días de siembras, el autor encontró en su testigo absoluto (suelo ácido) apenas 16,25 cm de longitud radicular; asimismo, Gonzales (2018) obtuvo en sus tratamientos a base de bocashi un máximo de 34,18 cm (5:1).



**Figura 10.** Longitud radicular (cm) por plantón de *Theobroma cacao* L. por tratamientos y por dosis de bocashi

Estos resultados son debidos a la cantidad de nutrientes que posee el bocashi empleado; según Arevalo *et al.* (2004), la riqueza nutritiva de los sustratos a través de fertilizaciones, es importante para la longitud radicular, influenciada por la textura y consistencia del suelo. Es importante mencionar a PYMERURAL y PONAGRO (2011), quienes mencionan la importancia del bocashi en el manejo de suelos, debido a que contribuye al crecimiento de las raíces de la planta.

En términos generales, la acidez del suelo, aunque predominante en el análisis fisicoquímico, no ejerce un efecto significativo en los parámetros biométricos de los

plantones de cacao, sugiriendo que los helechales de *P. aquilinum* no degradan el suelo, coincidiendo con Valdez *et al.* (2020). La invasión de 'macorilla' en zonas cultivadas se atribuye más a la competencia de sus rizomas que al deterioro de los atributos del suelo. A pesar de su acidez, los suelos estudiados de *P. aquilinum* y *C. rotundus* muestran potencial para la producción de cultivos, pero requieren un método eficiente de control.

Respecto al uso del bocashi, se evidencia los efectos positivos lineales de este abono en la calidad de los plantones de cacao; en ese sentido, es importante incentivar el uso a gran escala y en campo definitivo como principal elemento de fertilización, esto coadyuva a una gestión eficiente de residuos orgánicos y a una agricultura sostenible. En nuestro país existe antecedentes del uso de materia orgánica durante la producción de plantas, tanto a nivel vivero como en el campo final, una importante mención la hace Julca *et al.* (2006), la ocurrida en Chavimochic, región hortícola y frutícola de la costa norte de Perú, donde se utilizan de 100 hasta 120 t/ha/año. Lo que ello deriva es el nivel de aceptación de esta ancestral tecnología obsoleta, que ha sido recobrada y cada vez cuenta con más usuarios, los cuales indagan sistemas agrícolas más sostenibles.

## V. CONCLUSIONES

1. La caracterización fisicoquímica de los suelos de plantas indicadoras muestran para el suelo de *Pteridium aquilinum* una clase textural de “franco arcilloso” y para el *Cyperus rotundus*, una textura “franca”; para ambos tipos, se registra un pH fuertemente ácido y valores “bajos” para el P y K; específicamente, los parámetros: materia orgánica y N, presentan niveles medios para el suelo de *Pteridium aquilinum* y bajos para el suelo de *Cyperus rotundus*; en relación al CIC se registró un mayor valor en el suelo de *Pteridium aquilinum* (15,86) en comparación al segundo (7,42). Por otro lado, la caracterización del bocashi demostró importantes valores nutricionales, teniéndose para el N, P, Ca, Mg, K y Na los valores de 1,407%, 0,233%, 2,341%, 0,334%, 0,289% y de 1,240% respectivamente; asimismo, para el Fe, Mn, Zn y Cu los valores de 2023,12 ppm, 597,48 ppm, 154,43 ppm y de 30,62 ppm respectivamente.
2. Respecto al efecto de los tratamientos en el desarrollo de plántones, el análisis ANVA ( $\alpha=0,05$ ) probó que los tratamientos mostraron disimilitudes altamente relevantes en todas las variables durante todas las evaluaciones; el factor A (suelos de plantas indicadoras) mostró diferencias altamente significativas en las variables: diámetro y altura de tallo, y no presentó significancia en el número de hojas, materia seca, área foliar, y volumen y longitud radicular durante todas las evaluaciones; y el factor B (dosis de bocashi) presenta diferencias altamente significativas en todas las variables durante todas las evaluaciones, a excepción del número de hojas a los 30 días donde se registran “disimilitudes significativas”. A partir ello, se evidencia que la aplicación de bocashi mejora los valores biométricos de la planta, dado que a mayor cantidad de abono aplicado se tienen mayores registros cuantitativos; esto permite inferir que, la dosis de 50% de bocashi presenta los mejores resultados en interacción con los dos tipos de suelos.

## VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Para el crecimiento de *Theobroma cacao* durante la fase de vivero, en la zona de Tingo María, se recomienda utilizar como dosis de aplicación: 50% de bocashi durante la elaboración del sustrato, debido a que esta dosis se adecúa a la zona y presentan mayores valores para los parámetros: diámetro del tallo ,altura de la planta, área foliar, numero de hojas,materia seca, longitud radicular y volumen.
2. Realizar ensayos experimentales utilizando el bocashi en campo definitivo; asimismo, se recomienda aplicar in-situ este abono orgánico durante la producción de *Theobroma cacao* L. así como de otras especies, con el propósito de determinar sus beneficios e incentivar su recuperación.
3. Realizar tareas semejantes utilizando varios tipos de abono orgánico, para explicar de mejor manera el efecto de los suelos de plantas indicadoras (malezas) en el crecimiento de *Theobroma cacao* L. así como de otras especies.

## VII. REFERENCIAS

- Alvarado, A. (2006). Nutrición y fertilización de la teca. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Ansorena, J. (1994). Sustratos propiedad y caracterización. Editorial Mundi – Prensa S.A. Madrid, España.
- Arauz, L.F. (2003). Utilización de abonos orgánicos en el combate de enfermedades de plantas. In: Abonos orgánicos. Principios, aplicaciones e impacto en la agricultura. Memoria. San José, Costa Rica.
- Arévalo, G., Zúñiga, C., Arévalo, A., Adriazola, J. (2004). Cacao, manejo integrado del cultivo cacao y transferencia de tecnología en la amazonia peruana. Edit. Arévalo. E. Perú.
- Arvildo, J. (2009). Efecto de las enmiendas orgánicas en las propiedades físicas – químicas de un suelo degradado en Supte San Jorge – Tingo María. [Tesis de grado]. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María Perú.
- Asenjo, M. (2003). Manual del cultivo de cacao. Ministerio de Agricultura - Programa para el Desarrollo de la Amazonia. Perú.
- Benzing, A. (2001). Agricultura orgánica: Fundamentos para la Región Andina. Neckar – Verlag, Postfach. Alemania.
- Bermúdez, I. (2014). Especies vegetales indicadoras de la calidad de suelo. Plantas indicadoras de la calidad del suelo. <https://prezi.com/9giqnsssj50w/especies-vegetales-indicadoras-de-la-calidad-de-suelo/>
- Borie, A.; Morales, L., 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.
- Brañez, M.; Ortiz, P.; Céspedes L. (2005). Beneficios de los abonos orgánicos y productos naturales. <http://www.programaecoclima.org/attachments/article/78/Abono%20org%C3%A1nico.pdf>
- 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 de grado]. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María Perú.

- Calle, J. (2005). Efecto de los abonos orgánicos sobre el crecimiento de plantines de cacao (*Theobroma cacao* L.) en vivero, Sapecho – Alto Beni. [Tesis de grado]. Universidad Mayor de San Andrés. Repositorio UMSA. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/7207>
- Chen, Z. (2000). Relationship between heavy metal concentrations in soils of Taiwan and uptake by crops. [http://www.fftc.agnet.org/htmlarea\\_file/library/20110728162346/tb149.pdf](http://www.fftc.agnet.org/htmlarea_file/library/20110728162346/tb149.pdf)
- Cruz, M. (2002). Elaboración de EM Bokashi y su evaluación en el cultivo de maíz *Zea mays* L., bajo riego en Bramaderos. [Tesis de grado]. Universidad Nacional de Loja. Ecuador.
- 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.
- Ederra, A. (1997). Botánica ambiental aplicada. Las plantas y el equilibrio ecológico de nuestra tierra. Ediciones Universidad de Navarra S.A. Pamplona, España.
- Espinosa, J., Molina, E. (1999). Acidez y encalado de los suelos. International Plan Nutrition Institute, 1° edición. San José, Costa Rica.
- Felix, A., Sañudo, R., Rojo, E., Martínez, R., Olalde, V. (2008). Importancia de los abonos orgánicos. *Rev. Ra Ximhai*, 4 (1): 57 – 67
- FONAG. (2010). Abonos orgánicos, manual para elaborar y aplicar abonos y plaguicidas orgánicos. <http://www.fonag.org.ec/docpdf/>
- Franke, W. (1986). The basis of foliar absorption of fertilizer with special regard to the mechanism Agrochemical Division. Berlín, Alemania.
- Gomero, L., 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.
- Gomero, O. (1999). Manejo ecológico de suelos; conceptos, experiencias y técnicas. Lima, Perú.
- Gómez, R.; García, R.; Tong, F., González, C. (2014). Paquete tecnológico del cultivo del cacao. Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito para el Perú y el Ecuador – UNODC. Lima, Perú.

- Gonzales, R. (2018). Efecto de dos abonos orgánicos en el crecimiento de plántones de cacao (*Theobroma cacao* L.) de los clones CCN- 51 e IMC-67 en vivero. [Tesis de grado]. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María Perú. Repositorio UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1573>
- Gracia, J. (2012). Efectos de los compost sobre las propiedades del suelo: suelo evaluación comparativa de compost con separación en origen y sin separación en origen. [Tesis de Maestría]. Universidad Politécnica de Cartagena. Colombia. Repositorio UPCT. <https://repositorio.upct.es/handle/10317/3123>
- INPOFOS. (1997). Manual Internacional de fertilidad de suelos. Institute Potash and Phosphate. Quito, Ecuador.
- Jiménez, M.; Granados, L.; Oliva, J.; Quiróz, J., Barrón, M. (2010). Calidad nutritiva de *Brachiaria humidicola* con fertilización orgánica e inorgánica en suelos ácidos. Arch. Zootec. 59 (228): 561-570.
- Julca, A., Meneses, L., Blas, R., Bello, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. Idesia (Arica), 24(1), 49-61. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292006000100009>
- Katkat, A., Çelik, H.; Turan, M., Bület, B. (2009). Effects of soil and foliar applications of humic substances on dry weight and mineral nutrients uptake of wheat under calcareous soil conditions. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 3(2): 266–273.
- Mainardi, J. (1980). El Huerto y el jardín en su piso. De Vicchi.- sustrato. Barcelona, Madrid.
- Martínez, A. (2004). Agricultura orgánica. <http://www.lamolina.edu.pe/Gaceta/notas/nota58.htm>
- 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.
- Meléndez. G. (2003). Abonos orgánicos: principios, aplicaciones e impacto en la agricultura. Primera edición. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Merino, E. (2013). Efecto de la aplicación de abonos procesados con microorganismos eficientes en la producción de plántones de cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN- 51. [Tesis de grado]. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María Perú. Repositorio UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/161>

- Miranda, E., Duran, S. (2016). Determinar la incidencia de plantas indeseables que afecta la plantación y producción en el cultivo de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) en un inceptisol, en la provincia de Padre Abad. *Revista Tzhoecoen*, 8 (1): 197 – 209.
- Navarrete, A.; Vela, G.; López, J., Rodríguez, M. (2011). Naturaleza y utilidad de los indicadores de calidad del suelo. Universidad Nacional Autónoma de México. México. *ContactoS*, 80 (1): 29–37.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (s.f.). Suelos ácidos. Portal de Suelos de la FAO. <http://www.fao.org/soils-portal/soil-management/manejo-de-suelos-problematicos/suelos-acidos/es/>
- Palencia, G.; Gómez, R., Guiza, O. (2007). Nuevas tecnologías para instalar viveros y producir clones de cacao (*Theobroma cacao* L). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). Primera edición. Bogotá, Colombia.
- Paredes, M. (2003). Manual del cultivo de cacao. Ministerio de Agricultura - Programa para el Desarrollo de la Amazonia. Tingo María, Perú.
- Pisco, N. (2018). Efecto de fertilizantes compuestos, utilizando suelos ácidos como sustrato en el crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tocache. [Tesis de grado]. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María Perú. Repositorio UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1536>
- PYMERURAL y PRONAGRO. (2011). Abonos Orgánicos. Producción orgánica de hortalizas en clima templado. Programa de la cooperación Suiza en América Central, Honduras. Honduras. [www.pymerural.or/abonos](http://www.pymerural.or/abonos)
- Rodríguez, M. (1991). Fisiología Vegetal. Editorial Los Amigos del Libro. Cochabamba – La Paz.
- Rodríguez, M., Paniagua, G. (1994). Horticultura orgánica: una guía basada en la experiencia en Laguna de Alfaro Ruiz, Costa Rica. Fundación Guilombe, San José, Costa Rica. 1(2):76.
- Ruiz, S.; Manrique, L., Lindo, C. (2014). Efecto de la *Pteridium aquilinum* (macorilla) como cobertura nativa en la fertilidad de un suelo degradado en Tingo María. *Investigación y Amazonía*, 4 (1 y 2): 30-35.
- Sagan, M. (2002). Departamento de edafología y química agrícola. In: Universidad de Granada. España – Unidad docente e investigadora de la facultad de ciencias. <http://www.sagan-gea.org/hojaredsuelo/14hoja.html>

- Sagarpa. (2000). Abonos orgánicos. México. SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Pesca y Alimentación). [www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Abonos%20organicos.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Abonos%20organicos.pdf)
- Sajami, C. (2013). Determinación de la influencia de seis concentraciones de biofermentos en el crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la fase de vivero. [Tesis de grado]. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María Perú. Repositorio UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/166>
- Salazar, J. (2003). Manual del cultivo de cacao. Ministerio de Agricultura, Programa para el Desarrollo de la Amazonia. Perú.
- Shintani, M. (2000). Manejo de desechos de la producción bananera. Bokashi: Abono orgánico fermentado. Revista El Agro.
- Soto, M. (2003). Abonos orgánicos. El proceso de compostaje. CATIE – GTZ – UCR – CANIAN. Costa Rica.
- Suárez, C. (1993). Manual del cultivo del cacao. Segunda edición. EETP. INIAP. Quito, Ecuador.
- Suquilanda, M. (2001). El Biol, fitoestimulante orgánico: Cultivos controlados, Internacional. Editorial Flor y Flor. Quito, Ecuador.
- Trujillo, E. (2002). Manual de árboles. Sistemas de producción en vivero. El Semillero. Bogotá, Colombia.
- Valdez, C., Levy, N., León, D., Navarrete, A., Ortiz, A. (2020). Cambios químicos y biológicos del suelo provocados por *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn en áreas de influencia de la reserva de la biosfera de Calakmul, Campeche. Terra Latinoamericana 38: 289-300.
- Vera, B. (1993). Material de siembra y propagación. In manual del cultivo de cacao. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Segunda edición.
- 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 de grado]. Universidad Católica del Perú. Repositorio PUCP. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5836>

## **ANEXOS**

**Anexo 1.** Datos generales del experimento

**Tabla 28.** Datos generales de la altura de plantón (cm) durante todo el experimento

Clave	Factor A	Factor B	Repetición	30 días	60 días	90 días
T1	1	1	1	14,5	18,2	28,5
T1	1	1	1	13,8	17,8	27,7
T1	1	1	1	15,8	19	24
T1	1	1	1	12,5	18	26
T1	1	1	1	14,4	16,6	28,8
T1	1	1	2	14	18,4	27,2
T1	1	1	2	16,8	17,8	25
T1	1	1	2	16,3	19,9	27,4
T1	1	1	2	12,8	17,4	27
T1	1	1	2	13	19,5	26,3
T1	1	1	3	15,6	17,8	26,4
T1	1	1	3	14,9	19,6	24,2
T1	1	1	3	16	17,6	24
T1	1	1	3	13,8	19,8	24,2
T1	1	1	3	16,5	17	23,3
T2	1	2	1	15	18,7	20,3
T2	1	2	1	12,6	18,2	24,9
T2	1	2	1	13,3	18,5	26,2
T2	1	2	1	13,3	17,4	23,2
T2	1	2	1	15,3	18,1	25,4
T2	1	2	2	14,6	17,4	22,8
T2	1	2	2	14	16,5	25,1
T2	1	2	2	14,5	17,6	24,2
T2	1	2	2	13,2	18,3	25,5
T2	1	2	2	14,1	17,3	25,3
T2	1	2	3	15,5	17,9	19
T2	1	2	3	15,1	18,7	21,9
T2	1	2	3	14,8	18	26,9
T2	1	2	3	15,8	18,5	26,9
T2	1	2	3	12,9	17,5	18,1
T3	1	3	1	15,7	15,7	23,3
T3	1	3	1	14,9	14,1	19,5

Clave	Factor A	Factor B	Repetición	30 días	60 días	90 días
T3	1	3	1	12,5	14,7	20,9
T3	1	3	1	14,2	18,3	21,2
T3	1	3	1	14,1	18,4	22,3
T3	1	3	2	14,1	17	19,1
T3	1	3	2	12,5	18,2	20,9
T3	1	3	2	11,9	16,7	23,8
T3	1	3	2	11,6	18,7	20,7
T3	1	3	2	14,9	14,6	22,2
T3	1	3	3	15,2	16,7	23,9
T3	1	3	3	14,2	15,3	22,3
T3	1	3	3	14,6	19	24,7
T3	1	3	3	14,9	14,3	21,3
T3	1	3	3	11,3	15,7	21,6
T4	2	1	1	14,1	21,3	33
T4	2	1	1	18,1	22,1	22,5
T4	2	1	1	18,7	19,5	24
T4	2	1	1	17,4	22,5	31,7
T4	2	1	1	17,2	19,4	27,8
T4	2	1	2	18,3	21,3	32,7
T4	2	1	2	18,4	20,4	24,4
T4	2	1	2	16,7	20,5	26,7
T4	2	1	2	14,7	20,7	27,2
T4	2	1	2	15,6	19,6	32
T4	2	1	3	15,7	23	23
T4	2	1	3	14,1	22,9	28,8
T4	2	1	3	18,7	22,5	32
T4	2	1	3	18,5	20,3	29,6
T4	2	1	3	18,6	20,2	26,4
T5	2	2	1	13,6	19,5	22,9
T5	2	2	1	14,1	18,8	22,6
T5	2	2	1	15,6	18,2	26,4
T5	2	2	1	15,1	20,3	25,5
T5	2	2	1	13,6	19,8	24,6
T5	2	2	2	15,1	20,9	25
T5	2	2	2	14,8	20,5	27,2

Clave	Factor A	Factor B	Repetición	30 días	60 días	90 días
T5	2	2	2	15,9	20,3	25,4
T5	2	2	2	15,6	19,4	22,5
T5	2	2	2	16,1	18,9	27,1
T5	2	2	3	14,8	20	25,5
T5	2	2	3	16,7	18,9	27,1
T5	2	2	3	13,6	20,4	27,8
T5	2	2	3	14,7	19,5	27,6
T5	2	2	3	15,2	19,7	26,7
T6	2	3	1	14,5	19,3	23,4
T6	2	3	1	13	19,6	19,1
T6	2	3	1	13,3	19,8	23
T6	2	3	1	15,6	18,4	21
T6	2	3	1	14,3	20,6	21,1
T6	2	3	2	14,9	18	19,5
T6	2	3	2	14,6	20,9	20,3
T6	2	3	2	14,9	19,2	22,2
T6	2	3	2	15,2	19,7	18,1
T6	2	3	2	13,7	20,7	24,8
T6	2	3	3	15,4	18,9	23,5
T6	2	3	3	14,1	19,2	19
T6	2	3	3	14,6	18,2	21,9
T6	2	3	3	13,3	19,2	20,1
T6	2	3	3	13,6	18,9	18,5
T7	1	4	1	13,6	14,1	14
T7	1	4	1	10,7	13,1	15,1
T7	1	4	1	12,8	13,1	15,5
T7	1	4	1	13,1	12,4	13,5
T7	1	4	1	10,2	13,1	15,1
T7	1	4	2	10,5	13,1	15,9
T7	1	4	2	12,5	13,1	14,6
T7	1	4	2	11	13,5	13,3
T7	1	4	2	11,3	14,8	13
T7	1	4	2	13,2	14,1	15
T7	1	4	3	11,2	14,5	14,6
T7	1	4	3	11,9	13,2	13,8

<b>Clave</b>	<b>Factor A</b>	<b>Factor B</b>	<b>Repetición</b>	<b>30 días</b>	<b>60 días</b>	<b>90 días</b>
T7	1	4	3	10,5	13,9	15,3
T7	1	4	3	14	14,6	12
T7	1	4	3	12,6	12,3	15,3
T8	2	4	1	11,1	15,7	17,8
T8	2	4	1	13,2	13,5	16,2
T8	2	4	1	11,2	15,3	17,5
T8	2	4	1	11,7	13,9	19,2
T8	2	4	1	11,7	15,7	18,5
T8	2	4	2	12,8	13,9	16
T8	2	4	2	11,8	13,1	15,8
T8	2	4	2	11,9	13	14,5
T8	2	4	2	12,1	14,2	20,1
T8	2	4	2	13,1	14,2	17,4
T8	2	4	3	13,2	13,2	19
T8	2	4	3	13,5	13,3	18,4
T8	2	4	3	12,8	15,9	18,1
T8	2	4	3	11,9	14,6	19,9
T8	2	4	3	11,3	15,6	15

Factor A = 1) Suelo de "Cyperus rotundus"; 2) Suelo de "Pteridium aquilinum"

Factor B = 1) 50% de compost; 2) 30% de compost; 3) 20% de compost; 4) 0% de compost

**Tabla 29.** Datos generales de diámetro del tallo (mm) durante todo el experimento

Clave	Factor A	Factor B	Repetición	30 días	60 días	90 días
T1	1	1	1	2,1	3,2	4,8
T1	1	1	1	2,9	4,1	4,5
T1	1	1	1	2,7	3,1	4,7
T1	1	1	1	3,3	3,1	5,1
T1	1	1	1	3,2	4,1	4,4
T1	1	1	2	3,8	3,1	5
T1	1	1	2	2,1	3,2	4,8
T1	1	1	2	2,4	3,4	5,8
T1	1	1	2	3,1	3,9	5,5
T1	1	1	2	2,3	4,7	4,3
T1	1	1	3	3,5	3,7	5,2
T1	1	1	3	3,2	3,5	5,1
T1	1	1	3	2,1	4	4,8
T1	1	1	3	2,5	3,6	5,4
T1	1	1	3	3,3	4,2	5,1
T2	1	2	1	2,6	3,4	4,8
T2	1	2	1	3,4	3,1	4,7
T2	1	2	1	3,2	3,2	4,4
T2	1	2	1	2,8	4,2	5,6
T2	1	2	1	2,5	3,5	5
T2	1	2	2	3,3	3,5	5,1
T2	1	2	2	2,9	3,8	5,2
T2	1	2	2	2,2	3,7	4,6
T2	1	2	2	2,6	3,7	5,4
T2	1	2	2	3,5	4	4
T2	1	2	3	3,1	4,1	5,6
T2	1	2	3	3,4	3,9	5,2
T2	1	2	3	3,3	4,2	4,6
T2	1	2	3	3,1	3,1	5,3
T2	1	2	3	2,4	3,2	4,2
T3	1	3	1	2,9	3,6	5,1
T3	1	3	1	2,4	3,2	4,6
T3	1	3	1	2,8	3,5	4,3
T3	1	3	1	2,2	3,5	3,8

Clave	Factor A	Factor B	Repetición	30 días	60 días	90 días
T3	1	3	1	3	3,1	4,3
T3	1	3	2	2,4	3,2	4,6
T3	1	3	2	2,6	3,6	4,7
T3	1	3	2	2,8	4	3,8
T3	1	3	2	2,9	3,6	5,1
T3	1	3	2	2,8	4	4,8
T3	1	3	3	2,8	3,4	4,9
T3	1	3	3	2,7	3,4	4,8
T3	1	3	3	2,5	3,1	4,4
T3	1	3	3	3	3,1	4,5
T3	1	3	3	2,1	4,9	4,4
T4	2	1	1	3,9	4,1	6,1
T4	2	1	1	3,6	5,4	6,7
T4	2	1	1	4,9	3,3	6,3
T4	2	1	1	3,5	3,4	5,1
T4	2	1	1	3,5	4,2	6,6
T4	2	1	2	3,1	3,7	5,9
T4	2	1	2	2,2	4,8	5,8
T4	2	1	2	3,7	3,8	5,4
T4	2	1	2	3	5,6	6,3
T4	2	1	2	3,9	3,2	4,8
T4	2	1	3	4,1	4,8	5,1
T4	2	1	3	4,3	5,4	4,4
T4	2	1	3	3,2	3,9	5,7
T4	2	1	3	4,5	5,8	4,4
T4	2	1	3	3,9	4,2	6,8
T5	2	2	1	2	4,4	5,3
T5	2	2	1	2,5	3,9	5,7
T5	2	2	1	3,1	4,2	4,4
T5	2	2	1	3,2	3,7	5,7
T5	2	2	1	2,8	4,3	4,6
T5	2	2	2	3,9	3	4,8
T5	2	2	2	3,4	4,7	5,2
T5	2	2	2	3,7	4,5	5,9
T5	2	2	2	2,4	3,6	5,8

Clave	Factor A	Factor B	Repetición	30 días	60 días	90 días
T5	2	2	2	2,8	3,1	4,1
T5	2	2	3	2,8	4,8	5,2
T5	2	2	3	3,2	3,7	4,7
T5	2	2	3	2,7	3,9	4,7
T5	2	2	3	3,8	4,9	5,6
T5	2	2	3	3,5	4,5	5,4
T6	2	3	1	2,8	4,2	5,9
T6	2	3	1	2,8	4,3	5
T6	2	3	1	3,4	3,5	5,5
T6	2	3	1	3,2	4	6
T6	2	3	1	2,7	4,5	4,6
T6	2	3	2	3,2	4,3	4,7
T6	2	3	2	2,5	4,4	4,3
T6	2	3	2	3,5	4,9	5,8
T6	2	3	2	3,8	4,6	5,2
T6	2	3	2	2,9	3,7	4,5
T6	2	3	3	2,3	4,5	5,4
T6	2	3	3	3,1	3,8	4,2
T6	2	3	3	2,8	5	5
T6	2	3	3	2,1	3,9	5,8
T6	2	3	3	3,5	3,4	4,8
T7	1	4	1	1,9	2,3	2,5
T7	1	4	1	2	3,3	4,2
T7	1	4	1	2,5	2,8	3,6
T7	1	4	1	2,2	2,7	3,6
T7	1	4	1	1,9	2,4	4,1
T7	1	4	2	1,8	3	3,8
T7	1	4	2	2,8	2,9	3,4
T7	1	4	2	2,2	2,5	3,6
T7	1	4	2	2,4	2,5	3,2
T7	1	4	2	2,7	2,7	3,8
T7	1	4	3	2,9	3,4	3,5
T7	1	4	3	2,1	2,1	2,9
T7	1	4	3	2,7	3,2	3,7
T7	1	4	3	2,5	2,6	3,8

<b>Clave</b>	<b>Factor A</b>	<b>Factor B</b>	<b>Repetición</b>	<b>30 días</b>	<b>60 días</b>	<b>90 días</b>
T7	1	4	3	1,9	3	3
T8	2	4	1	2,6	3,4	4,1
T8	2	4	1	2,3	3,3	4
T8	2	4	1	2,9	3,1	3,7
T8	2	4	1	2,1	3,1	3,3
T8	2	4	1	3,2	3,2	3,4
T8	2	4	2	2,8	3,2	4,5
T8	2	4	2	3,6	3,1	4
T8	2	4	2	2,9	3,5	5
T8	2	4	2	3,5	3,1	5,2
T8	2	4	2	2,9	3,9	3,9
T8	2	4	3	2,7	3,1	4
T8	2	4	3	2,3	3,8	4,1
T8	2	4	3	1,8	3,4	4,2
T8	2	4	3	1,9	3,4	4,9
T8	2	4	3	2,1	4,1	5

Factor A = 1) Suelo de "Cyperus rotundus"; 2) Suelo de "Pteridium aquilinum"

Factor B = 1) 50% de compost; 2) 30% de compost; 3) 20% de compost; 4) 0% de compost

**Tabla 30.** Datos generales del número de hojas por plantón durante todo el experimento

Clave	Factor A	Factor B	Repetición	30 días	60 días	90 días
T1	1	1	1	4	8	14
T1	1	1	1	5	9	9
T1	1	1	1	4	10	12
T1	1	1	1	4	11	14
T1	1	1	1	5	8	11
T1	1	1	2	3	6	16
T1	1	1	2	5	6	6
T1	1	1	2	2	7	8
T1	1	1	2	4	8	8
T1	1	1	2	5	5	9
T1	1	1	3	4	7	10
T1	1	1	3	4	8	6
T1	1	1	3	2	7	9
T1	1	1	3	2	10	6
T1	1	1	3	5	9	9
T2	1	2	1	5	9	6
T2	1	2	1	6	8	12
T2	1	2	1	2	8	12
T2	1	2	1	4	11	6
T2	1	2	1	3	10	6
T2	1	2	2	4	7	6
T2	1	2	2	3	6	8
T2	1	2	2	2	6	8
T2	1	2	2	3	6	10
T2	1	2	2	3	5	11
T2	1	2	3	4	7	12
T2	1	2	3	5	6	12
T2	1	2	3	4	5	9
T2	1	2	3	2	10	8
T2	1	2	3	2	8	8
T3	1	3	1	5	6	7
T3	1	3	1	3	6	8
T3	1	3	1	5	7	7
T3	1	3	1	2	10	7

<b>Clave</b>	<b>Factor A</b>	<b>Factor B</b>	<b>Repetición</b>	<b>30 días</b>	<b>60 días</b>	<b>90 días</b>
T3	1	3	1	5	8	8
T3	1	3	2	2	8	8
T3	1	3	2	4	6	13
T3	1	3	2	5	9	9
T3	1	3	2	4	10	6
T3	1	3	2	4	5	10
T3	1	3	3	4	8	12
T3	1	3	3	2	9	8
T3	1	3	3	3	10	10
T3	1	3	3	5	9	7
T3	1	3	3	4	6	12
T4	2	1	1	2	10	12
T4	2	1	1	5	8	6
T4	2	1	1	5	4	16
T4	2	1	1	5	4	11
T4	2	1	1	6	12	14
T4	2	1	2	5	9	12
T4	2	1	2	5	10	8
T4	2	1	2	4	7	12
T4	2	1	2	4	6	16
T4	2	1	2	5	6	10
T4	2	1	3	4	8	9
T4	2	1	3	4	5	10
T4	2	1	3	3	10	8
T4	2	1	3	4	9	8
T4	2	1	3	5	8	9
T5	2	2	1	5	12	9
T5	2	2	1	3	8	11
T5	2	2	1	5	5	12
T5	2	2	1	5	6	8
T5	2	2	1	4	10	8
T5	2	2	2	3	8	10
T5	2	2	2	5	6	6
T5	2	2	2	5	8	12
T5	2	2	2	4	8	8

<b>Clave</b>	<b>Factor A</b>	<b>Factor B</b>	<b>Repetición</b>	<b>30 días</b>	<b>60 días</b>	<b>90 días</b>
T5	2	2	2	4	7	10
T5	2	2	3	5	8	6
T5	2	2	3	3	5	12
T5	2	2	3	3	6	12
T5	2	2	3	3	8	10
T5	2	2	3	4	8	12
T6	2	3	1	2	8	8
T6	2	3	1	2	8	8
T6	2	3	1	3	9	12
T6	2	3	1	3	6	8
T6	2	3	1	4	6	9
T6	2	3	2	4	5	12
T6	2	3	2	2	4	8
T6	2	3	2	3	7	10
T6	2	3	2	5	9	12
T6	2	3	2	2	8	6
T6	2	3	3	5	6	6
T6	2	3	3	3	8	9
T6	2	3	3	4	4	14
T6	2	3	3	2	8	12
T6	2	3	3	2	4	9
T7	1	4	1	2	6	5
T7	1	4	1	2	6	6
T7	1	4	1	3	4	6
T7	1	4	1	3	4	7
T7	1	4	1	4	3	6
T7	1	4	2	3	3	7
T7	1	4	2	4	4	11
T7	1	4	2	3	4	6
T7	1	4	2	3	5	4
T7	1	4	2	5	5	6
T7	1	4	3	3	6	7
T7	1	4	3	4	7	4
T7	1	4	3	4	8	8
T7	1	4	3	4	4	10

Clave	Factor A	Factor B	Repetición	30 días	60 días	90 días
T7	1	4	3	2	4	9
T8	2	4	1	2	7	7
T8	2	4	1	4	8	6
T8	2	4	1	2	9	6
T8	2	4	1	3	7	8
T8	2	4	1	3	8	8
T8	2	4	2	3	8	7
T8	2	4	2	5	8	12
T8	2	4	2	4	4	5
T8	2	4	2	3	5	5
T8	2	4	2	4	4	8
T8	2	4	3	4	5	6
T8	2	4	3	4	5	6
T8	2	4	3	2	5	6
T8	2	4	3	3	4	12
T8	2	4	3	3	8	8

Factor A = 1) Suelo de "Cyperus rotundus"; 2) Suelo de "Pteridium aquilinum"

Factor B = 1) 50% de compost; 2) 30% de compost; 3) 20% de compost; 4) 0% de compost

**Tabla 31.** Datos generales del área foliar (cm<sup>2</sup>), materia seca (g), volumen (cm<sup>3</sup>) y longitud (cm) radicular durante todo el experimento

Clave	Fact. A	Fact. B	Repet.	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Materia seca (g)	Volumen radicular (cm <sup>3</sup> )	Longitud radicular (cm)
T1	1	1	1	931,20	10,30	10,20	22,20
T1	1	1	1	902,50	9,80	11,10	20,10
T1	1	1	2	890,70	15,30	18,20	27,40
T1	1	1	2	1085,60	12,20	15,70	25,40
T1	1	1	3	1386,50	14,20	14,00	27,00
T1	1	1	3	975,60	11,70	12,30	23,80
T2	1	2	1	1231,30	13,20	17,30	25,30
T2	1	2	1	779,70	8,70	12,30	23,80
T2	1	2	2	866,60	9,80	14,10	22,10
T2	1	2	2	984,90	10,70	12,30	24,20
T2	1	2	3	879,30	10,20	11,20	22,30
T2	1	2	3	826,90	10,90	12,70	26,40
T3	1	3	1	1170,30	12,80	18,20	30,80
T3	1	3	1	1025,60	11,40	11,50	21,40
T3	1	3	2	795,80	9,30	7,80	19,20
T3	1	3	2	857,20	10,00	11,20	19,70
T3	1	3	3	1508,40	15,20	19,30	27,20
T3	1	3	3	793,20	9,20	6,10	14,30
T4	2	1	1	948,60	10,60	13,40	22,30
T4	2	1	1	987,40	9,80	14,50	22,80
T4	2	1	2	1410,50	14,90	15,30	24,30
T4	2	1	2	1380,80	14,40	13,80	22,10
T4	2	1	3	1295,20	14,10	12,60	21,20
T4	2	1	3	1510,50	15,30	17,10	25,20
T5	2	2	1	1160,60	10,30	13,20	21,20
T5	2	2	1	1458,50	14,50	17,20	28,20
T5	2	2	2	1269,40	12,20	14,20	26,30
T5	2	2	2	920,40	9,20	12,70	20,10
T5	2	2	3	840,50	8,80	11,70	22,00
T5	2	2	3	1476,00	13,40	15,40	26,40
T6	2	3	1	822,50	8,40	14,20	21,20

Clave	Fact. A	Fact. B	Repet.	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Materia seca (g)	Volumen radicular (cm <sup>3</sup> )	Longitud radicular (cm)
T6	2	3	1	1280,60	11,40	16,30	28,10
T6	2	3	2	740,20	8,00	15,70	28,60
T6	2	3	2	773,20	7,90	13,30	22,30
T6	2	3	3	1309,20	14,20	17,10	27,20
T6	2	3	3	1006,40	10,40	12,10	22,10
T7	1	4	1	620,30	4,70	10,40	16,40
T7	1	4	1	708,20	4,10	10,30	17,30
T7	1	4	2	639,20	2,70	7,20	14,20
T7	1	4	2	801,20	3,70	7,40	17,40
T7	1	4	3	745,30	4,30	14,00	20,00
T7	1	4	3	732,30	3,20	5,70	15,70
T8	2	4	1	842,10	5,00	7,00	16,00
T8	2	4	1	540,20	3,20	6,30	15,30
T8	2	4	2	890,40	6,80	8,80	17,80
T8	2	4	2	650,50	4,30	3,30	12,30
T8	2	4	3	700,50	3,80	3,80	12,80
T8	2	4	3	898,50	7,20	10,30	16,30

Factor A = 1) Suelo de "Cyperus rotundus"; 2) Suelo de "Pteridium aquilinum"

Factor B = 1) 50% de compost; 2) 30% de compost; 3) 20% de compost; 4) 0% de compost

**Anexo 2.** Panel fotográfico**Foto 1.** Ubicación de los lugares de ejecución de la investigación.**Foto 2.** *Cyperus rotundus*



**Foto 3.** *Pteridium aquilinum*



**Foto 4.** Muestra de suelo para análisis.



**Foto 5.** Acomodado de bolsas en cama de crecimiento.



**Foto 6.** Disposición de bolsas en cama de crecimiento.



Foto 7. Plantones en etapa de crecimiento a los 60 días de evaluación.



Foto 8. Plantones en etapa de crecimiento a los 90 días de evaluación.



**Foto 9.** Plantones en etapa de crecimiento a los 90 días de evaluación.



**Foto 10.** Plantones en etapa de crecimiento a los 90 días de evaluación.

**Anexo 3.** Resultados del análisis de los suelos con plantas indicadoras



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
Carretera Central Km1.21 - Tingo María - CELULAR 941531359  
Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología  
[analisisdesuelosunas@hotmail.com](mailto:analisisdesuelosunas@hotmail.com)



## ANALISIS DE SUELOS

SOLICITANTE:										PROCEDENCIA:																					
TOLENTINO VILLOGAS YESSICA										VENENILLO																					
N°	CODIGO DEL LAB.	DATOS DE LA MUESTRA	ANALISIS MECANICO				pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%									
			Arena	Arcilla	Limo	Textura							1:1	%	%	disponible							Ca	Mg	K	Na	Al	H	Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al
																ppm	ppm	ppm													
CULTIVO			%	%	%																										
1	S1364	SUELO CON MACORILLA	31	40	29	Franco Arcilloso	4.54	2.41	0.12	2.31	84.96	---	4.42	1.34	--	--	9.15	0.95	15.86	36.30	63.70	57.71									
2	S1365	SUELO CON COQUITO	39	24	37	Franco	4.84	1.46	0.07	2.47	94.96	---	5.17	1.65	--	--	0.42	0.18	7.42	91.91	8.09	5.66									

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE  
TINGO MARIA, 16 DE OCTUBRE 2019  
RECIBO N° 0598345

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
LAB. ANALISIS DE SUELOS

*[Firma]*

Ing. Luis G. Mansilla Minaya  
JEFE



#### Anexo 4. Resultados del análisis del bocashi utilizado



### UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 941531359

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

[analisisdesuelosunas@hotmail.com](mailto:analisisdesuelosunas@hotmail.com)



## ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE							PROCEDENCIA										
TOTENTINO VILLOGAS YESSICA							RUPA RUPA - LEONCIO PRADO										
Datos de la muestra		Porcentaje (%)						Porcentaje (%)						ppm			
		Materia seca	Humedad	Ceniza en base Húmeda	Materia Orgánica en base Húmeda	ceniza en base seca	materia orgánica en base seca	N	P	Ca	Mg	k	Na	Fe	Mn	Zn	Cu
M0029	ABONO ORGANICO BOCASHI	90.49	9.51	54.99	35.49	60.77	39.23	1.407	0.233	2.341	0.334	0.289	1.240	2023.12	597.48	154.43	30.62

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE  
TINGO MARIA, 16 DE OCTUBRE 2019  
RECIBO Nº 0598346

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
LAS ANIMAS DE SUELOS

*[Firma]*

Ing. Luis G. Mansilla Minaya  
JEFE



**Anexo 5.** Mapa de ubicación de los puntos de muestreo