

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**“DOSIS DE BIOL LIQUIDO Y FORMAS DE APLICACIÓN EN LA OBTENCIÓN DE  
PLANTONES DE *Theobroma cacao* (CACAO) EN VIVERO”**

**Tesis**

**para optar el título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR:**

**ALEXANDER VELASQUEZ HUAYLLAS**

**ASESOR:**

**JAIME JOSSEPH CHÁVEZ MATÍAS**

**Tingo María - Perú**

**2022**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
Tingo María  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



Km 1.21 carretera Tingo María. Telf. (062) 561136 E.mail: [fagro@unas.edu.pe](mailto:fagro@unas.edu.pe)

*"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"*

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

**Nº 015-2022-FA-UNAS**

BACHILLER : ALEXANDER VELÁSQUEZ HUAYLLAS

TÍTULO : "DOSIS DE BIOL LIQUIDO Y FORMAS DE APLICACIÓN EN LA OBTENCIÓN DE PLANTONES DE *Theobroma cacao* (CACAO) EN VIVERO"

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : Dr. JOSÉ WILFREDO ZAVALA SOLÓRZANO  
VOCAL : Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI  
VOCAL : M.Sc. JORGE LUIS ADRIAZOLA DEL AGUILA  
ASESOR : M.Sc. JAIME CHAVEZ MATIAS

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 08 DE MARZO, 2022

HORA DE SUSTENTACIÓN : 7:00 PM.

LUGAR DE SUSTENTACIÓN : SALA VIRTUAL (PLATAFORMA TEAMS)

CALIFICATIVO : BUENO

RESULTADO : APROBADO

OBSERVACIONES A LA TESIS : EN HOJA ADJUNTA

TINGO MARÍA, 13 DE OCTUBRE DE 2022

.....  
Dr. JOSÉ WILFREDO ZAVALA SOLÓRZANO  
PRESIDENTE

.....  
Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI  
VOCAL

.....  
M.Sc. JORGE LUIS ADRIAZOLA DEL AGUILA  
VOCAL

.....  
M.Sc. JAIME CHAVEZ MATIAS  
ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE INVESTIGACIÓN - DGI  
REPOSITORIO INSTITUCIONAL - UNAS  
Correo: [repositorio@unas.edu.pe](mailto:repositorio@unas.edu.pe)



“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° 372 - 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:

Agronomía

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
DOSIS DE BIOL LÍQUIDO Y FORMAS DE APLICACIÓN EN LA OBTENCIÓN DE PLANTONES DE Theobroma cacao (CACAO) EN VIVERO	ALEXANDER VELASQUEZ HUAYLLAS	<b>24 %</b> <b>Veinticuatro</b>

Tingo María, 27 de diciembre de 2024



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

Dr. Tomas Menacho Mallqui  
JEFE

C.C. Archivo

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

## FACULTAD DE AGRONOMÍA

### ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



#### “DOSIS DE BIOL LIQUIDO Y FORMAS DE APLICACIÓN EN LA OBTENCIÓN DE PLANTONES DE *Theobroma cacao* (CACAO) EN VIVERO”

<b>Autor</b>	: Alexander VELÁSQUEZ HUAYLLAS
<b>Asesor</b>	: Ing. M.Sc. Jaime Josseph CHÁVEZ MATÍAS
<b>Programa de investigación</b>	: Suelos y fertilizantes
<b>Línea de investigación</b>	: Fertilidad, clasificación, recuperación y manejo de suelos
<b>Eje temático</b>	: Aplicación de fertilizantes orgánicos
<b>Lugar de ejecución</b>	: Vivero productivo de la Asociación de Productores Bandera Blanca, en el centro poblado Bolaina, distrito de Luyando, Leoncio Prado, Huánuco
<b>Duración</b>	: 06 meses
<b>Financiamiento</b>	: Propio

**Tingo María – Perú, 2024**

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

## FACULTAD DE AGRONOMÍA

### ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

## REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DE TÍTULO

Universidad	: Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad	: Facultad de Agronomía
Título de Tesis	: “Dosis de biol líquido y formas de aplicación en la obtención de plántones de <i>Theobroma cacao</i> (cacao) en vivero”
Autor	: Alexander VELÁSQUEZ HUAYLLAS
DNI	: 43519256
Correo electrónico	: alexander.velasquez@unas.edu.pe
Asesor	: Ing. M.Sc. Jaime Josseph CHÁVEZ MATÍAS
Escuela Profesional	: Agronomía
Programa de Investigación	: Suelos y fertilizantes
Línea (s) de Investigación	: Fertilidad, clasificación, recuperación y manejo de suelos
Eje temático de investigación	: Aplicación de fertilizantes orgánicos
Lugar de Ejecución	: Vivero productivo de la Asociación de Productores Bandera Blanca, en el centro poblado Bolaina, distrito de Luyando, Leoncio Prado, Huánuco
Duración del trabajo	: 6 meses
Fecha de Inicio	: Febrero
Término	: Julio
Financiamiento	:
FEDU	: NO
Propio	: SI
Otros	: NO

**Tingo María - Perú - Noviembre, 2024**

## DEDICATORIA

### **A Dios:**

Porque estuvo en todo momento presente en mi corazón y pensamiento a quien debo y agradezco infinitamente por brindarme su ayuda, el quien me guiara a donde vaya y sé que nunca me abandonara.

Jowto Juana Huayllas Suilo, con infinito amor y eterna gratitud, por su abnegado sacrificio y constante aliento que hicieron de mí, un hombre de bien y un profesional.

Esperanza, José, Alfonso, Hipólito, Julio, Carlos y Sandra, por la incondicional ayuda que siempre me han brindado.

Luz Dorita Campos Vargas y a mis hijos Vincent Alexander, Axel Gael Santino y Alessia Aileen, que son el motivo de seguir adelante, en mis retos y progresos.

## **AGRADECIMIENTOS**

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por ser mi alma mater, por permitirme compartir en sus aulas, la satisfacción del aprender.
- A los docentes de la Facultad de Agronomía, por su calidad profesional y personal, quienes se mostraron alegres y con gran predisposición para entregarme sus conocimientos y experiencias.
- A los miembros del jurado de tesis: Dr. José Wilfredo Zavala Solórzano, presidente, Dr. Hugo Alfredo Huamani Yupanqui Miembro y M.Sc. Jorge L. Adriazola Del Águila miembros del jurado por sus invalorable aportes y revisión del presente trabajo de investigación.
- Al Ing. M.Sc. Chávez Matías, Jaime Josseph; Asesor de tesis, por su insuperable aporte a la presente investigación. Gracias por su enorme paciencia, empeño y gran calidad profesional.
- Al Ing. Erick C. Romero Carrión por su valioso apoyo, orientación, dedicación y compromiso que fueron fundamentales para la culminación del este trabajo de investigación.
- A todos mis compañeros, personas incomparables que me acompañaron durante este camino maravilloso.

El autor

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Objetivo general: .....	2
1.2. Objetivos específicos: .....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Cultivo de cacao.....	3
2.1.1. Generalidades .....	3
2.1.2. Importancia del cultivo de cacao.....	4
2.1.3. Cultivo de cacao en el Perú.....	4
2.1.4. Requerimientos climáticos y edafológicos.....	5
2.1.5. Instalación y manejo de vivero .....	6
2.2. Técnicas de fertilización .....	7
2.2.1. Fertilización foliar .....	7
2.2.2. Fertilización vía Drench.....	8
2.2.3. Fertilización disuelta e inyectada (Ferdin).....	8
2.3. Kallpapacha ® - líquido .....	8
2.4. Antecedentes de trabajos realizados .....	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	15
3.1. Lugar de ejecución .....	15
3.1.1. Ubicación .....	15
3.1.2. Zona de vida.....	15
3.1.3. Características climáticas .....	15
3.2. Materiales y métodos .....	15
3.2.1. Materiales y equipos .....	15
3.2.2. Metodología .....	16
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	24
4.1. Efecto de tres dosis de biol líquido mediante tres técnicas de aplicación en las características biométricas de plántones de cacao en fase de vivero.....	24
4.1.1. En la altura del plantón .....	24
4.1.2. En el diámetro del plantón .....	28
4.1.3. En la longitud radicular, volumen radicular, número de hojas y materia seca del plantón .....	32

4.2. Dosis y técnica de aplicación óptima de biol líquido para el desarrollo de plantones de cacao en fase de vivero .....	39
V. CONCLUSIONES .....	56
VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	57
VII. REFERENCIAS.....	58
ANEXOS	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Página</b>
1. Composición de los elementos presentes en Kallpapacha® - líquido. ....	9
2. Dosis de Kallpapacha® - líquido y recomendaciones por cultivo de acuerdo a métodos de aplicación. ....	10
3. Descripción de los tratamientos en estudio. ....	16
4. Modelo del análisis de variancia para los dos factores en estudio. ....	18
5. Modelo del análisis de variancia para los tratamientos en estudio. ....	18
6. Análisis fisicoquímico de los suelos utilizados para la elaboración del sustrato. ....	21
7. Análisis de varianza de la altura (cm) de plántones de cacao durante la fase de vivero. ....	24
8. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para la altura (cm) de plántones de cacao durante la fase de vivero según tratamientos en estudio. ....	25
9. Análisis de varianza del diámetro (mm) de plántones de cacao durante la fase de vivero. ....	28
10. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el diámetro (mm) de plántones de cacao durante la fase de vivero según tratamientos en estudio. ....	30
11. Análisis de varianza de la longitud radicular (cm), volumen radicular (cm <sup>3</sup> ), número de hojas y materia seca (g) de plántones de cacao a los 180 días de siembra durante la fase de vivero. ....	32
12. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para la longitud radicular (cm), volumen radicular (cm <sup>3</sup> ), número de hojas y materia seca (g) de plántones de cacao a los 180 días de siembra durante la fase de vivero según tratamientos en estudio. ....	34
13. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para la altura (cm) de plántones de cacao durante la fase de vivero según factores en estudio. ....	40
14. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el diámetro (mm) de plántones de cacao durante la fase de vivero según factores en estudio. ....	44
15. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para para la longitud radicular (cm), volumen radicular (cm <sup>3</sup> ), número de hojas y materia seca (g) de plántones de cacao durante la fase de vivero según factores en estudio. ....	48
16. Datos generales del experimento. ....	65

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1. Croquis del área del campo experimenta .....	19
2. Detalle del área de las unidades experimentales en estudio.....	20
3. Altura de los plántones de cacao durante la fase de vivero según tratamientos en estudio. ....	27
4. Diámetro de los plántones de cacao durante la fase de vivero según tratamientos en estudio. 31	
5. Longitud radicular (cm) de los plántones de cacao durante la fase de vivero según tratamientos en estudio.....	37
7. Número de hojas de los plántones de cacao durante la fase de vivero según tratamientos en estudio.....	38
8. Materia seca (g) de los plántones de cacao durante la fase de vivero según tratamientos en estudio.....	38
9. Niveles de crecimiento en altura de plántones de cacao durante la fase de vivero según factor dosis de biol líquido (a) y factor tipo de aplicación (b).....	42
10. Niveles de crecimiento en diámetro de plántones de cacao durante la fase de vivero según factor dosis de biol líquido (a) y factor tipo de aplicación (b).....	45
11. Longitud radicular (cm) de los plántones de cacao durante la fase de vivero según factores en estudio.....	50
12. Volumen radicular (cm <sup>3</sup> ) de los plántones de cacao durante la fase de vivero según factores en estudio.....	50
13. Número de hojas de los plántones de cacao durante la fase de vivero según factores en estudio. ....	51
14. Materia seca (g) de los plántones de cacao durante la fase de vivero según factores en estudio. ....	51
15. Grado de relación de las variables altura-diámetro de los plántones de cacao durante la fase de vivero según factores en estudio. ....	52
16. Grado de relación de las variables materia seca-altura de los plántones de cacao durante la fase de vivero según factores en estudio. ....	52
17. Grado de relación de las variables materia seca-diámetro de los plántones de cacao durante la fase de vivero según factores en estudio. ....	53

18. Grado de relación de las variables materia seca-número de hojas de los plantones de cacao durante la fase de vivero según factores en estudio. ....	53
19. Grado de relación de las variables materia seca-longitud radicular de los plantones de cacao durante la fase de vivero según factores en estudio. ....	54
20. Grado de relación de las variables volumen radicular-longitud radicular de los plantones de cacao durante la fase de vivero según factores en estudio. ....	54
21. Preparación del sustrato a base de suelo ácido .....	78
22. Disposición de las bolsas en el área experimental .....	78
23. Desinfección de los sustratos .....	79
24. Plantones en estudio a los 90 días de evaluación.....	79
25. Preparación del biol líquido Kallpapacha para las aplicaciones .....	80
26. Dilución del producto para la aplicación Drench.....	80
27. Dilución del producto para la aplicación Ferdin .....	81
28. Aplicación vía foliar.....	81
29. Aplicación vía Drench .....	82
30. Medición de la altura de los plantones.....	83
31. Disposición de equipos para la medición de variables .....	83
32. Disposición de plantas para la evaluación radicular .....	84
33. Medición de la longitud radicular .....	84

## RESUMEN

La investigación evaluó el efecto de tres dosis del biol líquido “Kallpapacha” y tres formas de aplicación en el desarrollo de plántones de cacao en vivero, usando suelos ácidos como sustrato durante 180 días. El estudio, realizado en Luyando (Huánuco), consideró un diseño factorial con once tratamientos, incluyendo dos testigos (fertilización nitrogenada y absoluto), para analizar la interacción entre dosis y métodos de aplicación del biol. Se demostró que los tratamientos mostraron altas diferencias significativas en la altura, diámetro, longitud radicular, volumen radicular, número de hojas y materia seca por plánton.

Se concluye que a los 180 días después de la siembra los mayores valores alcanzados fueron en altura 39,46 cm, el número de hojas 17,35 y materia seca 13,33 gr. por plánton correspondiente al tratamiento T<sub>3</sub> (3 L biol líquido /200 L solución + vía foliar); y se obtuvieron resultados para el diámetro 8,55mm, longitud radicular 49,80 cm y el volumen radicular 8,41 cm<sup>3</sup> por plánton, correspondientes para el tratamiento T<sub>5</sub> (2,5 L biol líquido /200 L solución + vía Drench) presentó los mayores registros. El experimento muestra cómo influyen las dosis de Kallpapacha en el desarrollo de las variables biométricas de los plántones; así como la efectividad de las técnicas de aplicación vía foliar, para las variables longitud de raíces, volumen radicular, número de hojas y materia seca y de la técnica vía Drench para la altura y diámetro de plánton.

**Palabras clave:** Kallpapacha, técnica de aplicación, cacao

## ABSTRACT

The research evaluated the effect of three doses of the liquid slurry "Kallpapacha" and three application methods on the development of cacao seedlings in a nursery, using acidic soils as a substrate for 180 days. The study, conducted in Luyando (Huánuco), used a factorial design with eleven treatments, including two controls (nitrogen fertilization and absolute), to analyze the interaction between doses and application methods of the slurry. It was shown that the treatments showed significant differences in height, diameter, root length, root volume, number of leaves, and dry matter per seedling.

It is concluded that at 180 days after planting the highest values reached were in height 39.46 cm, the number of leaves 17,35 and dry matter 13,33 gr. per seedling corresponding to treatment T<sub>3</sub> (3 L liquid biol /200 L solution + foliar route); and results were obtained for diameter 8.55 mm, root length 49,80 cm and root volume 8.41 cm<sup>3</sup> per seedling, corresponding to treatment T<sub>5</sub> (2,5 L liquid biol /200 L solution + Drench route) presented the highest records. The experiment shows how the doses of Kallpapacha influence the development of the biometric variables of the seedlings; as well as the effectiveness of the foliar application techniques, for the variables root length, root volume, number of leaves and dry matter and the Drench technique for the height and diameter of the seedling.

**Key words:** Kallpapacha, application technique, cocoa

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el cultivo de cacao es identificado como promisorio en diversas zonas de la selva peruana, debido a que influyen en gran manera en el comportamiento del mercado, así como al incremento periódico del precio del producto en los últimos años, por lo que diversas instituciones promueven su instalación y manejo. Por ello, para la desarrollo y mejoramiento de las áreas de cultivo, se hace inevitable producir plántones que sean de buenas características, las cuales permitan garantizar buenos rendimientos y mejorar los niveles de productividad; en ese sentido, se recomienda utilizar semillas de buena calidad, con buena capacidad productiva y con alta tolerancia a enfermedades, lo cual se complementa con un adecuado manejo durante la fase de vivero.

Particularmente, el vivero es una de las etapas más críticas e importantes dentro de la producción del cacao con fines comerciales; así, se tiene que uno de los principales problemas en esta fase y lo que impide obtener plántones de buena calidad, es el mal desarrollo del sistema radicular, lo que provoca un mal desarrollo vegetativo; entre las causas más comunes a esto se tiene a los problemas de fertilidad del sustrato, prácticas equívocas de fertilización, lo que produce intoxicación y por las malas técnicas de fertilización complementaria de inductores hormonales con el fin de mejorar la actividad fisiológica de la planta. Asimismo, se sabe que el cultivo de cacao requiere de suelos con amplia disponibilidad de nutrientes, de textura franca, de una moderada profundidad y con un nivel de pH de 5,5 – 6,5; características que limitan la producción en ciertas zonas, como el distrito de Luyando, donde la naturaleza de los suelos presenta importantes áreas degradadas, de suelos ácidos y pobres. En esta zona los productores utilizan suelos de otros lugares para la elaboración de sus sustratos durante la producción en vivero, así como fertilizantes convencionales sin ver mejoras significativas en la calidad de sus plántones.

Por otro lado, se tiene el Kallpapacha® líquido, un fertilizante con efecto de inducción nutricional y hormonal, con activación fisiológica en toda la planta y con acción de recuperación del suelo. Este producto no está siendo utilizado en la fabricación de plántones de cacao y aunque no exista evidencia científica, se recomienda la aplicación de este producto por vía Drench o Ferdin y no por vía foliar. En este contexto, se hace necesario evidenciar estadísticamente el efecto del Kallpapacha® líquido en el desarrollo de plántones de cacao usando suelos ácidos en la fase de vivero; asimismo determinar la eficiencia en distintas formas de fertilización en tres niveles de concentración, por lo que nos planteamos la siguiente hipótesis: La aplicación de distintas dosis de biol líquido mediante diferentes técnicas genera

efectos en las características biométricas que determinan que los plantones de cacao se desarrollen durante la fase de vivero.

**1.1. Objetivo general:**

Evaluar el efecto de tres dosis de biol líquido mediante tres formas de aplicación en el desarrollo de plantones de cacao en vivero.

**1.2. Objetivos específicos:**

1. Determinar el efecto de tres dosis de biol líquido mediante tres técnicas de aplicación en el desarrollo de plantones de cacao en vivero.
2. Determinar la dosis óptima de biol líquido durante el desarrollo de plantones de cacao en vivero.
3. Determinar la técnica de aplicación óptima de biol líquido durante el desarrollo de plantones de cacao en vivero.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Cultivo de cacao

#### 2.1.1. Generalidades

El cacao es una especie oriunda del sur de América, del ámbito que comprende la Amazonía. En México, en la antigüedad, la cultura Azteca la consideraba como “la bebida de los dioses”, a partir del cual se origina su nombre (Theo – broma: bebida de dios). Los españoles la llevaron a Europa, donde se convirtió en uno de los más notorios productos de consumo: el chocolate (Isla y Andrade, 2009).

Es un árbol de longitud media (5 - 8 metros) llegando a registrar alturas de hasta 20 m cuando se desarrolla naturalmente sin intervenciones ni manejo. Posee una densa corona en el follaje, de forma redondeada y con un diámetro desde 7 a-9 metros. Posee un fuste de forma recta que se desarrolla de diversas maneras, según la zona y a las características medioambientales. El sistema radicular está compuesto de una primera raíz, pivotante y de varias secundarias, la cuales se desarrollan en los primeros 30 cm de suelo. Posee una hoja simple, entera y de una coloración verde muy versátil (morado o rojizo, color café claro y verde pálido) y de pecíolo corto. La especie desarrolla flores pequeñas, las cuales, igual que el fruto, se presentan en racimos pequeños encima del tejido maduro del tronco y las ramas de una planta de más de un año de edad, en torno a las zonas donde se desarrollaron hojas anteriormente. Posee una polinización promovida por insectos principalmente, de las cuales destaca una especie del género *Forcipomya*. Los frutos presentan variabilidad en relación al tamaño, color y forma, mayormente registran forma de baya, con 30 cm de largo y 10 cm de diámetro, de una textura lisa o acostillada, de forma elíptica y presenta una coloración diversa (rojo, amarillo, morado o café). Los árboles comienzan a producir frutos a partir de los 3 o 4 años desde su instalación, estudios mencionan que pueden producir frutos de calidad hasta por 30 años (ANACAFE, 2004).

En la actualidad, en el continente americano, se cultiva desde México hasta Brasil; este último país posee la mayor superficie cultivada, siendo el 40 % del total de la región, seguido de Ecuador con el 24 %, Colombia con 9 %, República Dominicana con 9 %, Perú el 6 % y Venezuela con el 4 %. En la región, las superficies de cultivo se han ido incrementando desde el año 2006 – 2016 de manera sostenida, este crecimiento se concentró en países como Colombia, Ecuador, Brasil, República Dominicana y Perú las cuales, conjuntamente, registran un acrecentamiento del área superficial sembrada de aproximadamente 354 000 hectáreas. En Colombia y Perú las superficies de cultivo han

aumentado en más del 100 % si se compara con la superficie del 2006 (FAO, 2018). Sin embargo, de acuerdo a Isla y Andrade (2009), este comportamiento no se ha evidenciado en los niveles del rendimiento productivo en el cultivo. Los registros del rendimiento no han evidenciado variaciones de importancia en relación al tiempo, al contrario, se muestran periodos de decrecimiento y de crecimiento. Este panorama pone en evidencia las diferentes problemáticas que aún afronta el sector productivo del cacao, al ser este cultivo sensible a los factores climatológicos, llegando a ser muy relevante. La variabilidad climática en la que el ciclo fisiológico del cultivo se desarrolla, es otra situación que condiciona la incidencia de plagas.

### **2.1.2. Importancia del cultivo de cacao**

Para varios países de América Latina y el Caribe, el cacao es muy valioso porque es parte de su desarrollo y tradición, debido a que, desde la época colonial, ya se iba produciendo para exportar a otros países, en razón a ello es importante porque fomenta la dinámica de las economías. Al margen de los posibles beneficios económicos a obtenerse, el cacao también se considera como una alternativa para afrontar los detrimentos del cambio climático, así como una especie de reemplazo a especies ilícitas (Sánchez et al., 2019). En Latinoamérica y el Caribe, este cultivo es muy importante se refleja en los 1,8 millones de hectáreas que en la actualidad se encuentran en producción; área que se ha venido incrementando periódicamente desde el 2006, lo cual ha sugerido un aumento en los niveles de producción, con ello, la oferta del producto, especialmente del grano de cacao. El aumento del consumo del chocolate en el mundo, podrían ser consecuencias de las apariencias en el incremento de consumo del chocolate a nivel internacional y la ocasión para el desarrollo de los demandantes de la cadena de valores, y en particular a los agricultores (FAO, 2018).

### **2.1.3. Cultivo de cacao en el Perú**

En la actualidad, el Perú es el país que se ubica como segundo productor en el mundo, posicionándose como agroexportador de cacao fino, debido a que su fruto posee diversos atributos ideales para la elaboración del chocolate, entre los cuales destacan su aroma y sabor único, logrando establecerse en la lista de alimentos de propiedades antioxidantes. Para el año 2015, nuestro país fue apreciado como el tercer productor de cacao en Latinoamérica y el Caribe, registrando 87 317 toneladas de 120 000 hectáreas cultivadas, las principales zonas productoras son Amazonas, San Martín, Cusco, Junín, Ayacucho, y Huánuco. La actividad productiva de cacao logró producir 8,2 millones de jornales anuales aproximadamente, teniéndose que la actividad beneficia en forma directamente a más de 90 000 familias, y de manera indirecta a 450 000 personas, de las cuales, la mayor parte pertenecerían a la zona de

selva (Alcalde et al., 2017). Las importaciones al mundo de cacao en grano desde el Perú, entre los años 2013 y 2017, aumentaron en 6,3 % en promedio al año; siendo el 2019 el periodo de mayor crecimiento debido a que registra un crecimiento de hasta 189,0 %. Se reconoce que los demandantes de esta materia prima provienen sector industrial, siendo Países Bajos, Bélgica, Alemania, España Reino Unido, Francia y Estados Unidos los principales países que importan este producto (MINAGRI, 2019).

López et al. (2020) menciona que al realizarse un análisis particular del estado situacional del cultivar de cacao en Perú utilizando la técnica FODA se puede apreciar Fortalezas y Oportunidades de gran importancia para hacer de la actividad productiva del cacao, un rubro de gran importancia económica. No obstante, al analizarse las debilidades y amenazas, se evidencia el cultivo representa una posibilidad socioeconómica, de un gran potencial y que influiría económicamente en una mejor calidad de vida para los productores, registra diversas problemáticas para para su crecimiento, estas se ubican principalmente en el orden de las Debilidades. Por su parte, Barrientos et al. (2014.), mencionan diversas limitaciones en el cultivo, entre las cuales resalta que, la mayoría de los productores poseen reducidas unidades productivas con menos de cinco hectáreas, asimismo, no conocen sobre costos productivos y carecen de conocimientos de estándares a cumplir en la certificación de su producto; la mayoría de productores no tiene acceso a un crédito que se adecúe a la capacidad de su unidad productiva, la mayor producción viene realizando de manera personal, sus niveles de organización son débiles, se asume que un 70 % de los productores cacaoteros no se encuentran organizados.

A pesar de ello, el Perú registra un crecimiento promedio de 8,4 % anualmente; el cual solo es superado solo por el incremento de la producción registrada en México (8,6 %) y Uganda (13,3 %). Los índices de exportación en Perú han mantenido un patrón de crecimiento del 16,7 % anual. Las exportaciones de los países de la Unión Europea (Países Bajos, Bélgica) corresponden a reexportaciones. La Unión Europea es el mayor receptor del cacao de los países en desarrollo (MINAGRI, 2019).

#### **2.1.4. Requerimientos climáticos y edafológicos**

El cacao es una especie que puede desarrollarse en zonas con altitudes de hasta 1200 msnm, altitudes superiores representan problemas a la floración debido a la susceptibilidad a la caída de flores y frutos en condiciones de frío. La especie se puede desarrollar en condiciones de secano, entre niveles de precipitación que van desde 800 – 2600 mm/año; a estas condiciones requiere de una sombra temporal y permanente, pero con horas prolongadas de luz; cuando se cultiva en condiciones de riego las precipitaciones pueden ser

menores a los 800 mm y puede cultivarse sin sombra. El suelo requerido como cultivo perenne, es de amplia profundidad (superior a 1m), de textura limosa a arcillosa, los depósitos aluviales (terrenos inundables estacionalmente) son los idóneos para el desarrollo del cultivo (Isla y Andrade, 2009).

## **2.1.5. Instalación y manejo de vivero**

### **2.1.5.1. Establecimiento del vivero**

El vivero de cacao es un área adecuada, generalmente se constituye por tinglado y camas de crecimiento en las que se producirán plántones, los cuales previamente fueron seleccionados, de buenas características biométricas, de gran vigorosidad y sanos, estos permanecen un período que está entre los tres y seis meses; pasado este tiempo, las plantas son trasladadas para su instalación a campo definitivo. Según Arévalo et al. (2004), durante su etapa inicial, los plántones de cacao deben contar un sombreado adecuado; a partir del primer mes de desarrollo en el vivero, se deberá regular gradualmente la sombra, permitiéndose el ingreso de luz solar con una intensidad aproximada del 60 % hasta el momento de efectuar el trasplante a campo definitivo; de la misma manera, los viveros deben ser instalados en zonas con un adecuado acceso, cerca de fuentes de agua, y del área definitiva donde se va a trasplantar; es recomendable que el vivero se oriente de este a oeste, la topografía puede ser plana, pero preferentemente con una ligera inclinación. El tamaño del vivero debe estar acorde al número de plántones que se planea producir.

### **2.1.5.2. Preparación del sustrato**

Según Arévalo et al. (2004), para la obtención de plántones de cacao de buena calidad, es necesario tener en consideración los niveles nutricionales del sustrato a emplearse y del modelo tecnológico empleado en el vivero. Paredes (2003), refiere que durante el llenado de las bolsas, deberá utilizarse tierra virgen, con un buen nivel de materia orgánica; asimismo, para mejorar la calidad del sustrato se debe adicionar cinco kilogramos de guano de isla a 12,5 carretillas de tierra, cantidad suficiente para el llenado de 500 bolsas. Los autores recomiendan un control fitosanitario durante el llenado de las bolsas, el cual consiste en realizar un tratamiento preventivo al suelo con agua caliente o solarización para evitar la presencia de microorganismos patógenos. Asimismo, Isla y Andrade (2009) recomiendan una mezcla con una relación del 3:1, o sea, 3 partes de suelo agrícola (recolectado de 0-10cm de la superficie) con una parte de arena.

### **2.1.5.3. Llenado de bolsas de vivero**

Arévalo et al. (2004), recomiendan que las bolsas para el llenado estén fabricadas de polietileno de color negro, de treinta cm de largo, 15 cm de ancho y 0,2 mm

de espesor, con 4 a 8 agujeros ubicados en la base. Las bolsas deberán llenarse hasta la mitad golpeándolas suavemente contra el suelo. Las bolsas llenas son puestas en hileras pares de manera vertical con espacios de 10 cm entre hileras. A su vez Isla y Andrade (2009) mencionan que durante esta labor se deberá considerar que las bolsas se encuentren bien llenas, taconeadas, evitando espacios vacíos (con arrugas); al colocarlas se le debe dar un espaciado óptimo para que las plantas crezcan sin competencia.

#### **2.1.5.4. Preparación y siembra de la semilla**

Según Rimache (2008) se debe conocer el biotipo de las plantas productoras de semilla; por eso Arévalo et al. (2004) recomienda utilizar el material genético de híbridos que registren frutos sanos y grandes, sin sobremaduramiento y de cualquier zona del árbol. Posteriormente, según Palencia et al. (2003), se debe cosechar, extraer y lavar las semillas, para eliminar el mucílago. Posteriormente, las semillas deben ser frotadas con suavidad utilizando arena, aserrín o ceniza y realizarse el tratamiento de desinfección con Benomil al 1 %; puede realizarse directamente la siembra o realizarse el pregerminado en bolsas abrigándose con aserrín húmedo, rastrojos secos en bolsa de plástica. Se aprecia la aparición de la radícula en la semilla a los 3 días después del pregerminado (Arévalo et al., 2004).

#### **2.1.5.5. Manejo del vivero**

Para Arévalo et al. (2004), el riego en los viveros se encuentra relacionado a las características climáticas del sitio, siendo lo de mayor importancia que el sustrato se encuentre húmedo siempre, asimismo, detalle que preferentemente el riego se realice a primeras horas de la mañana o por la tarde, empleando regaderas u otro depósito disponible que garanticen un riego uniforme, a fin de conservar la humedad adecuada. El deshierbe en el vivero se deberá realizar procurando que no se desarrollen malezas, pues éstas representan competencia con la planta por nutrientes y otros, por ello, se recomienda un control manual y las veces que se procuren necesario. Asimismo, durante la etapa de vivero deberá realizarse la selección de plántones, iniciándose al segundo mes del desarrollo de cada individuo, para es considerará la eliminación de plantas raquílicas, deformadas, poco vigorosas y enfermas.

## **2.2. Técnicas de fertilización**

### **2.2.1. Fertilización foliar**

De acuerdo a Venegas (s.f.), esta técnica consiste en aplicar una mezcla con nutrientes directamente al follaje de las plantas con el objetivo de mejorar deficiencias específicas de determinados nutrientes durante el desarrollo del cultivo, asimismo, para ser complemento al fertilizar el suelo, por esto también se le llama fertilización complementaria. La fertilización foliar es una parte integral de un programa de nutrición y protección vegetal

aplicando productos de comprobada respuesta durante la producción, anticipando el requerimiento nutritivo; solucionando problemas puntuales. La absorción de nutrientes presenta una eficiencia superior con la fertilización foliar en relación a la fertilización al suelo permitiendo así el poder aplicar los nutrientes específicos que las plantas requieren para establecer un mejor beneficio; a nivel fisiológico, los nutrientes también pueden ser absorbidos vía foliar aumentando el número de aplicaciones. Este método ha demostrado ser un método idóneo para el abastecimiento de las demandas por micronutrientes (Zn, Fe, Cu, Mn, B, Mo), también parte del requerimiento de N, P, K, Ca, Mg, S.

### **2.2.2. Fertilización vía Drench**

La técnica Drench tiene como significado “mojado”, es una técnica consistente en la aplicación, sobre la superficie del suelo, de una mezcla de nutrientes tradicionales previamente disueltos en agua (AGROBANCO, 2012). Según Villalobos (2006), el término Drench se utiliza como referencia a la incorporación de un determinado agroquímico al suelo disuelto en el agua de riego. Asimismo, el mismo autor agrega que la aplicación del Drench está referida a brindar los nutrientes necesarios para el desarrollo óptimo del sistema radicular que garantice una mejor disponibilidad y capacidad de adsorción de nutrientes permitiendo a la vez un mejor desarrollo de su parte estructural desde sus primeras semanas.

### **2.2.3. Fertilización disuelta e inyectada (Ferdin)**

PROCAFE (2008), considera que la fertilización disuelta e inyectada (Ferdin) es uno de los métodos de mayor importancia en algunos países como El Salvador. Es una técnica efectiva y que requiere un bajo costo de inversión para la fertilizar de un cultivo, consistente en la aplicación mediante un inyector especial, en las raíces absorbentes de la planta, de determinados nutrientes de uso tradicional mezclándolos y disolviéndolos en agua, (el fertilizante es suministrado directamente al suelo en la superficie del área de abonamiento). Los resultados obtenidos son favorables en el desarrollo y crecimiento de los brotes, con colores intensos del follaje, de igual manera las producciones son iguales o superiores a lo registrado empleando una fertilización tradicional. Rivera (2003), recomienda que si se trata de viveros, recomiendan que se hagan en bolsas de 8x2 pulgadas o 9x12, eso permite el uso del equipo sin dañar plantas ni bolsas; asimismo, recomienda que cada vez que se añade un fertilizante se agita la mezcla, al haber disuelto todos los componentes se agregan agua hasta completar 200 L.

## **2.3. Kallpapacha® - líquido**

De acuerdo a AGROSCIENCE (2016), Kallpapacha es el resultado de una mezcla de diversas fuentes orgánicas de algas, restos líquidos de la industria cárnica de ganado vacuno,

proteínas, aminoácidos y conjuntos microbianos activos. Posee elementos como: NPK, aminoácidos, proteínas, microelementos, microorganismos, material orgánico líquido oxidado, EHT y ácido carboxílico por lo que cumple funciones de “biofertilizante” en vía foliar o suelo como “enmienda” al ser suministrado al suelo.

**Tabla 1.** Composición de los elementos presentes en Kallpapacha® - líquido.

Elementos	Composición
Nitrógeno total	4,25 a 6,50
Fósforo	5,00 a 124,00 mg/L
Potasio	38,21 a 41,31 %
Calcio en solución	33,60 %
Magnesio en solución	2,84 %
Azufre	11,44 %
Zinc	174,00 ppm
Cobre	23,40 ppm
Cobalto	0,12 ppm
Molibdeno	0,10 ppm
Hierro	147,84 ppm
C/N	1,00 a 5,81

Fuente: AGROSCIENCE (2016)

En la misma publicación se detalla que es un inductor hormonal regulador fisiológico, abono foliar o núcleo nutricional húmico hormonal o-biótico líquido estabilizado (NNHHOLE) de última generación, desarrollado bajo la tecnología ACTIPLANT; también considerado como un fertilizante de acción hormonal y nutricional que activa el sistema fisiológico de la planta, o considerado como enmienda orgánica al ser aplicado en la recuperación del suelo y presenta las siguientes características:

**Composición “8 en 1”:** Tiene promotores fenológicos (NPK), activadores enzimáticos metálicos y no metálicos (Ca, Mg, S, Fe, Cu, B, Mo), como inductores hormonales (Auxinas, giberelinas y citoquininas), extractos húmicos (Ácidos húmicos, fúlvicos y huminas), los bionutrientes (Proteínas y aminoácidos), materia orgánica oxidada con una relación C/N menor de 5 y Pro bióticos en consorcio microbiano.

**Función:** Acción polifuncional, fertilización completa en sus tres niveles de obtención de nutrientes, regulación y la activación hormonal y fisiológica de toda la planta, como la activación y recuperación del suelo.

**Usos:** En la agricultura orgánica y convencional, en cualquier situación edafoclimática y en todas las etapas fenológicas del cultivo.

**Aplicación:** directamente a la planta en forma foliar, o al suelo, a través del sistema de riego.

Como adherente recomiendan utilizar de 1 a 2L por timbo de 200L, aplicar antes de los plaguicidas; para la sinergia de plaguicidas se debe emplear 1 L por cada timbo de 200L de agua, debido a los componentes que tiene posee la capacidad de potenciar la eficiencia de los plaguicidas; la dosis recomendada es de 3 a 5 L, son idóneas para la recuperación de cultivos en proceso de estrés o al atacados por enfermedades o plagas.

**Tabla 2.** Dosis de Kallpapacha® - líquido y recomendaciones por cultivo de acuerdo a métodos de aplicación.

Método de aplicación	Cultivo	Dosis/ 200 L de agua	N° de aplicaciones
Vía foliar	Plantas chicas recién emergidas sin fertilización de fondo en campo definitivo.	1 a 2L	Se debe aplicar al área de emergencia cuando el campo se encuentre enteramente uniforme. Se debe repetir cada 7 o 10 días.
	Plantines en viveros o almácigos, en etapa de crecimiento y pre trasplante	0,5 a 1L	Se debe aplicar después de la emergencia, cada 3 a 7 días con los plaguicidas correspondientes y antes de salida de vivero aumentar dosis a 1 0 2 L/200L agua.
	<b>Hortalizas:</b> Tomate, papa, apio, ají, rocoto, pimiento, lechuga, culantro, col, coliflor, acelga, espinaca, espárrago, alcachofa.	En mezcla con otros foliares: 1 a 2 L. Sólo Kallpapacha: de 3 a 5L	Se debe aplicar en las primeras etapas de desarrollo. Volver hacer las aplicaciones cada 15 a 20 días empezar cuando la planta tenga 3-4 semanas.

Método de aplicación	Cultivo	Dosis/ 200 L de agua	N° de aplicaciones
	<b>Cucurbitáceas:</b> zapallo, zapallito italiano, melón, zapallo, caigua. Sandia.		Se debe aplicar durante las primeras 2 a 3 semanas de ciclo de vida, volver a realizar cada 7 a 10 días.
	<b>Frutales:</b> Cítricos, vid, olivo, papaya, manzana, palto, lúcuma, melocotón.		Deberá realizarse la primera aplicación al brotamiento, luego en la floración y fructificación. Volver a realizar la aplicación a los 7 a 10 días.
	Cebada, Trigo, Maíz, Arroz y pastos.		Emplear en las primeras 2 a 3 semanas del periodo vegetativo.
	Ornamentales y flores		Volver a hacer las aplicaciones cada 15 a 20 días
Método de aplicación	Cultivo	Dosis/ cilindro	N° de aplicaciones
Vía Drench	Todos	3 a 5L	Según las necesidades del cultivo, por lo menos 3. Obligatoriamente el producto debe llegar a las raíces del cultivo.

Fuente: AGROSCIENCE (2016)

#### 2.4. Antecedentes de trabajos realizados

La aplicación de fertilizantes foliares no es una práctica generalizada en la producción del cacao, a su vez, no se registran investigaciones específicas en este campo. En el mercado se pueden encontrar una serie de fertilizantes foliares que concentran diversos elementos como micro y macronutrientes en diversas concentraciones que actúan como bioactivador y bioestimulantes en base a hormonas y aminoácidos vegetales (giberelinas, citoquininas, auxinas) y algas. Es importante indicar que en los productos agrícolas de venta hacia el público para aplicación al suelo y vía foliar, deben ser analizados, estudiados y diferenciados sus valores nutritivos, así como gestionarse investigaciones en cacao en sus distintas etapas fenológicas. Las acciones que se realicen de campo con productores cacaoteros de buen rango tecnológico y en asociación a cooperativas y empresas, deben ser evaluadas

viendo su viabilidad para su ejecución a nivel de trabajos de tesis, prácticas o investigaciones, dando así importancia a los reguladores del desarrollo en el crecimiento y productividad de las plantas, como promotores a las respuestas fisiológicas (Cueva, 2013).

La eficacia de la fertilización foliar es variable con relación a la especie y las sustancias que se involucran en el proceso, así como en los procesos de absorción, la cual influye en grandes aspectos (Vinicio, 2002). Durante este proceso se da la intervención de factores extraños como la acumulación del producto, como la valencia del elemento, nutriente involucrado, ión acompañante, la forma y tecnología de aplicación. Asimismo, hay factores intrínsecos de la planta con metabolismo permeable de la membrana y la cutícula (Salas, 2002).

No existen investigaciones específicas respecto al uso del biol Kallpapacha en el cultivo de cacao; sin embargo, es importante mencionar la investigación de Montes (2020) quien se planteó como objetivo determinar la influencia de la aplicación de enmiendas líquidas comerciales y abonos verdes para evaluar los aspectos químicos, físicas y biológicos del suelo donde se había producido espárragos bajo dos formas de conductividad eléctrica en un sistema de riego. Se plantearon (brócoli) T<sub>1</sub>, (coliflor) T<sub>2</sub>, (brócoli + coliflor) T<sub>3</sub>, (Kallpapacha) T<sub>4</sub>, (brócoli + Kallpapacha) T<sub>5</sub>, (coliflor + Kallpapacha) T<sub>6</sub>, (brócoli + coliflor + Kallpapacha) T<sub>7</sub> y (testigo sin aplicación) T<sub>8</sub>. Como resultado, el fósforo se comportó asimilable en T<sub>2</sub> de 32,9 % superior que el T<sub>8</sub> en condiciones de 2,00 mmhos; la composición de material orgánico bajo condiciones de 2,00 mmhos, el T<sub>4</sub> T<sub>3</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>1</sub> mostraron aumentos de, 19,2 %, 41,2 %, 50,3 % y 68,7 % respectivamente; con respecto a las cualidades biológica en la respiración microbiana (mg CO<sub>2</sub>. g de suelo-1.día<sup>-1</sup>) en condiciones de 2,00 mmhos resultando superiores en los tratamientos: T<sub>3</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>4</sub>, y T<sub>2</sub>, con 0,026, 0,027, 0,028, 0,028 y 0,032 respectivamente; la respuesta de los individuos mesófilos totales (UFC. g de suelo seco<sup>-1</sup>) tuvo un aumento gracias a la adición de material orgánico y abono verde, siendo en condiciones de 2,00 mmhos el T<sub>6</sub> con mejor aumento de 186 % con respecto a la población genuina; con esto la autora demuestra, en la condición del ensayo, que la rotación de cultivos es un trabajo que beneficia de mejor manera que el descanso del terreno.

Existen diversas formas de biol líquido, por lo que las investigaciones respecto a su aplicación son vastas; no obstante, se resalta la investigación de Martínez (2018), quien se planteó como objetivo, calificar el efecto de 3 dosis de biol en el estado de vivero del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.), el cual se ejecutó en la Región Ucayali distrito de Padre Abad. Se evaluaron 3 tratamientos y 1 testigo sin fertilización, el tratamiento 1 se basó en aplicar el biol vía foliar (2,5 %), al tratamiento 2 se basó en una dosis foliar de mezcla de biol al (5 %), el tratamiento 3 en uso foliar de la dosis a (7,5 %); en todo el trabajo experimental se hicieron

10 aplicaciones programadas, a los 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70 días realizadas después de sembrar la semilla pre germinada del cacao en las bolsas del vivero. El autor concluye principalmente que el uso de biol al 7,5 %, generó resultados superiores de diámetro de tallo, altura de planta, longitud de tallo, número de hojas, ancho de hoja y longitud de hoja siendo el tratamiento testigo (sin aplicación de biol) el que resultó con promedios inferiores en el desarrollo vegetativo. El análisis de costo demostró que la uso de biol al 7,5 % resultó superior en costos que la aplicación de abono líquidos químicos Hummax, siendo el uso de biol al 5 %, el que se relaciona mejor con el abono foliar químico.

También a Mamilovich (2018), quien en la zona de Tingo María, Huánuco, determinó el efecto del Biol y Estiércol de ovino en las propiedades del suelo y en el crecimiento de los plántones de cacao CCN-51 en la fase de vivero; para ello, realizó evaluaciones cada 15 días, durante los 6 meses de evaluación. El análisis señaló que el mejor resultado en altura de los plántones de cacao CCN51 lo obtuvo el T<sub>4</sub> (Suelo agrícola + biol 1,5 L) con 0,59 cm y el menor, el T<sub>5</sub> (testigo) con 0,44 cm. Respecto al diámetro de tallo obtuvo el mejor resultado el T<sub>4</sub> (Suelo agrícola + biol 1,5 L) con 0,71 cm y el menor el T<sub>2</sub> (testigo) con 0,45 cm; tanto en el contenido de número de hojas; el mayor resultado lo obtuvo el T<sub>5</sub> (testigo) con 7,15 unidades y el menor lo obtuvo el T<sub>2</sub> con 6,51 unidades; respecto al área foliar, consiguió el mejor resultado el T<sub>4</sub> (Suelo agrícola + biol 1,5 L) con 174,05 cm<sup>2</sup> y el menor resultado lo presentó el tratamiento T<sub>5</sub> con 126,35 cm<sup>2</sup>. En ese sentido, la autora concluye que el tratamiento 4 (Suelo agrícola + biol 1,5 L) presenta los mejores resultados durante la producción de plántones, lo cual indicaría que esa dosis es la mejor elección.

Se tiene la investigación de Sajami (2013), el cual tiene como objetivo apresurar el crecimiento de plántones de cacao durante la fase de vivero y establecer la dosis más apta de biofermento, que fue preparado durante 45 días. Los resultados detallan que existieron efectos del biofermento en el crecimiento de plántones que se manifestaron en la altura, diámetro de tallo, peso total y área foliar por plánton. La dosis adecuada que se determinó fue de 2L biofermento/20L de H<sub>2</sub>O. Así, se tuvo que el T1 con el nivel de 0,5L de biofermento/20 L de H<sub>2</sub>O registró el menor costo/beneficio para el agricultor.

La investigación de Potesta (2018) en la cual se planteó como objetivo principal valorar el efecto del abono orgánico líquido bajo la técnica drench en las propiedades del suelo y la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) orgánico en la provincia de Oxapampa-Pasco. Tuvo como tratamientos: T<sub>1</sub>: testigo absoluto, T<sub>2</sub>: 200 mL/planta de abono orgánico líquido (drench), T<sub>3</sub>: 400 mL/planta de drench y T<sub>4</sub>: 600 mL/planta de drench. Los resultados indican efectos significativos para  $p < 0.1$  en el rendimiento del cacao, el T<sub>3</sub> presentó mejor respuesta al

presentar el mayor rendimiento (1 127,66 Kg/ha). Los principales indicadores químicos del suelo, pH, P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> y Al<sup>3+</sup> no presentaron diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ), a excepción de la materia orgánica. Teniendo como conclusión, que la aplicación del fertilizante líquido orgánico aplicado bajo la técnica drench no mejoró las propiedades del suelo, pero sí, produjo un aumento significativamente positivo en el rendimiento del cacao.

También es importante mencionar la tesis de Pisco (2018) quien evaluó el efecto de cuatro fertilizantes compuestos, Bayfolan suelo azul, Compomaster cacao, Compomaster 20-20-20 y Nitrofoska azul, a unas dosis de 2,40, 1,70 y 1,00 kg/ha en el crecimiento de los plántones de cacao (*Theobroma cacao L.*) usando suelos ácidos como sustrato durante 120 días en vivero en la provincia de Tocache. Fueron evaluaron catorce tratamientos, de los cuales, doce tratamientos son en base a los fertilizantes y los otros dos fueron Compost (T<sub>13</sub>) y suelo degradado (T<sub>14</sub>). Los resultados demuestran que los plántones de cacao del sustrato en base a Compost y suelo Dystropepts, consiguieron mejores características biométricas en comparación a los plántones de los demás tratamientos estudiados; además, se comprobó que los tratamientos T<sub>2</sub> (Bayfolan suelo azul (1,70 kg/ha)) y T<sub>12</sub> (Nitrofoska azul (1,00 kg/ha)) lograron plántones con mayor altura, número de hojas y biomasa en comparación a los plántones de cacao tratados con los demás tratamientos en estudio.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

##### 3.1.1. Ubicación

La presente investigación se ejecutó en el vivero de producción perteneciente a la Asociación de Productores Bandera Blanca, ubica aproximadamente a 10 km de la ciudad de Tingo María, en el centro poblado Bolaina, distrito de Luyando, provincia de Leoncio Prado, en la región Huánuco. Las coordenadas UTM del predio son:

Este	:	0410625 m
Norte	:	8983254 m
Altitud	:	660,00 msnm.

##### 3.1.2. Zona de vida

Según el diagrama de Holdridge (1982) la zona de estudio pertenece a la formación vegetal de un bosque muy húmedo Pre -montano Tropical (transicional a bosque húmedo Tropical) bmh – PT, de acuerdo a las regiones naturales del Perú se encuentra Rupa Rupa o Selva Alta.

##### 3.1.3. Características climáticas

Según los registros de la Estación Meteorológica José Abelardo Quiñonez (2018), la zona de estudio mostró una precipitación mensual promedio de 280,1 mm; poseyendo las mayores precipitaciones en el mes de noviembre con un valor promedio de 494,1 mm; y la época más seca se dio en julio con 62,4 mm. La humedad relativa promedio fue de 84,08 %. Se registró una temperatura media de 25,4 °C, el valor máximo fue de 32,3 °C en el mes de setiembre y la mínima temperatura registró apenas 19 °C en el mes de agosto.

#### 3.2. Materiales y métodos

##### 3.2.1. Materiales y equipos

Entre los materiales que se utilizaron en la investigación se tiene: Bomba de mochila, machetes, palas, wincha métrica, sustrato (tierra agrícola, arena y materia orgánica), bolsas de polietileno (6"x10"), regadera, estacas, rafia, malla Raschel, tablas, etc., materiales que serán usados en la demarcación y construcción del vivero, para el experimento. Por otro lado, se usó un vernier mecánico y una wincha métrica; materiales que se usaron en la medición de la altura de planta y diámetro de tallo. Asimismo, se utilizaron probetas y estufas; materiales que se usaron en el laboratorio para la valoración del volumen radicular y área foliar de las plantas. El tubo muestreador, será usado para obtener muestras de suelo y su posterior análisis físico y químico, respectivamente. La balanza digital para establecer el peso de la biomasa de

las muestras extraídas. Finalmente, una cámara fotográfica empleada en la captura de imágenes de las labores realizadas.

### 3.2.2. Metodología

#### 3.2.2.1. Componentes en estudio

##### a) Dosis de biol líquido: Kallpapacha® (A)

$a_1 = 2 \text{ L}/200 \text{ L}$  de agua.

$a_2 = 2,5 \text{ L}/200 \text{ L}$  de agua.

$a_3 = 3 \text{ L}/200 \text{ L}$  de agua.

##### b) Técnicas de aplicación (B)

$b_1 = \text{Foliar}$ .

$b_2 = \text{Drench}$ .

$b_3 = \text{Ferdin}$ .

#### 3.2.2.2. Tratamientos en estudio

A partir de las aplicaciones del inductor hormonal regulador fisiológico, abono foliar o núcleo nutricional húmico hormonal o biol líquido Kallpapacha®, mediante tres técnicas de aplicación a diferentes dosis se formaron los tratamientos. Se consideraron dos tratamientos testigos adicionales, un primero consistente en una fertilización recomendada de NPK y de un segundo sin ningún tipo de intervención (Tabla 2).

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

Tratamientos			
Clave	Interacción	Descripción	Dosis por planta
T <sub>1</sub>	$a_{1 \times} b_1$	Biol líquido (2 L/200 L solución) vía foliar	5 ml
T <sub>2</sub>	$a_{2 \times} b_1$	Biol líquido (2,5 L/200 L solución) vía foliar	5 ml
T <sub>3</sub>	$a_{3 \times} b_1$	Biol líquido (3 L/200 L solución) vía foliar	5 ml
T <sub>4</sub>	$a_{1 \times} b_2$	Biol líquido (2 L/200 L solución) vía Drench	5 ml
T <sub>5</sub>	$a_{2 \times} b_2$	Biol líquido (2,5 L/200 L solución) vía Drench	5 ml
T <sub>6</sub>	$a_{3 \times} b_2$	Biol líquido (3 L/200 L solución) vía Drench	5 ml
T <sub>7</sub>	$a_{1 \times} b_3$	Biol líquido (2 L/200 L solución) vía Ferdin	5 ml
T <sub>8</sub>	$a_{2 \times} b_3$	Biol líquido (2,5 L/200 L solución) vía Ferdin	5 ml
T <sub>9</sub>	$a_{3 \times} b_3$	Biol líquido (3 L/200 L solución) vía Ferdin	5 ml
T <sub>10</sub>	$a_{4 \times} b_4$ (testigo 1) <sup>1</sup>	Fertilización con NPK	2 g
T <sub>11</sub>	$a_{5 \times} b_4$ (testigo 2) <sup>2</sup>	Testigo absoluto (suelo ácido)	-

<sup>1</sup>Para el T<sub>10</sub>, el nivel  $a_4$  corresponde: dosis de fertilización con NPK; el nivel  $b_4$  corresponde: sin técnica de aplicación

<sup>2</sup>Para el T<sub>11</sub>, el nivel  $a_5$  corresponde: sin fertilización; el nivel  $b_4$  corresponde: sin técnica de aplicación

### 3.2.2.3. Diseño experimental

Se utilizó el diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 3Ax3B más dos testigos y con cuatro repeticiones, para verificar las diferencias entre los niveles definidos para los factores en estudio, el modelo aditivo lineal utilizado fue el siguiente:

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

Donde:

$Y_{ijk}$  = Valor de respuesta en la unidad experimental de la k-ésima repetición, de la j-ésima técnica de fertilización con la i-ésima dosis de kallpapacha

$\mu$  = Efecto de la media general.

$\alpha_i$  = Efecto de la i-ésima técnica de fertilización.

$\beta_j$  = Efecto de la j-ésima dosis de kallpapacha

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de la interacción entre la i-ésima técnica de fertilización y la j-ésima dosis de kallpapacha

$\epsilon_{ijk}$  = Es el efecto aleatorio del error experimental en la unidad experimental de la k - ésima repetición en la j-ésima técnica de fertilización con la i - ésima dosis de kallpapacha

Para:

i = 1, 2, 3 dosis de kallpapacha

j = 1, 2, 3 técnicas de aplicación

k = 1, 2, 3, 4 repeticiones

Asimismo, se utilizó el diseño completamente al azar (DCA) para evaluar a los 11 tratamientos definidos por los factores en estudio y los tratamientos testigos, distribuidos en 04 repeticiones. El modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = Valor de respuesta obtenida en la unidad experimental a la cual se aplicó el i-ésimo tratamiento.

$\mu$  = Es el efecto de la media general.

$\alpha_i$  = Es el efecto del i-ésimo tratamiento.

$\epsilon_{ij}$  = Es el efecto aleatorio del error experimental del i-ésimo tratamiento.

Para:

i = 1, 2, ..., 11 tratamientos.

j = 1, 2, 3, 4 repeticiones

#### 3.2.2.4. Análisis estadístico

Se realizó el análisis de variancia (F. tab. = 0,01 y 0,05) considerando dos factores (A = Dosis de biol líquido; B = Técnica de aplicación) y su interacción, para determinar la significancia; se determinaron las diferencias de las medias de estos factores mediante la prueba de Duncan ( $\alpha= 0,05$ ) (Tabla 3). Cabe mencionar que para este análisis no se consideró la interacción de los niveles a4 y a5 con el nivel b4 por lo que se cuenta con 180 unidades experimentales.

**Tabla 4.** Modelo del análisis de variancia para los dos factores en estudio.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F Cal.
A	2	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	2	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	4	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.	171	SC <sub>Error</sub>	SC <sub>Error</sub> /gl <sub>Error</sub> = CM <sub>Error</sub>	
Total	179	SC <sub>total</sub>		

Asimismo, se efectuó el análisis de variancia (F. tab. = 0,01 y 0,05) considerando los tratamientos en estudio para determinar la significancia; determinándose las diferencias de las medias mediante la prueba de Duncan ( $\alpha= 0,05$ ) (Cuadro 3). Cabe mencionar que para este análisis se consideraron los 11 tratamientos, incluidos los testigos, por lo que cuenta con 220 unidades experimentales.

**Tabla 5.** Modelo del análisis de variancia para los tratamientos en estudio.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F
Tratamientos	10	SC <sub>Trat</sub>	CM <sub>trat</sub> = SC <sub>Trat</sub> / k-1	CM <sub>Trat</sub> / CM <sub>Error</sub>
Error experimental	209	SC <sub>Error</sub>	CM <sub>T</sub> = SC <sub>Error</sub> / k-1	
Total	219	SC <sub>Total</sub>		

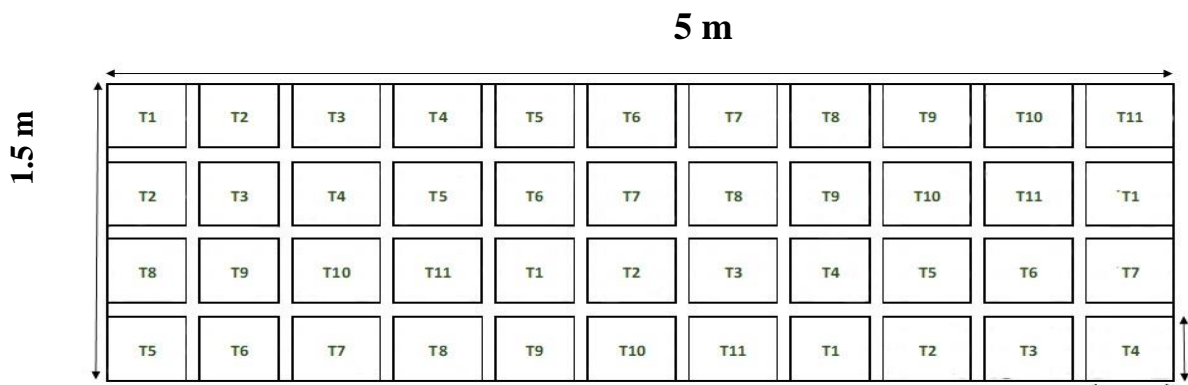
### 3.2.2.5. Características del área experimental

#### a. Característica del área del experimento en la cama de vivero

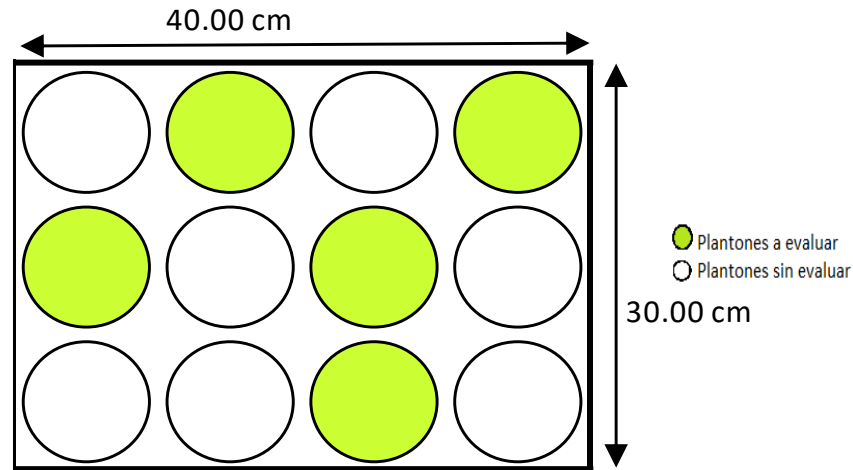
Número de camas	: 1
Largo de la cama	: 5,00 m.
Ancho de la cama	: 1,50 m.
Área del experimento	: 7,50 m <sup>2</sup>

#### b. Característica de los tratamientos

Número de tratamientos	: 11
Repeticiones	: 4
Unidades experimentales por repetición	: 11
Total de unidades experimentales	: 44
Plantones por unidad experimental	: 12
Plantones por tratamiento	: 48
Total de plantones	: 528
Largo de la unidad experimental	: 0,40 m.
Ancho de la unidad experimental	: 0,30 m.
Área de la unidad experimental	: 0,120 m <sup>2</sup> .
Plantones a evaluar por repetición	: 5
Plantones a evaluar por tratamiento	: 20
Total de plantones a evaluar	: 220



**Figura 1.** Croquis del área del campo experimenta



**Figura 2.** Detalle del área de las unidades experimentales en estudio

### 3.2.2.6. Demarcación del campo experimental

El campo experimental se demarcó considerando un fácil acceso y una fuente cercana de agua limpia para las labores de riego; la orientación de E-O (Este - Oeste), considerando una pendiente del terreno de 2 %. Previamente a la instalación se efectuó la limpieza y nivelación del terreno utilizando herramientas manuales. Para la demarcación se utilizaron estacas, rafia y alambres y se siguió el diseño sugerido en la Figura 1.

### 3.2.2.7. Obtención del sustrato

Para la elaboración de los sustratos se utilizó la propia tierra del predio, la misma que perteneció a un área degradada. Se extrajo una cantidad suficiente para el llenado de 528 bolsas de 10"x12", para plantones de cacao. Se uniformizó el suelo extraído tamizándolo y previa desinfección se dispuso al llenado.

### 3.2.2.8. Análisis físico-químico del sustrato

De la tierra utilizada para la elaboración del sustrato, se extrajo 05 sub muestras de 1 kg, las mismas que se combinaron para obtener una muestra final de 1 kg, la cual fue tamizada, mullida, secada y trasladada al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva para realizarse el análisis de las características fisicoquímicas de la muestra. En la siguiente Tabla se detallan los resultados de la caracterización fisicoquímica del suelo; teniéndose que el suelo muestra una textura franco arcillosa, con un pH extremadamente ácido (4,08) y 55,84 % de saturación de aluminio. El suelo contiene 1,88 % de materia orgánica, valor considerado como bajo; mientras que la presencia de fósforo y potasio fueron de 2,54 y 86,86 ppm respectivamente, estas concentraciones son consideradas bajas. Los resultados del análisis de las características de un suelo Dystropepts, según CATIE (1983), fueron suelos elevadamente ácidos con bajo contenido de materia orgánica y fertilidad.

**Tabla 6.** Análisis fisicoquímico de los suelos utilizados para la elaboración del sustrato.

Parámetro	Contenido	Método de análisis
Arena (%)	31	Hidrómetro
Arcilla (%)	40	Hidrómetro
Limo (%)	29	Hidrómetro
Textura	Franco arcilloso	Triángulo textural
pH (1:1)	4,08	Potenciómetro
Materia orgánica (%)	1,88	Walkey y Black
Nitrógeno total (%)	0,11	% M.O. x 0,05
Fósforo disponible (ppm)	2,54	Olsen modificado
Potasio disponible (ppm)	86,86	Absorción atómica
Ca (Cmol+)/kg)	4,11	EAA
Mg (Cmol+)/kg)	1,25	EAA
Al (Cmol+)/kg)	9,12	EAA
H (Cmol+)/kg)	0,97	EAA
CICe	15,22	Suma de cationes
Bas. Camb. (%)	37,3	-
Ac. Camb. (%)	62,7	-
Sat. Al. (%)	55,84	-

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

### 3.2.2.9. Instalación del vivero

- **Planificación, ubicación y construcción del vivero**

Después de la demarcación del área experimental, para la construcción se usaron bambús, alambres, listones de madera, clavos y como sombra, se usó malla raschell negro (60 % de sombra), las dimensiones fueron 1,5 m de ancho por 5 m de largo para producir 528 plántones.

- **Preparación y llenado del sustrato en las bolsas**

La tierra utilizada para la obtención del sustrato (tierra natural del área a trabajar) se desinfectó con Ridomil (50 g/20 L de agua); después de esto, se tamizó para obtener un sustrato fino. Luego se procedió a rellenar de suelo las bolsitas de manera manual. Las bolsitas fueron de 6"x12", con ocho huequitos en la base para excluir la demás agua. Se acomodaron las bolsas en cada repetición de acuerdo al diseño de la figura 2.

- **Obtención y selección de semilla**

Las semillas de mazorcas de cacao que se seleccionaron, procedieron de una plantación de CCN-51 de ocho años de edad. Se utilizaron de 40 a 50 mazorcas que presentaron de 50 a más semillas fueron un total de 528 plantones que se necesitaron para el vivero. Después de abrir las mazorcas, se escogieron los granos que se encontraban ubicados en la cabecera y la cola de las mazorcas; los granos pequeños, planos o vanos fueron eliminados. Luego, las semillas se frotaron con aserrín seco para eliminar el mucílago que cubre la semilla y, estas semillas se desinfectaron con Cupravit (producto cúprico) de 15 a 20 g por 4 kg de semilla desmucilaginada.

- **Pre-germinado de la semilla y siembra**

Después de desinfectar las semillas, se preparó una cama germinadora usando aserrín húmedo como sustrato, con el objetivo de efectuar el pre-germinado de la semilla, luego de dos días se revisó la germinación y se realizó el repique conforme a la germinación de las semillas, fueron seleccionadas las semillas con la radícula recta y con un palito de madera se hizo un hoyo en el sustrato en el centro de la bolsa y se instaló la semilla en posición vertical.

- **Aplicación del producto Biol líquido**

A los 60 días después de la siembra en vivero, fue aplicado el Biol líquido vía foliar, Drench y Ferdin en dosis de 2L; 2,5L y 3L hasta completar 200 L de solución (biol líquido + agua) respectivamente, teniéndose una cantidad de 5 ml de solución por plantón. La aplicación del fertilizante líquido se realizó cada 15 días, a los 60; 75; 90; 105; 120 y 135 días después de la siembra en vivero. Cabe mencionar que el N-P-K se aplicó una única vez, a los 60 días teniéndose una aplicación de 2 g por plantón de cacao.

### **3.2.2.10. Manejo del vivero**

- **Control de malezas y riego**

El control de malezas se efectuó de forma manual cada quince días. Se regó de manera frecuente de acuerdo a las necesidades de los plantones de cacao, a la capacidad del campo y al punto de marchitez que presentaban las plantas, sin generar un ambiente demasiado húmedo que beneficie a la proliferación de fitopatógenos.

- **Control de plagas y enfermedades:**

Se controló las plagas aplicando un insecticida de acción de contacto llamado Clorpirifos a razón de (48 g/L) cada 30 días posteriores a la siembra. Para evitar enfermedades se usó un fungicida en polvo mojable (5 g/L) cada 20 días (Antracol).

### 3.2.2.11. Variables a evaluar

- **Altura del plantón de cacao**

Se realizó la medición de altura de planta mediante el uso de una cinta métrica de cinco plantones por repetición, partiendo de la base del tallo hasta el final de la última hoja de cinco plantones de cacao. Esto se realizó a los 60; 90; 120; 150 y 180 días después de la siembra en vivero.

- **Diámetro del tallo del plantón de cacao**

El parámetro de medición del tallo se realizó con el uso de un vernier mecánico con el cual se midió el diámetro de tallo de la planta (plantón) la medición se hizo por debajo de la cicatriz cotiledonal de 5 plantones por repetición. Esto se realizó a los 60; 90; 120; 150 y 180 días después de la siembra en vivero.

- **Longitud y volumen radicular del plantón de cacao**

Después de los 180 días de la siembra en vivero, usamos una cinta métrica para medir en centímetros la proyección longitudinal de las raíces por plantón, se midió desde la implantación del tronco hasta la parte final de las raíces con 5 plantones por repetición. Se determina el volumen radicular sumergiendo la planta en una probeta con agua hasta el cuello de la raíz, que nos permite de esta manera saber el volumen radicular por diferencia entre el volumen de inicio respecto al volumen final en la probeta.

- **Número de hojas por plantón de cacao**

Se contaron las hojas sanas de cinco plantones de cacao por repetición. Esto se realizó a los 180 días después de la siembra en vivero.

- **Materia seca del plantón de cacao**

En la parte final del experimento se tomaron cinco plantones por repetición; los cuales fueron pesados individualmente para hallar el peso fresco, luego se cortaron y se trasladaron al laboratorio para colocarlos en una estufa a temperaturas de  $73 \pm 2$  °C por un periodo de 48 horas hasta que alcance un peso constante; las muestras secas se pesaron en gramos en una balanza digital. Finalizado este procedimiento, se determinó el porcentaje de materia seca mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Materia seca (\%)} = \frac{\text{Peso seco}}{\text{Peso fresco}} \times 100$$

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Efecto de tres dosis de biol líquido mediante tres técnicas de aplicación en las características biométricas de plantones de cacao en fase de vivero

#### 4.1.1. En la altura del plantón

El análisis de varianza (Tabla 7) realizado a la altura de los plantones de cacao reveló que a los 60 días de siembra no había diferencias significativas entre los factores estudiados, ya que aún no se habían aplicado las diferentes dosis de biol líquido. Sin embargo, en las evaluaciones posteriores (90, 120, 150 y 180 días), tanto la dosis de biol líquido como las técnicas de aplicación mostraron diferencias significativas. La interacción entre estos factores también fue significativa en todas las evaluaciones, excepto en la primera y la última. Esto indica que los tratamientos afectaron la altura de los plantones a partir de la segunda evaluación. Los coeficientes de variabilidad obtenidos oscilaron entre el 14 % y el 20 %, sugiriendo una homogeneidad media en las unidades experimentales. En cuanto al ANVA unifactorial para los tratamientos, no se encontraron diferencias significativas a los 60 días, pero sí en las evaluaciones posteriores. Los coeficientes de variabilidad para estos tratamientos también estuvieron en el rango del 14 % al 20 %, con la menor variabilidad observada a los 180 días de siembra (14,95 %).

**Tabla 7.** Análisis de varianza de la altura (cm) de plantones de cacao durante la fase de vivero.

FV	gl	60 días		90 días		120 días		150 días		180 días	
		CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.
(A) Dosis de Kallpapacha	2	0,73	NS	179,88	AS	162,21	AS	196,21	AS	164,26	AS
(B) Téc. de aplicación	2	9,29	NS	177,33	AS	174,33	AS	201,10	AS	189,72	AS
A x B	4	2,77	NS	77,3	S	58,877	S	64,96	S	51,79	NS
Error	171	9,29		23,99		23,451		23,74		27,12	
CV (%)		19,31		17,69		16,07		15,12		14,62	
Tratamientos	10	4,83	NS	462,01	AS	388,92	AS	398,18	AS	367,94	AS
Error	209	9,18		21,70		22,516		22,90		25,78	
CV (%)		19,36		18,07		16,71		15,69		14,95	

CV: Coeficiente de variabilidad

NS: No existe significancia.

S: Existen diferencias estadísticas significativas al 5 % de probabilidad.

AS: Existen diferencias estadísticas significativas al 1 % de probabilidad.

La Tabla 8 muestra la prueba Duncan ( $\alpha=0,05$ ) de la altura del plantón de cacao en fase de vivero durante todo el experimento, respecto a los tratamientos en estudio, teniéndose que:

A los 60 días después de la siembra, el tratamiento T5 (2,5 L bio líquido + vía Drench) es el que registró una mayor altura (16,67 cm), en contraste, el T11 (testigo absoluto) es el de menor valor con 14,89 cm; sin embargo, la prueba estadística refiere que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, debido a que forman un solo grupo subhomogéneo. La homogeneidad se justifica debido a que la primera evaluación se realizó durante la primera aplicación del biol líquido Kallpapacha; por lo que a ese periodo todos los plantones registraban las mismas condiciones de crecimiento. Considerando que se las aplicaciones de los tratamientos se realizaron a partir de este periodo.

**Tabla 8.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para la altura (cm) de plantones de cacao durante la fase de vivero según tratamientos en estudio.

Clave	60 días	Sig.	Clave	90 días	Sig.	Clave	120 días	Sig.	Clave	150 días	Sig.	Clave	180 días	Sig.
T <sub>11</sub>	14,89	a	T <sub>11</sub>	16,65	a	T <sub>10</sub>	19,97	a	T <sub>10</sub>	22,01	a	T <sub>10</sub>	25,82	a
T <sub>2</sub>	15,25	a	T <sub>10</sub>	17,81	a	T <sub>11</sub>	21,27	a	T <sub>11</sub>	23,60	a	T <sub>11</sub>	27,10	a
T <sub>10</sub>	15,30	a	T <sub>7</sub>	23,02	b	T <sub>7</sub>	25,37	b	T <sub>7</sub>	27,00	b	T <sub>7</sub>	30,86	b
T <sub>8</sub>	15,36	a	T <sub>8</sub>	25,63	bc	T <sub>8</sub>	28,24	bc	T <sub>8</sub>	30,14	c	T <sub>8</sub>	34,06	c
T <sub>1</sub>	15,55	a	T <sub>2</sub>	26,90	c	T <sub>2</sub>	29,35	c	T <sub>2</sub>	31,42	cd	T <sub>1</sub>	34,86	c
T <sub>7</sub>	15,57	a	T <sub>1</sub>	27,18	c	T <sub>1</sub>	29,70	c	T <sub>1</sub>	32,02	cd	T <sub>2</sub>	34,91	c
T <sub>3</sub>	15,59	a	T <sub>6</sub>	28,18	c	T <sub>9</sub>	30,91	cd	T <sub>4</sub>	33,12	cde	T <sub>9</sub>	35,84	c
T <sub>4</sub>	15,92	a	T <sub>9</sub>	28,48	c	T <sub>6</sub>	31,11	cd	T <sub>9</sub>	33,20	cde	T <sub>4</sub>	36,65	cd
T <sub>9</sub>	16,04	a	T <sub>5</sub>	28,75	c	T <sub>4</sub>	31,24	cd	T <sub>6</sub>	33,34	cde	T <sub>6</sub>	36,89	cd
T <sub>6</sub>	16,07	a	T <sub>4</sub>	28,82	c	T <sub>5</sub>	31,43	cd	T <sub>5</sub>	33,64	de	T <sub>5</sub>	37,08	cd
T <sub>5</sub>	16,67	a	T <sub>3</sub>	32,27	d	T <sub>3</sub>	33,86	d	T <sub>3</sub>	36,14	e	T <sub>3</sub>	39,46	e

Los valores de las columnas representados por la misma letra no presentan diferencias significativas

Legenda:

T <sub>1</sub> : Biol líquido (2 L/200 L solución) vía foliar;	T <sub>2</sub> : Biol líquido (2,5 L/200 L solución) vía foliar
T <sub>3</sub> : Biol líquido (3 L/200 L solución) vía foliar;	T <sub>4</sub> : Biol líquido (2 L/200 L solución) vía Drench
T <sub>5</sub> : Biol líquido (2,5 L/200 L solución) vía Drench;	T <sub>6</sub> : Biol líquido (3 L/200 L solución) vía Drench;
T <sub>7</sub> : Biol líquido (2 L/200 L solución) vía Ferdin;	T <sub>8</sub> : Biol líquido (2,5 L/200 L solución) vía Ferdin;
T <sub>9</sub> : Biol líquido (3 L/200 L solución) vía Ferdin;	T <sub>10</sub> : Testigo (Fertilización con NPK);
T <sub>11</sub> : Testigo absoluto (suelo ácido)	

A los 90 días después de la siembra, la prueba de Duncan refiere que existen diferencias significativas, debido a que existe homogeneidad en 04 subgrupos; esto es evidenciado en la diferencia de alturas, teniéndose el mayor registro en el T3 (3L biol líquido

+ vía foliar) con 32,27 cm; contrariamente, la menor altura se registró en los plantones del T11 (testigo absoluto) con apenas 16,65 cm en promedio.

Para los 120 días después de la siembra, la prueba de Duncan demuestra la existencia de diferencias significativas, debido a que los tratamientos se agrupan en 04 subgrupos de igual homogeneidad; esto se evidencia en la diferencia de las alturas, donde el mayor promedio se dio en el T3 (3L biol líquido + vía foliar) con 33,86 cm; contrariamente, la menor altura se registró en los plantones del T10 (testigo fertilizado con NPK) con 19,97 cm en promedio.

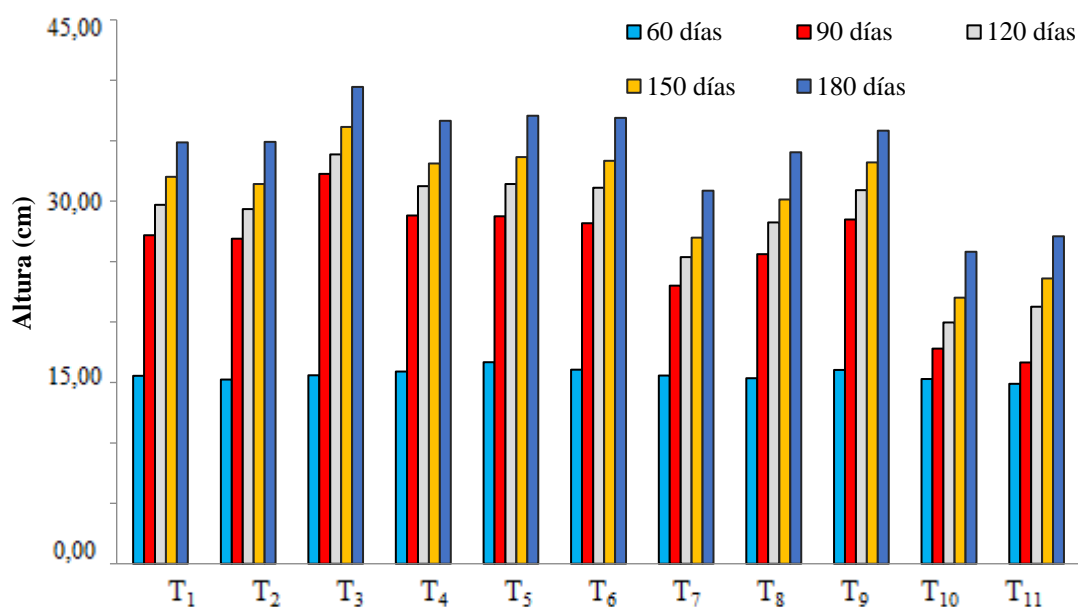
A los 150 días posteriores a la siembra, la prueba de Duncan detalla la existencia de marcadas diferencias significativas en los tratamientos, los cuales se agrupan en 05 subgrupos de igual homogeneidad estadística; esto es evidenciable dada la diferencia de las alturas, donde el mayor registro se dio en el T3 (3L biol líquido + vía foliar) con 36,14 cm; en contraste, la menor altura se dio en los plantones del T10 (testigo fertilizado con NPK) con 22,01 cm en promedio.

A los 180 días posteriores a la siembra, la prueba de Duncan muestra marcadas diferencias significativas en los tratamientos, los cuales se agrupan en 05 subgrupos de igual homogeneidad estadística; el mayor registro se dio en el T3 (3L biol líquido + vía foliar) con 39,46 cm; en contraste, la menor altura se dio en los plantones del T10 (testigo fertilizado con NPK) con 25,82 cm en promedio.

Los registros para la altura evidencian el efecto lineal de la aplicación en relación a su crecimiento, debido a que los mayores promedios se dieron en los tratamientos que recibieron una mayor dosis del biol líquido; la Figura 3 detalla gráficamente los valores de la altura; de este se puede inferir que a los 180 días de crecimiento, las plantas de mayor altura se encuentran en los tratamientos con mayor dosificación del biol líquido Kallpapacha; similar a lo registrado por Martínez (2018) quien utilizando tres dosis de abono líquido foliar, encontró que al 7,5 %, se generan superiores promedios de altura de planta, diámetro de tallo, longitud de tallo, número de hojas, longitud de hoja y ancho de hoja, siendo el tratamiento testigo (sin aplicación de biol) el que presentó los más bajos promedios de desarrollo vegetativo.

Los resultados de altura a los 120 días, en el T5 guarda coincidencia numérica con los obtenidos por Pisco (2018) quien, utilizando compost como sustrato, registró un promedio de 35,50 cm para la altura de plantón de cacao para ese periodo, esto evidencia la efectividad del biol líquido kallpapacha a 3 L/200 L solución aplicado vía foliar en esta variable. Asimismo, los registros de Sajami (2013) a los 90 días, quien utilizando biofermentos a diferentes dosis (1,5L; 2,0L; 2,5L y 3,0 L cada 20L agua) obtuvo alturas de entre 27,8 – 29,9

cm, guardan similitud con los tratamientos donde se aplicaron mayores dosis de biol líquido Kallpapacha. Resultados superiores registró Mamilovich (2018), con 59 cm de promedio a los 180 días de evaluación en el T4 (Suelo agrícola + 1,5 L de biol/20 L), esto podría deberse a que el rol fundamental del biol líquido Kallpapacha en el presente experimento fue el de equilibrar la carga nutritiva y estructural del sustrato (suelo ácido); sin embargo, es importante mencionar que la autora utilizó sustrato de vivero, de alto contenido nutricional, para la producción de sus plántones, pudiéndose justificarse estas diferencias. También es válida la comparación con los niveles de altura obtenidos a los 90 días por Gonzales (2018), quien, utilizando suelo de bosque como sustrato, a los 90 días de evaluación, registró una máxima altura de plánton de 18,71 cm comparándose a ese periodo con el obtenido por el T10 (Fertilización con NPK).



**Figura 3.** Altura de los plántones de cacao durante la fase de vivero según tratamientos en estudio.

En ese sentido, los resultados del crecimiento en altura obtenidos en la presente son favorables en los tratamientos con mayor dosis de biol líquido, esto podría deberse a la interacción de las aplicaciones, el sustrato y otros elementos propios del entorno, coincidiendo con Courtis (2014) quien detalla que el crecimiento y desarrollo de las células vegetales, de manera individual como colectiva, está influenciado por una variedad de factores como las hormonas, la luz, la temperatura, la gravedad, depredación de insectos, las enfermedades, e incluso la posición de algunas células con respecto a otras. Por otro lado, según Barrera et al. (2010), el crecimiento primario (en altura) de las plantas es generado en los meristemas apicales, las fitohormonas que intervienen en este proceso se encuentran las

auxinas, giberelinas y citocininas; en ese sentido, se evidencia el efecto del biol líquido Kallpapacha en la acción de estas fitohormonas, generando efectos en la zona de alargamiento de las células meristemáticas primarias. En esto se coincide con Fermín (2009), quien dice que el aplicar bioestimulantes facilita la disponibilidad del material nutritivo para la síntesis, estimula la fotosíntesis y la actividad de las hormonas, aseguran una mejor expresión del potencial de crecimiento, adelantamiento de la planta, también son reactivadores enzimáticos.

#### 4.1.2. En el diámetro del plantón

En la Tabla 9 se presenta el análisis de varianza ( $\alpha=0,05$ ) realizado a la variable diámetro de plantón considerando dos factores y sus tratamientos. A los 60, 90 y 120 días de siembra no se encontraron diferencias significativas entre los factores, posiblemente debido a la uniformidad inicial en las condiciones experimentales. Sin embargo, a los 150 y 180 días, tanto la dosis de biol líquido como las técnicas de aplicación mostraron diferencias significativas. La interacción entre los factores no fue significativa a los 60 y 120 días, pero sí lo fue a los 90, 150 y 180 días, indicando que los tratamientos afectaron el diámetro del tallo de los plantones a partir de los 150 días de siembra. Este análisis sugiere que la aplicación de los factores influyó significativamente en el crecimiento del tallo de los plantones de cacao en etapas posteriores al establecimiento inicial.

**Tabla 9.** Análisis de varianza del diámetro (mm) de plantones de cacao durante la fase de vivero.

FV	gl	60 días		90 días		120 días		150 días		180 días	
		CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.
Dosis de kallpapacha (A)	2	0,035	NS	0,276	NS	1,426	NS	4,643	AS	4,051	AS
Técnicas de aplicación (B)	2	0,318	NS	0,068	NS	0,518	NS	2,418	AS	3,51	S
A x B	4	0,645	NS	2,037	AS	0,624	NS	4,139	AS	5,831	AS
Error	171	0,332		0,366		0,524		0,496		0,817	
CV (%)		14,76		12,61		14,05		10,30		12,10	
Tratamientos	10	0,56	NS	2,314	AS	1,938	AS	4,312	AS	5,056	AS
Error	209	0,336		0,356		0,483		0,471		0,797	
CV (%)		15,04		12,76		13,79		10,21		12,13	

CV: Coeficiente de variabilidad

NS: No existe significancia.

S: Existen diferencias estadísticas significativas al 5 % de probabilidad.

AS: Existen diferencias estadísticas significativas al 1 % de probabilidad.

Los valores de los coeficientes de variabilidad obtenidos en los diferentes periodos de evaluación respecto al análisis bifactorial, se encontraron en el rango 10 a 15 %; de

acuerdo a Gordon y Camargo (2015), los valores medidos presentan una variabilidad media respecto a los factores en estudio, la menor variabilidad en el diámetro de los plantones se dio a los 150 días de siembra con 10,30%. Es importante considerar que, respecto al CV, Patel et al. (2001) mencionan que varían considerablemente de acuerdo al tipo de experimento, indicando que el rango aceptable debe ser 10 a 12% para fertilización; en ese sentido el diámetro a los 150 días cumple con estos criterios.

La Tabla 10 muestra la prueba Duncan ( $\alpha=0,05$ ) al diámetro del plantón de cacao en fase de vivero durante todo el experimento, respecto a los tratamientos en estudio, teniéndose que:

A los 60 días después de la siembra, para la primera evaluación, el tratamiento T9 (3 L biol líquido + vía Ferdin) es el que registró un mayor diámetro con 4,10 mm, en contraste, el T11 (testigo absoluto) es el de menor promedio con 3,63 mm; al respecto, la prueba estadística refiere que existen diferencias significativas entre los tratamientos, debido a que existen 02 grupos sub homogéneos.

A los 90 días después de la siembra, la prueba de Duncan refiere que existen marcadas diferencias significativas, debido a que existen 05 subgrupos homogéneos; esto se evidencia en la diferencia de los diámetros, teniéndose el mayor registro promedio en el T9 (3L biol líquido + vía Ferdin) con 5,15 mm; contrariamente, el menor diámetro se registró en los plantones del T10 (testigo fertilizado con NPK) con apenas 4,10 en promedio.

A los 120 días después de la siembra, el tratamiento T5 (2,5 L biol líquido + vía Drench) es el que registró un mayor diámetro con 5,55 mm, en contraste, el T10 (testigo fertilizado con NPK) es el de menor valor con 4,48 mm; al respecto, la prueba estadística de Duncan refiere que existen diferencias significativas entre los tratamientos, debido a que existen 05 subgrupos con homogeneidad estadística.

A los 150 días después de la siembra, la prueba de Duncan muestra marcadas diferencias significativas entre los tratamientos respecto al diámetro de los plantones, los cuales se agrupan en 05 subgrupos de igual homogeneidad estadística; el mayor registro se dio en el T5 (2,5 L bio líquido + vía Drench) con 7,75 mm; contrariamente, la menor altura se dio en los plantones del T10 (testigo fertilizado con NPK) con 6,15 mm en promedio.

A los 180 días después de la siembra, el tratamiento T5 (2,5 L biol líquido + vía Drench) registró un mayor diámetro promedio (8,55 mm), en contraste, el T10 (testigo fertilizado con NPK) es el de menor valor con 6,83 mm; al respecto, la prueba estadística de Duncan refiere que existen diferencias significativas entre los tratamientos, debido a que se hallan agrupados 03 subgrupos con homogeneidad estadística, donde resalta los valores

superiores de los T5 (8,55 mm) y T3 (7,98 mm), los cuales forman un subgrupo respectivamente.

A diferencia de los valores de altura, los registros para el diámetro evidencian que es una variable que no muestra efectos significativos; no existe efecto lineal de la aplicación en relación al engrosamiento de la planta; sin embargo, los tratamientos con mayor dosis de biol líquido Kallpapacha, registraron los más altos valores promedio. La Figura 4 detalla gráficamente estos valores.

**Tabla 10.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para el diámetro (mm) de plántones de cacao durante la fase de vivero según tratamientos en estudio.

Clave	60 días	Sig.	Clave	90 días	Sig.	Clave	120 días	Sig.	Clave	150 días	Sig.	Clave	180 días	Sig.
T <sub>11</sub>	3,63	a	T <sub>10</sub>	4,10	a	T <sub>10</sub>	4,48	a bcd	T <sub>10</sub>	6,15	a	T <sub>10</sub>	6,83	a
T <sub>3</sub>	3,65	a	T <sub>11</sub>	4,18	ab	T <sub>11</sub>	4,58	ab cd	T <sub>11</sub>	6,30	ab	T <sub>11</sub>	6,90	a
T <sub>10</sub>	3,65	a	T <sub>7</sub>	4,45	abc	T <sub>7</sub>	4,85	abcd	T <sub>1</sub>	6,40	abc	T <sub>7</sub>	7,03	a
T <sub>4</sub>	3,70	ab	T <sub>2</sub>	4,55	bc	T <sub>3</sub>	5,00	bc d	T <sub>7</sub>	6,43	abc	T <sub>2</sub>	7,05	a
T <sub>8</sub>	3,88	ab	T <sub>8</sub>	4,70	cd	T <sub>1</sub>	5,05	cd	T <sub>2</sub>	6,53	abc	T <sub>1</sub>	7,23	a
T <sub>2</sub>	3,93	ab	T <sub>6</sub>	4,73	cd	T <sub>4</sub>	5,10	cd	T <sub>4</sub>	6,73	bc	T <sub>4</sub>	7,28	a
T <sub>1</sub>	3,95	ab	T <sub>3</sub>	4,75	cde	T <sub>6</sub>	5,13	cd	T <sub>6</sub>	6,73	bc	T <sub>9</sub>	7,35	a
T <sub>5</sub>	3,95	ab	T <sub>4</sub>	4,78	cde	T <sub>8</sub>	5,18	cd	T <sub>8</sub>	6,80	c	T <sub>6</sub>	7,38	a
T <sub>7</sub>	3,98	ab	T <sub>5</sub>	5,00	bcd e	T <sub>2</sub>	5,20	cd	T <sub>9</sub>	6,88	cd	T <sub>8</sub>	7,40	a
T <sub>6</sub>	4,00	ab	T <sub>1</sub>	5,08	bcd e	T <sub>9</sub>	5,33	cd	T <sub>3</sub>	7,30	d	T <sub>3</sub>	7,98	b
T <sub>9</sub>	4,10	b	T <sub>9</sub>	5,15	bcd e	T <sub>5</sub>	5,55	d	T <sub>5</sub>	7,75	e	T <sub>5</sub>	8,55	c

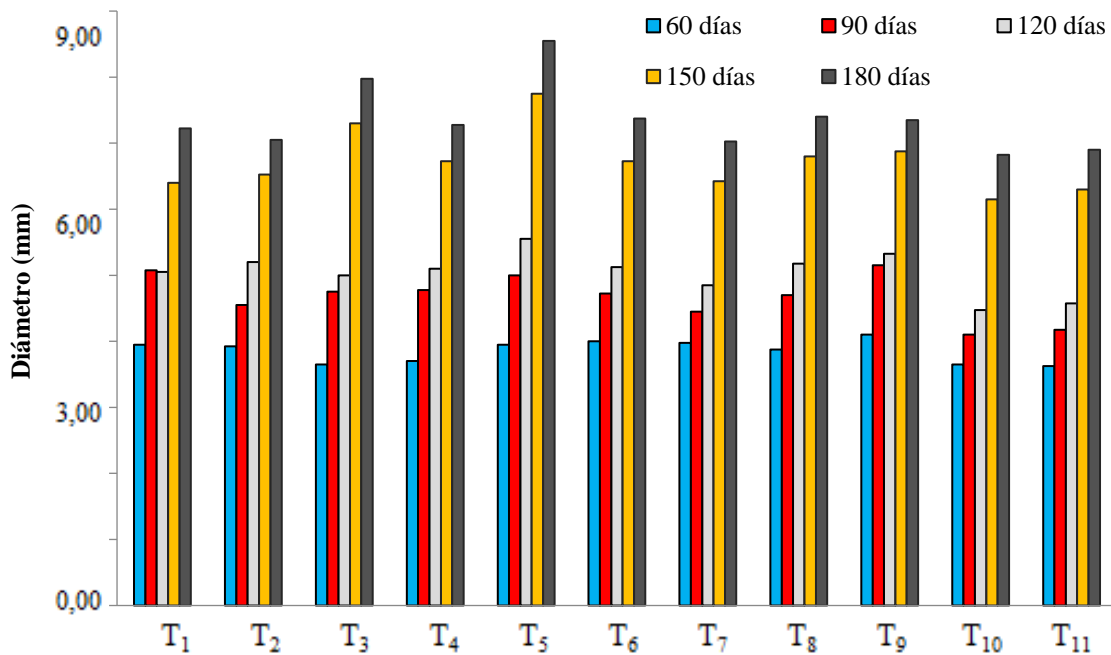
Los valores de las columnas representados por la misma letra no presentan diferencias significativas

Leyenda:

T <sub>1</sub> : Biol líquido (2 L/200 L solución) vía foliar;	T <sub>2</sub> : Biol líquido (2,5 L/200 L solución) vía foliar
T <sub>3</sub> : Biol líquido (3 L/200 L solución) vía foliar;	T <sub>4</sub> : Biol líquido (2 L/200 L solución) vía Drench
T <sub>5</sub> : Biol líquido (2,5 L/200 L solución) vía Drench;	T <sub>6</sub> : Biol líquido (3 L/200 L solución) vía Drench;
T <sub>7</sub> : Biol líquido (2 L/200 L solución) vía Ferdin;	T <sub>8</sub> : Biol líquido (2,5 L/200 L solución) vía Ferdin;
T <sub>9</sub> : Biol líquido (3 L/200 L solución) vía Ferdin;	T <sub>10</sub> : Testigo (Fertilización con NPK);
T <sub>11</sub> : Testigo absoluto (suelo ácido)	

Los resultados de diámetro obtenidos por Pisco (2018) utilizando compost como sustrato, registró para los 120 días un promedio de 7,68 mm, valores similares se obtuvo en la presente en los T3 y T5 para los 150 días; por su lado, Sajami (2013) para los 90 días muestra valores superiores a 12 mm, utilizando biofermentos a diferentes dosis (1,5L; 2,0L; 2,5L y 3,0 L cada 20L agua). Los resultados de Mamilovich (2018), utilizando tierra agrícola como sustrato, mostraron valores similares a los 180 días de evaluación, teniendo 7,1 mm de diámetro en el T4 (Suelo agrícola + 1,5 L de biol/20 L); por otro lado, si consideramos los valores de Gonzales (2018) quien utilizando abonos orgánicos en tierra agrícola como sustrato,

obtuvo un diámetro promedio máximo de 5,94 mm; estas comparaciones permiten inferir que la aplicación del biol líquido Kallpapacha recupera la calidad del suelo utilizado, puesto que los plantones obtenidos mostraron características de grosor similares a experimentos en el que se utilizaron sustratos de calidad; podría inferirse que se mejoró la estructura y el nivel de nutrientes de los suelos ácidos.



**Figura 4.** Diámetro de los plantones de cacao durante la fase de vivero según tratamientos en estudio.

Sin embargo, los resultados favorables que se presentaron en el diámetro de tallo, podrían justificarse por diversos factores; el genético, por ejemplo, atendiendo al clon y a la calidad de semilla, en ese sentido, Sarango (2008) indicaría un clon de cacao tiene un material genético uniforme que deriva de un individuo puede ser propagado por diferentes medios vegetativos, todas las plantas de un mismo clon son idénticas genotípicamente en todas sus características y su comportamiento, dependen de la interacción genotipo-ambiente; también es importante considerar factores exógenos como los climáticos, según Infocacao (2015) los que más influirían sobre la fisiología del cacao sería la temperatura y la precipitación, y le siguen en grado de importancia la luz solar, la humedad relativa y el viento. Existen otros módulos que evidencian el desarrollo del diámetro de los plantones de cacao en suelos ácidos y bajo dosis de biol líquido Kallpapacha, existen nutrimentos que pueden penetrar a través del tallo influyendo en el crecimiento de meristemas laterales.

#### 4.1.3. En la longitud radicular, volumen radicular, número de hojas y materia seca del plantón

La Tabla 11 registra el análisis de varianza ( $\alpha=0,05$ ) realizado a las variables: longitud radicular, volumen radicular, número de hojas y materia seca de plantón respecto a los dos factores en estudio y a los tratamientos establecidos mediante su interacción a los 180 días de realizada la siembra. El análisis refiere que para la variable longitud radicular, se presentaron diferencias altamente significativas respecto a los dos factores en estudio y su interacción; para la variable volumen radicular no existieron significancias respecto a las dosis de biol líquido Kallpapacha (A) y las técnicas de aplicación (B), sin embargo, la interacción (AxB) presentó diferencias altamente significativas. Las variables: número de hojas y materia seca tuvieron el mismo comportamiento respecto a las significancias; se tiene para el factor A, altas diferencias significativas; para el factor B y la interacción (AxB) no se presentaron diferencias. Esto permite inferir que la aplicación de los factores en sus diferentes niveles afectó significativamente a al menos una de las variables estudiadas de los plantones de cacao.

**Tabla 11.** Análisis de varianza de la longitud radicular (cm), volumen radicular (cm<sup>3</sup>), número de hojas y materia seca (g) de plantones de cacao a los 180 días de siembra durante la fase de vivero.

FV	gl	Long. radicular (cm)		Vol. radicular (cm <sup>3</sup> )		Número de hojas		Materia seca (g)	
		CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.
Dosis de kallpapacha (A)	2	135,456	AS	8,498	NS	113,172	AS	232,081	AS
Técnicas de aplicación (B)	2	624,391	AS	8,078	NS	5,872	NS	10,2	NS
A x B	4	469,474	AS	35,89	AS	2,131	NS	22,626	NS
Error	17								
	1	15,822		7,663		5,739		15,718	
CV (%)		10,08		39,82		15,89		39,53	
Tratamientos	10	1092,055	AS	49,859	AS	99,445	AS	155,116	AS
Error	20								
	9	15,778		7,195		6,992		14,053	
CV (%)		10,81		42,02		18,62		41,38	

CV: Coeficiente de variación.

NS: No existe significancia.

S: Existen diferencias estadísticas significativas al 5 % de probabilidad.

AS: Existen diferencias estadísticas significativas al 1 % de probabilidad.

Los valores de los coeficientes de variabilidad registrados en las variables son variados, de acuerdo a Gordon y Camargo (2015) se tienen valores medios en la longitud radicular y el número de hojas con 10,8 % y 15,89 % respectivamente, contrariamente niveles

muy altos las variables volumen radicular y materia seca con 39,82 % y 39,3 % respectivamente; esto infiere que estos coeficientes presentan una variabilidad muy grande y no son representativos, esto podría deberse a que, particularmente, ambas variables son resultados del cálculo y de la aplicación de procedimientos en laboratorio; en ese sentido, esta dispersión podría justificarse por el mal manejo de los instrumentos y equipos (Tabla 11).

La misma tabla explica el ANVA unifactorial considerándose como factor los tratamientos para los 180 días de siembra, teniéndose altas diferencias significativas en las variables longitud radicular, volumen radicular, número de hojas y materia seca de plantón, por lo que se sugiere que la aplicación de los tratamientos tiene un efecto significativo en el promedio de las mencionadas variables. Análogamente al anterior análisis, se tiene valores de coeficientes de variabilidad bastante heterogéneos, según lo referido por Gordon y Camargo (2015), se tienen valores medios en la longitud radicular y el número de hojas con 10,81 % y 18,62 % respectivamente. Contrariamente, se hallaron valores altos de dispersión en las variables volumen radicular y materia seca con 42,02 % y 41,38 % respectivamente; en ese sentido, es importante considerar que gran cantidad de investigadores, como Patel et al. (2001), quienes consideran que si el valor del CV supera el 30 %, los datos deben ser descartados por la baja precisión que se tuvo, por lo que debería considerarse esa opción en la presente, sin embargo, autores como Bowman (2001) critican el CV debido a su relación con la media ambiental; Ramiro y Caballero (2011), a su vez detallan que la media general está marcadamente afectada por la estructura de las *t* medias de los tratamientos que conforman el experimento, evidenciando así la poca viabilidad de establecer rangos en los que se debe usar el análisis estadístico en un experimento para decidir acerca de la calidad del experimento en su ejecución. (Tabla 11).

La Tabla 12 detalla la prueba Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para las variables: longitud radicular (cm), volumen radicular (cm<sup>3</sup>), número de hojas y materia seca (g) de plantones de cacao a los 180 días de siembra, respecto a los tratamientos en estudio, teniéndose que:

La longitud de las raíces, a los 180 días de evaluación, registró el mayor valor promedio en los plantones del T5 (2,5 L biol líquido + vía Drench) con 46,80 cm, en contraste, el T10 (testigo fertilizado con NPK) es el de menor promedio con 22,13 mm; al respecto, la prueba estadística de Duncan refiere que existen altas diferencias significativas entre los tratamientos, dado a que existen 09 subgrupos con la misma homogeneidad estadística. Comparando los resultados obtenidos con los de Pisco (2018) a los 120 días, en un sustrato de suelo ácido fertilizado con Bayfolan Suelo Azul (1,70 kg/ha), el autor registra una longitud radicular promedio máximo de 30,43 cm, el menor valor que registra es de 16,25 cm en el

tratamiento testigo (suelo ácido). Al comparar con los resultados de Gonzales (2018), quien realizó fertilizaciones orgánicas en suelo de bosque como sustrato y que obtuvo una longitud máxima de 34,18 cm a los 90 días, se encuentra un valor parecido a lo obtenido en el T6 a los 180 días de evaluación; a partir de estas comparaciones se infiere que los tratamientos formulados mostraron resultados aceptables todavía a los 180 días en comparación con experimentos que utilizaron sustratos de alta carga nutritiva. Estos resultados se justifican dado que ha existido una relación positiva de los sustratos con la aplicación del biol líquido Kallpapacha; esto podría deberse al nivel de contribución de fósforo por parte del producto, el cual según López (2017) es el principal elemento deficiente en suelos ácidos, asimismo, es el elemento que promueve el desarrollo longitudinal de la raíz permitiendo asimilar otros nutrientes; el autor menciona que la estructura de la raíz, depende en gran manera de la disponibilidad de fósforo, debido a que la planta reconoce si hay o no fósforo en el medio donde está creciendo; la deficiencia de fósforo, según el autor, provoca una gran deformación en las raíces laterales y cada una de estas raíces forma pelos radiculares demasiado largos, a diferencia de una planta bien nutrida, la misma que se notó en el T11 (testigo absoluto).

**Tabla 12.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para la longitud radicular (cm), volumen radicular (cm<sup>3</sup>), número de hojas y materia seca (g) de plántones de cacao a los 180 días de siembra durante la fase de vivero según tratamientos en estudio.

Clave	Longitud de raíces	Sig.	Vol.			Clave	N° de hojas	Sig.	Clave	Materia seca	Sig.
			Clave	De raíces	Sig.						
T <sub>10</sub>	22,13	a	T <sub>10</sub>	3,61	a	T <sub>10</sub>	10,05	a	T <sub>10</sub>	3,88	a
T <sub>11</sub>	26,93	b	T <sub>11</sub>	4,05	ab	T <sub>11</sub>	10,55	a	T <sub>11</sub>	5,39	ab
T <sub>8</sub>	31,83	c	T <sub>8</sub>	5,57	bc	T <sub>7</sub>	13,95	b	T <sub>4</sub>	7,58	bc
T <sub>6</sub>	35,05	d	T <sub>4</sub>	5,82	cd	T <sub>1</sub>	14,05	b	T <sub>1</sub>	8,05	c
T <sub>9</sub>	36,84	de	T <sub>6</sub>	6,04	cd	T <sub>4</sub>	14,15	b	T <sub>7</sub>	8,77	cd
T <sub>4</sub>	38,38	ef	T <sub>3</sub>	6,34	cde	T <sub>5</sub>	14,25	b	T <sub>8</sub>	9,24	cd
T <sub>7</sub>	39,23	ef	T <sub>7</sub>	7,03	cdef	T <sub>8</sub>	14,45	b	T <sub>2</sub>	9,66	cde
T <sub>1</sub>	40,93	fg	T <sub>9</sub>	7,59	def	T <sub>2</sub>	14,90	bc	T <sub>9</sub>	10,69	de
T <sub>3</sub>	41,89	gh	T <sub>1</sub>	7,63	def	T <sub>6</sub>	16,25	cd	T <sub>5</sub>	10,80	de
T <sub>2</sub>	44,16	h	T <sub>2</sub>	8,16	ef	T <sub>9</sub>	16,30	cd	T <sub>6</sub>	12,17	ef
T <sub>5</sub>	46,80	i	T <sub>5</sub>	8,41	f	T <sub>3</sub>	17,35	d	T <sub>3</sub>	13,33	f

Los valores de las columnas representados por la misma letra no presentan diferencias significativas

Leyenda:

T<sub>1</sub> : Biol líquido (2 L/200 L solución) vía foliar;  
 T<sub>3</sub> : Biol líquido (3 L/200 L solución) vía foliar;  
 T<sub>5</sub> : Biol líquido (2,5 L/200 L solución) vía Drench;  
 T<sub>7</sub> : Biol líquido (2 L/200 L solución) vía Ferdin;  
 T<sub>9</sub> : Biol líquido (3 L/200 L solución) vía Ferdin;  
 T<sub>11</sub> : Testigo absoluto (suelo ácido)

T<sub>2</sub> : Biol líquido (2,5 L/200 L solución) vía foliar  
 T<sub>4</sub> : Biol líquido (2 L/200 L solución) vía Drench  
 T<sub>6</sub> : Biol líquido (3 L/200 L solución) vía Drench;  
 T<sub>8</sub> : Biol líquido (2,5 L/200 L solución) vía Ferdin;  
 T<sub>10</sub> : Testigo (Fertilización con NPK);

Respecto al volumen radicular, a los 180 días después de la siembra, la prueba de Duncan refiere que existen marcadas diferencias significativas, dada la existencia de 06 subgrupos homogéneos; esto es evidenciable dada las diferencias numéricas en los volúmenes, teniéndose el mayor registro promedio en el T5 (2,5 L biol líquido + vía Drench) con 8,41 cm<sup>3</sup>; en contraste, el menor valor de volumen se registró en los plántones del T10 (testigo fertilizado con NPK) con 3,61 cm<sup>3</sup> en promedio. Los resultados de la presente a los 180 días de evaluación superan a los obtenidos por Pisco (2018) quien utilizando compost como sustrato registró para los 120 días, un volumen radicular promedio de 4,23 cm<sup>3</sup>; asimismo, comparándose los resultados con Gonzales (2018) quien utilizando abonos orgánicos y tierra de bosque como sustrato, obtuvo un máximo valor de 6,29 cm<sup>3</sup> a los 90 días de evaluación; valor similar a lo obtenido en el T3 del presente, sin embargo este se registró a los 180 días de evaluación. Como es evidente, el volumen radicular se relaciona directamente con la longitud de la raíz principal, a su vez éste se determina por diversos factores, entre los que prepondera la estructura y calidad del sustrato, Gutiérrez et al. (2011) reporta que los mejores resultados en desarrollo radicular presentaron los tratamientos que se realizaron en bolsa y balde. Así, durante la fase de vivero las plantas de cacao podrían ser sembradas en diversos tipos y tamaños de depósitos, esto dependería también del tiempo en el que vayan a permanecer en estos, si permanecen por menos de tres meses, para ser trasplantadas se puede utilizar el tubete porque es más económico. Si permanece por 6 meses se usa la bolsa (Osorio et al., 2017).

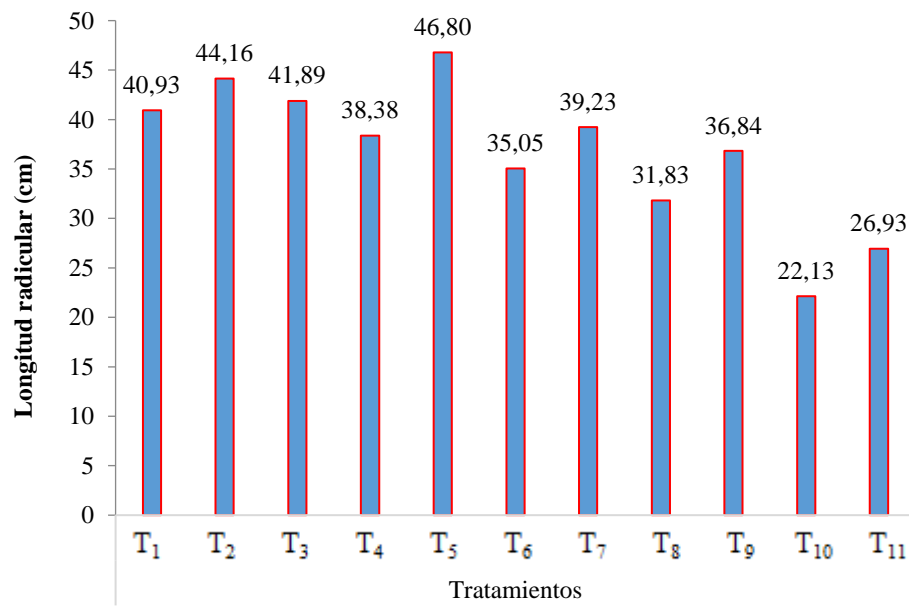
Asimismo, como se dijo, son diversos los factores que inciden en la capacidad de crecimiento de las células vegetales, para el caso particular de la raíz, Mokany et al. (2006) hallaron que la relación de biomasa radicular y aérea se ve afectada significativamente por los factores climáticos y del suelo.

Para el número de hojas a los 180 días después de la siembra, el tratamiento T3 (3 L bio líquido + vía foliar) es el que registró un mayor número con un promedio de 17,35 hojas, en contraste, el T10 (testigo fertilizado con NPK) es el de menor promedio con 10,05 hojas; al respecto, la prueba estadística de Duncan refiere que existen diferencias significativas entre los tratamientos, debido a que existen 04 subgrupos con parecida homogeneidad estadística.

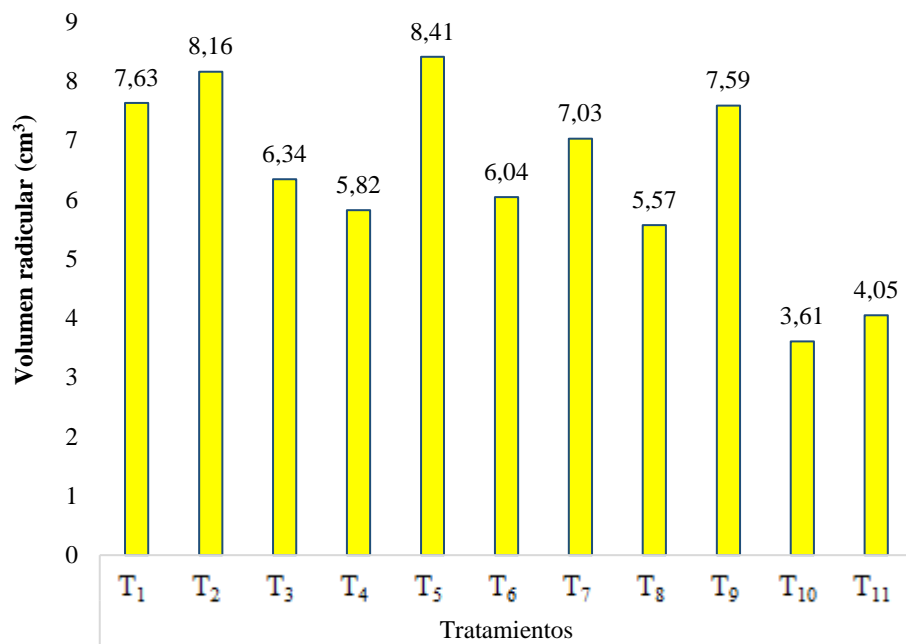
Los resultados para el número de hojas obtenidos en los T5 y T8 a los 180 días, son similares numéricamente con los obtenidos por Pisco (2018), quien encontró a los 90 días, en un sustrato a base de compost, un promedio de 14,33 hojas, a su vez, en un sustrato a base de suelo degradado (ácido), el autor registró un promedio de 7,90 hojas; en el experimento de Mamilovich (2018) se tiene valores inferiores a los obtenidos, a pesar que utilizó tierra

agrícola como sustrato, teniendo sus máximos registros en su testigo (Suelo agrícola) con 7,15 hojas y en el T3 (Suelo agrícola + 1,5 L de biol/20 L) con 7,10 hojas; de igual manera, los resultados difieren de Gonzales (2018) quien utilizando abonos orgánicos y tierra agrícola como sustrato, obtuvo como máximo 7,45 hojas aplicando humus de lombriz como fertilizante a los 90 días; estas diferencias se justifican debido a que, coincidiendo con Vinicio (2002), el requerimiento de nutrimentos por parte de las hojas cambiaría de acuerdo a la etapa en su ciclo de vida, estando relacionado con la tasa de crecimiento y las características que esta presenta, por ello, su longevidad está definida por el estado fisiológico de las plantas en el momento de su producción, siendo una variable dependiente no solo de la calidad del sustrato sino de diversos factores exógenos. Los resultados son favorables, la aplicación del biol líquido Kallpapacha, favorece la recuperación estructural y nutricional del sustrato (suelo ácido) esto se refleja en el mayor número de hojas por plantón; esto se debería a la adición de diversos elementos que estimulan el medio, puesto que el mayor valor se encuentra en el tratamiento a base de Biol líquido (3 L/200 L solución) vía foliar, por lo que al ser el elemento de la planta que recibe directamente el nutriente, existe una importante tasa de absorción a través de sus estomas, a partir del cual es transportado por las diferentes capas de la hoja, donde superaría una sucesión de barreras de origen natural, hasta llegar a las células epidermales; asimismo, se sabe que las especies cultivadas por lo general usan su crecimiento en la ampliación del área foliar, parámetro que, según Lallana y Lallana (2010) sostienen que el índice de área foliar es influido por relación entre la radiación que intercepta un cultivo con la radiación total incidente.

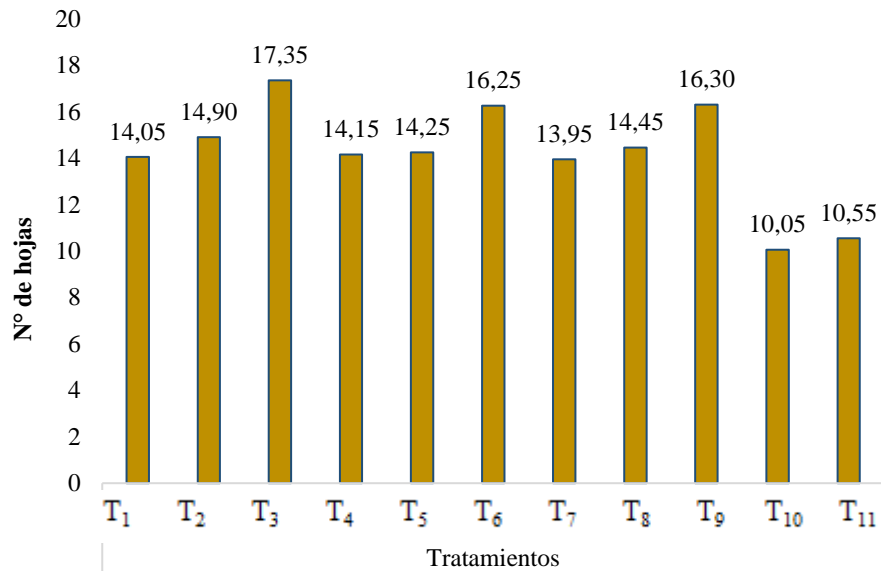
Respecto a la materia seca de los plantones, a los 180 días después de la siembra, la prueba de Duncan demuestra la presencia de marcadas diferencias significativas entre los tratamientos, los cuales se agrupan en 06 subgrupos de igual homogeneidad estadística; el mayor registro se dio en el T3 (3 L bio líquido + vía foliar) con 13,33 g; por otro lado, el menor peso se dio en los plantones del T10 (testigo fertilizado con NPK) con 3,88 g en promedio. Los resultados de materia seca obtenidos por Pisco (2018) para los 120 días, muestra como máximo promedio 12,30 g en plantones de su T2 (suelo ácido + Bayfolan suelo azul (1,70 kg/ha)), siendo superior a la mayoría de tratamientos de la presente investigación; en contraste, Sajami (2013) a los 90 días muestra valores inferiores, teniendo como máximo promedio en el T4 (2,0L biofermento/20L H<sub>2</sub>O) con 1,80 g.



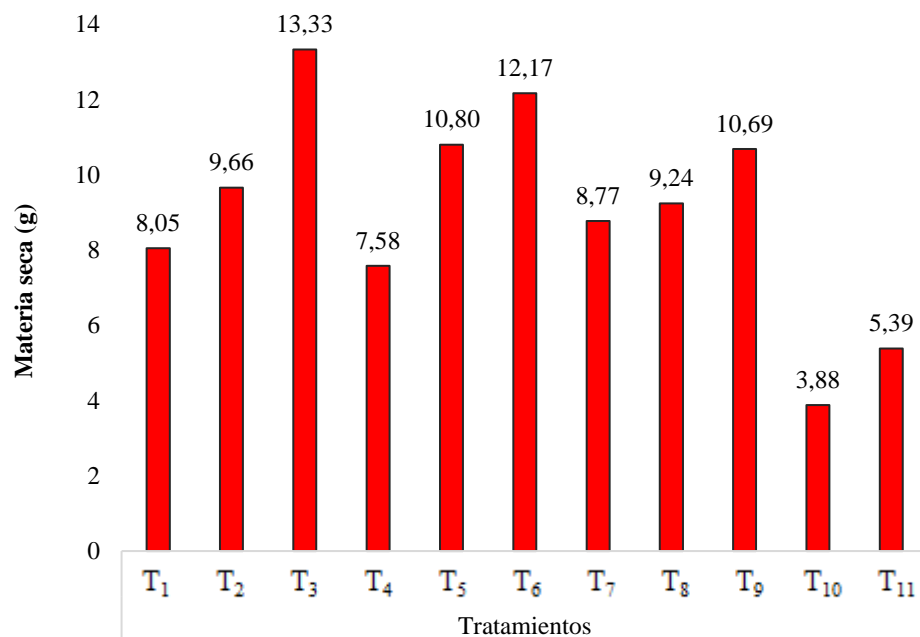
**Figura 5.** Longitud radicular (cm) de los plántones de cacao durante la fase de vivero según tratamientos en estudio.



**Figura 6.** Volumen radicular (cm<sup>3</sup>) de los plántones de cacao durante la fase de vivero según tratamientos en estudio.



**Figura 7.** Número de hojas de los plántones de cacao durante la fase de vivero según tratamientos en estudio.



**Figura 8** Materia seca (g) de los plántones de cacao durante la fase de vivero según tratamientos en estudio.

Las Figura 5, 6, 7 y 8 detallan gráficamente el comportamiento de los tratamientos en cada una de las variables. Puede notarse que los menores registros para las variables en estudio se dieron en el T11, el cual se conformó a base de una formulación de NPK en suelo ácido; esta interacción dado el nivel de nitrógeno del suelo de sustrato, nivel medio, aumentaron la carga de este elemento, afianzándonos en el estudio de Romero (2016), quien

detalla que todos los tipos de fertilización nitrogenada incrementan la presencia de nitrógeno disponible en el suelo para la planta de cacao y al hacer el análisis de las correlaciones el incremento de nitrógeno detalla que el suelo afecta negativamente en el estado básico del ph y en el calcio del suelo, lo que resulta perjudicial para el plantón en desarrollo.

#### **4.2. Dosis y técnica de aplicación óptima de biol líquido para el desarrollo de plantones de cacao en fase de vivero**

En la Tabla 13 se presenta la prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ), para el crecimiento en altura de los plantones de cacao a nivel de vivero durante todo el experimento, respecto a los dos factores en estudio, teniéndose que, los 60 días después de la siembra, para la primera evaluación, la prueba de Duncan refiere que no existieron diferencias significativas en el análisis de ambos factores, teniéndose que los niveles se agrupan en un solo sub grupo homogéneo. Respecto al factor A, el nivel A3 (3 L bio líquido) es el que registró un mayor valor de altura promedio con 15,90 cm, el A1 (2 L biol líquido) presentó el menor registro con 15,68 cm. Con referencia al factor B, se tiene que el nivel B2 (aplicación vía Drench) es el de mayor registro con 16,22 cm de altura; la aplicación vía foliar es la que menor promedio registró con 15,46 cm.

A los 90 días después de la siembra, la prueba de Duncan refiere que existen diferencias significativas en ambo factores en estudio, debido a que existen 02 subgrupos homogéneos respectivamente. Así, para el factor A, el nivel A3 (3 L bio líquido) es el que registró un mayor valor promedio con 29,64 cm, en contraste, el A1 (2 L biol líquido) presentó el menor registro con 26,34 cm. Con referencia al factor B, se tiene que el nivel B1 (aplicación vía foliar) es el de mayor registro con 28,78 cm de altura; la aplicación vía Ferdin es la que menor promedio registró con 25,71 cm.

La prueba estadística de Duncan, a los 120 días después de la siembra, refiere que existen diferencias significativas en ambos factores, dada la existencia de 02 subgrupos de misma homogeneidad estadística respectivamente. En referencia al factor A, el nivel A3 (3 L bio líquido) es el que registró una mayor altura con 31,96 cm, contrariamente, el A1 (2 L biol líquido) presentó el menor registro con 28,77 cm. Para el factor B, se tiene que el nivel B2 (aplicación vía Drench) es el de mayor registro con 31,26 cm de altura; el nivel B3 (vía Ferdin) es el que menor promedio registró con 28,17 cm.

**Tabla 13.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para la altura (cm) de plantones de cacao durante la fase de vivero según factores en estudio.

C	60 días	Sig.	C	90 días	Sig.	C	120 días	Sig.	C	150 días	Sig.	C	180 días	Sig.
A <sub>1</sub>	15,68	a	A <sub>1</sub>	26,34	a	A <sub>1</sub>	28,77	a	A <sub>1</sub>	30,71	a	A <sub>1</sub>	34,12	a
A <sub>2</sub>	15,76	a	A <sub>2</sub>	27,09	a	A <sub>2</sub>	29,67	a	A <sub>2</sub>	31,73	a	A <sub>2</sub>	35,35	a
A <sub>3</sub>	15,90	a	A <sub>3</sub>	29,64	b	A <sub>3</sub>	31,96	b	A <sub>3</sub>	34,23	b	A <sub>3</sub>	37,40	b
B <sub>1</sub>	15,46	a	B <sub>3</sub>	25,71	a	B <sub>3</sub>	28,17	a	B <sub>3</sub>	30,11	a	B <sub>3</sub>	33,59	a
B <sub>3</sub>	15,65	a	B <sub>2</sub>	28,58	b	B <sub>1</sub>	30,97	b	B <sub>1</sub>	33,19	b	B <sub>1</sub>	36,41	b
B <sub>2</sub>	16,22	a	B <sub>1</sub>	28,78	b	B <sub>2</sub>	31,26	b	B <sub>2</sub>	33,36	b	B <sub>2</sub>	36,87	b

Los valores de las columnas representados por la misma letra no presentan diferencias significativas

Leyenda:

A<sub>1</sub> : 2L / 200L de solución;

B<sub>1</sub> : Aplicación vía foliar

A<sub>2</sub> : 2,5L / 200L de solución;

B<sub>2</sub> : Aplicación vía Drench

A<sub>3</sub> : 3L / 200L de solución;

B<sub>3</sub> : Aplicación vía Ferdin

C : Clave

A los 150 días después de la siembra, la prueba de Duncan muestra diferencias significativas en ambos factores respecto a la altura de los plantones, los cuales se agrupan en 02 subgrupos de igual homogeneidad estadística respectivamente. Así, para el factor A, el nivel A<sub>3</sub> (3 L bio líquido) es el que registró un mayor valor promedio con 34,23 cm, a diferencia del A<sub>1</sub> (2 L biol líquido) el cual presentó el menor registro con 30,71 cm. Respecto al factor B, se tiene que el nivel B<sub>2</sub> (aplicación vía Drench) es el de mayor promedio con 33,36 cm de altura; la aplicación vía Ferdin es la de menor registro (30,11 cm).

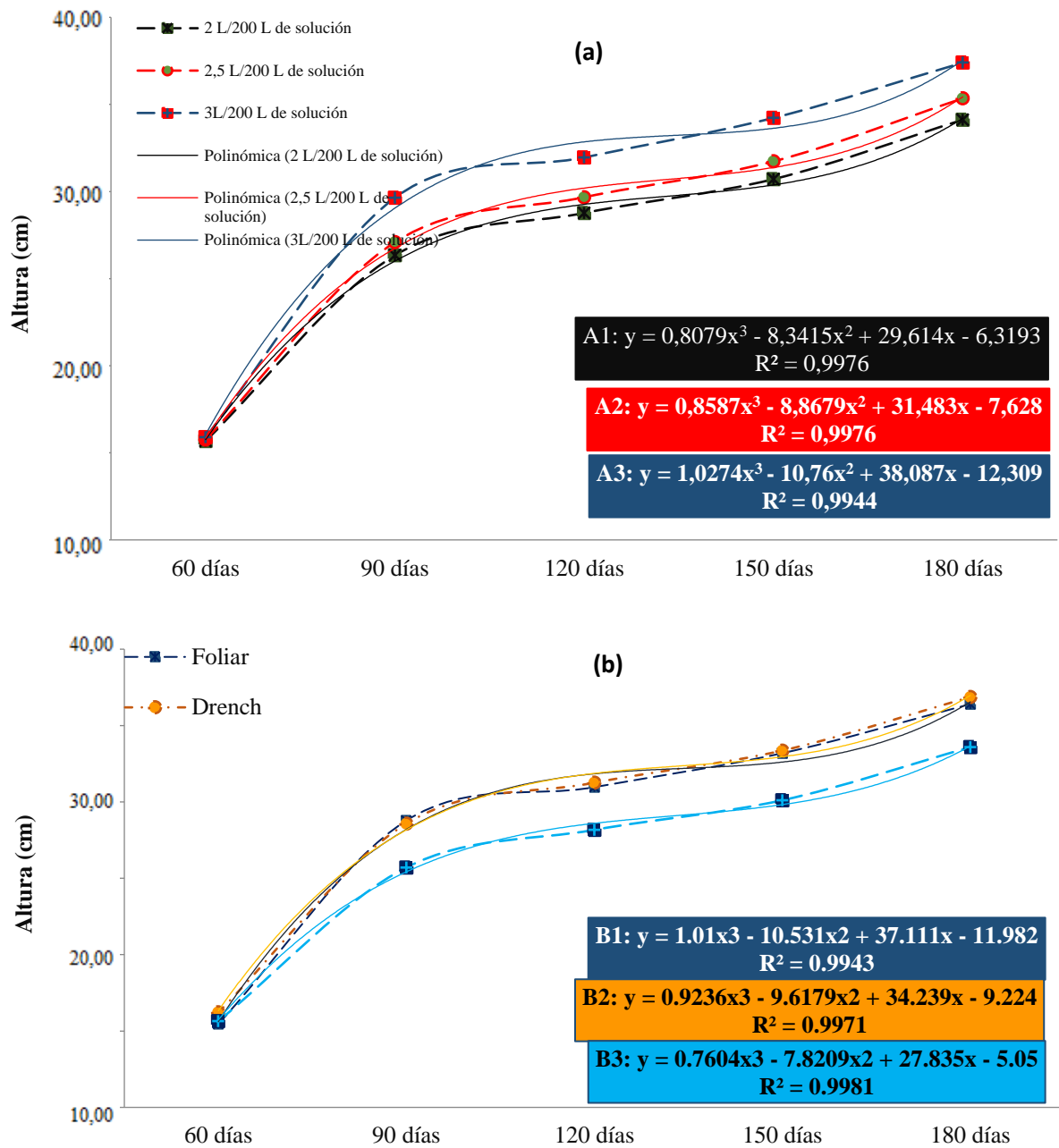
A los 180 días después de la siembra, la última evaluación del experimento, la prueba de Duncan refiere que existen diferencias significativas en el análisis de ambos factores, teniéndose dos sub grupos homogéneos en ambos casos. Respecto al factor A, el nivel A<sub>3</sub> (3 L bio líquido) es el que registró un mayor promedio de altura con 37,40 cm, el A<sub>1</sub> (2 L biol líquido) presentó el menor registro con 34,12 cm. Con referencia al factor B, se tiene que el nivel B<sub>2</sub> (aplicación vía Drench) es el de mayor valor promedio con 36,87 cm de altura; en contraste, el nivel B<sub>3</sub> (aplicación vía Ferdin) es la que menor promedio registró con 33,59 cm.

De lo expuesto, se evidencia la influencia lineal de las dosis de biol líquido Kallpapacha con el valor de la altura, teniéndose que a mayor volumen aplicado se tiene mayores promedios. Respecto al método, la aplicación vía Drench presentó el mejor registro a partir de los 90 días de siembra, por lo que podría considerarse el mejor método de aplicación respecto al crecimiento en altura de los plantones de cacao durante la fase de vivero.

La Figura 9 grafica el crecimiento de la altura de los plantones respecto a los dos factores en estudio durante las 05 evaluaciones realizadas; encontrándose bastante homogeneidad en el comportamiento de los tres niveles en ambos factores; teniéndose que en el periodo 60-90 días de siembra el crecimiento fue bastante marcado, a partir del cual, se tuvo una tasa de crecimiento, notoriamente, inferior que en el mencionado periodo.

Estos resultados denotan que el biol líquido puede ser utilizado eficientemente en suelos ácidos para producir plantones de cacao, debido a que alcanzó registros de altura similares a experiencias donde se utilizan fertilizantes convencionales y sustratos con nutrientes; esto coincidentemente con AGROSCIENCE (2016), quien detalla que por sus componentes, cumple la función de biofertilizante vía foliar o suelo y de una enmienda al ser aplicado al suelo; esto permite ser reemplazante de diversos estiércoles frescos, debido a que contiene EHT, materia orgánica oxidada (C/N entre 1 a 5,8), proteínas y aminoácidos en alta concentración. Asimismo, los resultados de Montes (2020) verifican que los suelos ligeramente neutros y diversos niveles de salinización, al que fueron aplicados el biol líquido Kallpapacha, presentaron variaciones en la velocidad de infiltración; asimismo, los diferentes tratamientos en base a este biol, demuestran un equilibrio del nivel de acidez de los suelos, asimismo, un incremento en los niveles del fósforo asimilable, registrándose mayores niveles en el periodo: diciembre-febrero; respecto a la materia orgánica, Kallpapacha mejora sus niveles de manera diferenciada a la calidad inicial del suelo.

De la presente, se evidencia que a mayor cantidad de biol líquido Kallpapacha se denota un mayor crecimiento en la altura de las plantas de cacao, lo mismo que ocurre a la aplicación de materia orgánica; para Pacheco (2003) el crecimiento en altura obedece al aporte de diversos elementos como el P, Ca y Mg y de hormonas como la auxina y el ácido giberélico; así, de acuerdo a AGROSCIENCE (2016), estos elementos son de abundancia en el biol líquido Kallpapacha, por lo que existe una interacción positiva respecto a su adición a suelos ácidos, esto podría deberse al efecto en los meristemos apicales, dada la contribución de diversos nutrientes, especialmente el fósforo; en este sentido, es importante mencionar a López (2017), quien sostiene que la división celular, cuando no hay fósforo en el medio de crecimiento, se detiene, contrariamente a lo registrado en nuestros resultados. Asimismo, la Kallpapacha aporta gran cantidad de aminoácidos, los cuales, según INTAGRI (2018) contribuyen a mejorar la absorción de agua y nutrientes debido a que tienen una acción de acomplejamiento con nutrientes; los aminoácidos con este efecto son ácido L-glutámico, L-glicina y ácido L-aspártico.



**Figura 9.** Niveles de crecimiento en altura de plántones de cacao durante la fase de vivero según factor dosis de biol líquido (a) y factor tipo de aplicación (b).

Respecto al método de aplicación, se denota mejores resultados en la aplicación vía Drench, esto se afianza de los resultados de Potesta (2018), quien aplicando diferentes dosis de biol bajo la técnica Drench encontró efectos significativos en el rendimiento del cacao, registrando un máximo registro de 1127,66 Kg/ha; asimismo, Loli (2012), señala que los efectos de esta técnica de aplicación se evidencian en el crecimiento y desarrollo de los brotes, el color intenso del follaje, así como la producción, la misma que es igual o superior a la obtenida con una fertilización tradicional. Esta efectividad podría justificarse dado el contacto directo que

tiene el nutriente disuelto con la estructura del suelo, la aplicación afecta en primera instancia al medio, siendo absorbida a partir de ello por las raíces de la planta. Por otro lado, técnica foliar registró valores favorables, teniéndose para la variable altura, estadísticamente el mismo comportamiento que la técnica Drench; así, de acuerdo a IPNI (s.f.) la absorción de los nutrientes se desarrolla mayoritariamente a través de la epidermis, por difusión, debido al gradiente de concentración del nutriente que se establece entre la superficie de la hoja y en el interior de la epidermis, siendo la cutícula, la principal barrera que el nutriente debe atravesar es la cutícula, la cual está compuesta de ceras; las características físico-químicas del nutriente, tales como tamaño y polaridad controlan la tasa de absorción. Siendo las hojas y el tallo los elementos que reciben el nutrimento directamente a través de esta técnica, se puede inferir que biol líquido Kallpapacha presentó características favorables por lo que existió una tasa de absorción aceptable.

En la Tabla 14 se presenta la prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ), para el crecimiento en diámetro de los plántones de cacao a nivel de vivero durante todo el experimento, respecto a los dos factores en estudio, teniéndose:

Durante la primera evaluación, a los 60 días después de la siembra, la prueba de Duncan refiere que no existieron diferencias significativas en el análisis de ambos factores, respecto al diámetro de los plántones, puesto que los niveles se agrupan en un solo sub grupo homogéneo. Respecto al factor A, el nivel A3 (3 L bio líquido) es el que registró un mayor valor de diámetro promedio con 3,92 mm, el mismo valor registró el A2 (2,5 L biol líquido); por otro lado, el A1 (2 L biol líquido) presentó el menor registro con 3,88 mm. Respecto al factor B, se tiene que el nivel B3 (aplicación vía Ferdin) es el de mayor registro con 3,98 mm de diámetro promedio; la aplicación vía foliar es la que menor promedio registró con 3,84 mm.

De la misma manera, para los 90 días después de la siembra, la prueba de Duncan refiere que no existen diferencias significativas en ambos factores en estudio, por cuanto existe un solo subgrupo homogéneo. Así, para el factor A, el nivel A3 (3 L bio líquido) es el que registró un mayor valor para el diámetro con 4,88 cm, en contraste, el A2 (2,5 L biol líquido) presentó el menor registro con 4,75 mm. En relación al factor B, se tiene que el nivel B2 (aplicación vía Drench) es el de mayor promedio con 4,83 mm de diámetro; el nivel B3 (aplicación vía Ferdin), en contraste, es la que menor promedio registró con 4,77 mm.

La prueba estadística de Duncan, a los 120 días después de la siembra, refiere que existen diferencias significativas en el factor A, a partir del cual se formaron dos subgrupos homogéneos, teniéndose que el nivel A2 (2,5 L bio líquido) es el que registró un mayor valor de diámetro con 5,31 mm, contrariamente, el A1 (2 L biol líquido) presentó el menor registro

con 5,00 mm. Para el factor B, la prueba de Duncan menciona que no existen diferencias significativas, donde se tiene que el nivel B2 (aplicación vía Drench) es el de mayor registro con 5,26 mm de diámetro; en contraste, el nivel B1 (aplicación vía foliar) es el que menor promedio registró con 5,08 mm.

**Tabla 14.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para el diámetro (mm) de plántones de cacao durante la fase de vivero según factores en estudio.

Clave	60 días	Sig.	Clave	90 días	Sig.	Clave	120 días	Sig.	Clave	150 días	Sig.	Clave	180 días	Sig.
A <sub>1</sub>	3,88	a	A <sub>2</sub>	4,75	a	A <sub>1</sub>	5,00	a	A <sub>1</sub>	6,52	a	A <sub>1</sub>	7,18	a
A <sub>2</sub>	3,92	a	A <sub>1</sub>	4,77	a	A <sub>3</sub>	5,15	ab	A <sub>3</sub>	6,97	b	A <sub>3</sub>	7,57	b
A <sub>3</sub>	3,92	a	A <sub>3</sub>	4,88	a	A <sub>2</sub>	5,31	b	A <sub>2</sub>	7,03	b	A <sub>2</sub>	7,67	b
B <sub>1</sub>	3,84	a	B <sub>3</sub>	4,77	a	B <sub>1</sub>	5,08	a	B <sub>3</sub>	6,70	a	B <sub>3</sub>	7,26	a
B <sub>2</sub>	3,88	a	B <sub>1</sub>	4,79	a	B <sub>3</sub>	5,12	a	B <sub>1</sub>	6,74	a	B <sub>1</sub>	7,42	ab
B <sub>3</sub>	3,98	a	B <sub>2</sub>	4,83	a	B <sub>2</sub>	5,26	a	B <sub>2</sub>	7,07	b	B <sub>2</sub>	7,73	b

Los valores de las columnas representados por la misma letra no presentan diferencias significativas

Leyenda:

A<sub>1</sub> : 2L / 200L de solución;

B<sub>1</sub> : Aplicación vía foliar

A<sub>2</sub> : 2,5L / 200L de solución;

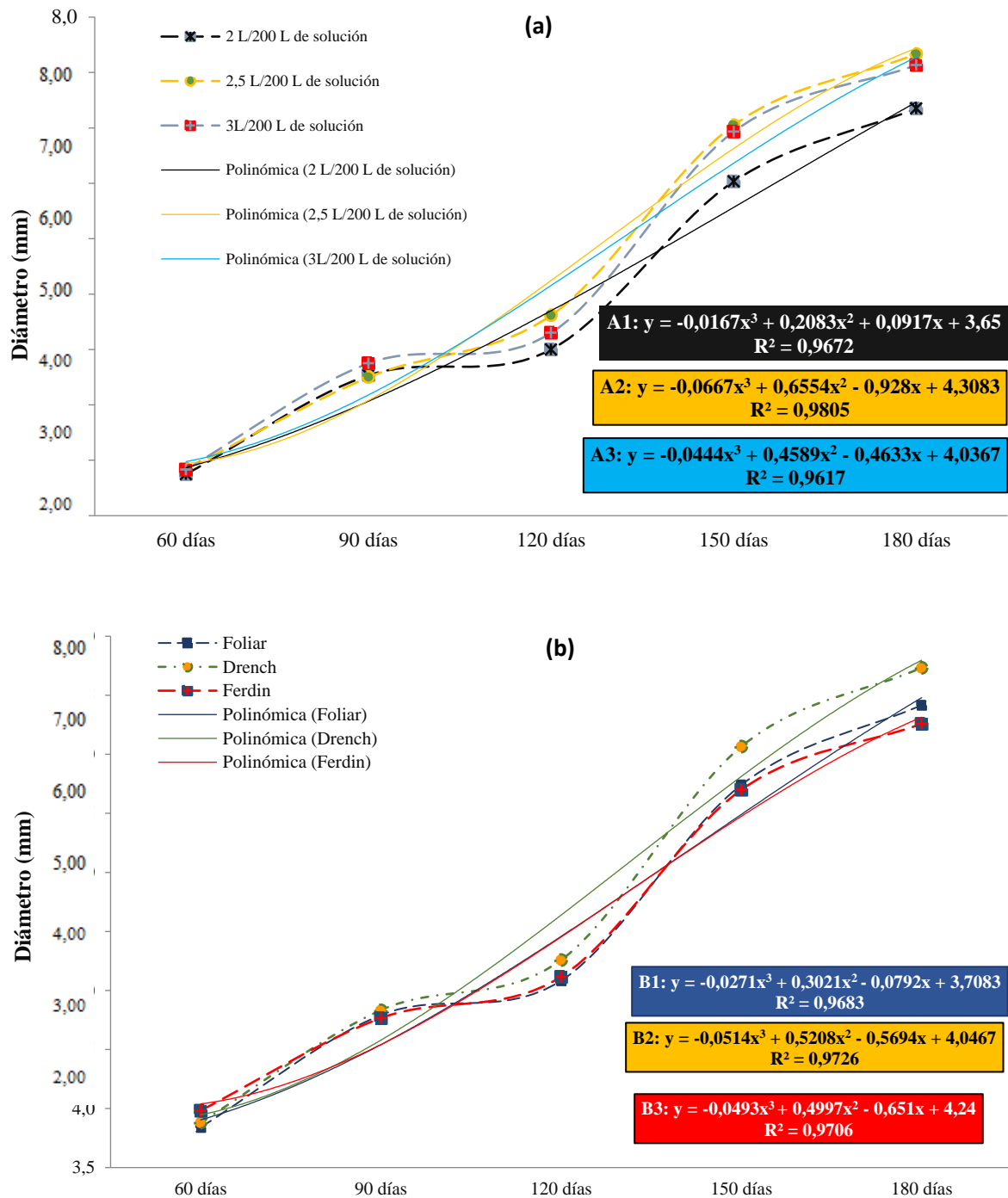
B<sub>2</sub> : Aplicación vía Drench

A<sub>3</sub> : 3L / 200L de solución;

B<sub>3</sub> : Aplicación vía Ferdin

A los 150 días después de la siembra, la prueba de Duncan muestra diferencias significativas en ambos factores respecto al diámetro de los plántones, agrupándose ambos en 02 subgrupos de igual homogeneidad estadística respectivamente. Así, para el factor A, el nivel A2 (2,5 L bio líquido) es el que registró un mayor valor promedio con 7,03 mm, a diferencia del A1 (2 L bio líquido) el cual presentó el menor registro con 6,52 mm. Respecto al factor B, se tiene que el nivel B2 (aplicación vía Drench) presentó el mayor promedio con 7,07 mm de diámetro; la aplicación vía Ferdin es la de menor registro (6,70 mm).

Para la última evaluación del experimento, a los 180 días después de la siembra, la prueba de Duncan detalla la existencia de diferencias significativas en ambos factores, puesto que forman, respectivamente, dos sub grupos homogéneos. En relación al factor A, el nivel A2 (2,5 L bio líquido) es el que registró un mayor registro para el diámetro con 7,67 mm, a diferencia del A1 (2 L bio líquido) el cual presentó registro 7,18 mm. Para el factor B, se tiene que el nivel B2 (aplicación vía Drench) presentó el mayor diámetro con 7,73 mm de diámetro; el nivel B3 (aplicación vía Ferdin) presentó el menor registro con 7,26 mm.



**Figura 10.** Niveles de crecimiento en diámetro de plantones de cacao durante la fase de vivero según factor dosis de biol líquido (a) y factor tipo de aplicación (b).

Por otro lado, la Figura 10 grafica el crecimiento del diámetro de los plantones en relación a los dos factores en estudio durante las 05 evaluaciones; encontrándose bastante

homogeneidad en el comportamiento de los tres niveles en ambos factores; donde, en ambos factores, el periodo 120-150 días de siembra presenta un crecimiento fue bastante marcado. Esto es evidente dado que, en los demás periodos, la pendiente fue visualmente menor en los demás periodos.

De lo anterior, se evidencia una ligera influencia lineal de las dosis de biol líquido Kallpapacha con el valor del diámetro, debido que, a lo largo del experimento, los niveles de mayor dosificación (A2 y A3) representaron los mayores registros. Respecto al método, la aplicación vía Drench presentó el mejor registro a partir de los 60 días de siembra, por lo que podría considerarse el mejor método de aplicación respecto al crecimiento en diámetro de los plántones de cacao durante la fase de vivero.

En la Tabla 15 se presenta la prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para las variables: longitud radicular (cm), volumen radicular (cm<sup>3</sup>), número de hojas y materia seca (g) de plántones de cacao, respecto a los dos factores en estudio, para los 180 días después de la siembra, registrándose que:

Para la longitud radicular, a los 180 días después de la siembra, la prueba de Duncan refiere que existieron diferencias significativas en el análisis de los factores A y B, debido a que los niveles se agrupan en dos y tres sub grupos homogéneos respectivamente. Respecto al factor A, el nivel A2 (2,5 L bio líquido) registró el mayor valor promedio con 40,93 cm, en contraste, el A3 (3 L biol líquido) presentó el menor registro con 37,92 cm. Referido al factor B, se tiene que el nivel B3 (aplicación vía Ferdin) es el de menor registro con 35,96 cm; a diferencia de la aplicación vía foliar (B1) con el mayor promedio de longitud radicular (42,33 mm).

Para el volumen radicular a los 180 días después de la siembra, la prueba de Duncan menciona que no existen diferencias significativas en ambos factores, debido a que, en ambos casos, se agrupan en un solo sub grupo homogéneo. Sin embargo, en el factor A, el nivel A2 (2,5 L bio líquido) registró el mayor valor promedio con 7,38 cm<sup>3</sup>, en contraste, el A3 (3 L biol líquido) presentó el menor registro con 6,66 cm<sup>3</sup>. Para el caso del factor B, se tiene que el B1 (aplicación vía foliar) registró el mayor promedio con 7,38 cm<sup>3</sup>; a diferencia del B3 (aplicación vía Ferdin) con 6,73 cm<sup>3</sup>.

Es evidente que los niveles de volumen radicular, depende de la longitud radicular en mayores medidas, así como en la cantidad de raíces secundarias; según AGROSCIENCE (2016) el biol Kallpapacha, al contener aminoácidos, proteínas, EHT atrapa los carbonatos y sales de la solución suelo permitiendo una adecuada fertirrigación y balance del osmosis lo que conlleva un buen desarrollo radicular y mejor absorción de nutrientes. Asimismo, existe un

aporte importante del fósforo por parte del biol líquido Kallpapacha, esto se denotó en los niveles de longitud de las raíces y en el poco desarrollo de las raíces secundarias, atenuante comportamiento en los tratamientos donde se aplicó el fertilizante en cualquier dosis; coincidiendo con López (2017) quien detalla que si se aplica fósforo a un vegetal en un medio óptimo de crecimiento, la planta tendrá raíces muy largas porque existe nitrógeno y fósforo en condiciones óptimas, las raíces crecen en profundidad y no se ramifican, pero si se le quita el fósforo del medio de crecimiento, aparece un gran número de raíces laterales cerca del ápice de la raíz primaria. Los resultados favorables también obedecen al haber utilizado bolsas de un volumen mayor al convencional, en ese sentido, se coincide con Ouma (2006), quien reportó para plantas de limón (*Citrus limon*), incremento en el número de hojas, altura de la planta, altura del dosel, diámetro del tallo, el peso seco de las raíces y tallos, con el aumento del volumen de los contenedores, y viceversa para pequeños volúmenes. Asimismo, la estructura radicular está en contacto constante con el sustrato, por lo que sus características influyen en su desarrollo; se evidenció que la aplicación del biol líquido Kallpapacha mejora las condiciones del sustrato utilizado (suelo ácido), esto se evidencia en los registros de los plantones; a esto se tiene que aclarar, que las prácticas de manejo de los plantones influyeron significativamente en los resultados; así distintos autores mencionan que la humedad y la temperatura del sustrato tienen efecto directo sobre el crecimiento de las plantas, así como en los procesos químicos y el grado de actividad de diversos tipos de organismos en el suelo que influyen en el crecimiento (Henríquez y Cabalceta, 1999; Porta et al., 2003).

Para el número de hojas por plantón, a los 180 días después de la siembra, la prueba de Duncan menciona que existen diferencias; en ese sentido, el nivel A3 (3 L bio líquido) registró el mayor número de hojas promedio con 16,63 hojas, en contraste, el A1 (2 L biol líquido) presentó el menor registro con 14,05 hojas en promedio. Para el caso del factor B, la prueba de Duncan denota la inexistencia de diferencias significativas; donde el nivel B1 (aplicación vía foliar) registró el mayor promedio con 15,43 hojas; a diferencia del B2 (aplicación vía Drench) con 14,88 hojas. El experimento demuestra que a pesar de generar efecto lineal de las dosis de Kallpapacha con el número de hojas, existen resultados favorables coincidiendo con Fermín (2009), quien indica que los bioestimulantes son productos capaces de incrementar el desarrollo, la producción y crecimiento de los vegetales, las cuales a pesar de no ser un producto de síntesis inorgánica, al ser aplicado en cantidades pequeñas genera un impacto positivo en la germinación, desarrollo y crecimiento vegetativo en las plantas.

**Tabla 15.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para para la longitud radicular (cm), volumen radicular (cm<sup>3</sup>), número de hojas y materia seca (g) de plántones de cacao durante la fase de vivero según factores en estudio.

Clave	Longitud de raíces	Sig.	Clave	Vol. de raíces	Sig.	Clave	N° de hojas	Sig.	Clave	Materia seca	Sig.
A <sub>3</sub>	37,92	a	A <sub>3</sub>	6,66	a	A <sub>1</sub>	14,05	a	A <sub>1</sub>	8,13	a
A <sub>1</sub>	39,51	b	A <sub>1</sub>	6,83	a	A <sub>2</sub>	14,53	a	A <sub>2</sub>	9,9	b
A <sub>2</sub>	40,93	b	A <sub>2</sub>	7,38	a	A <sub>3</sub>	16,63	b	A <sub>3</sub>	12,06	c
B <sub>3</sub>	35,96	a	B <sub>3</sub>	6,73	a	B <sub>2</sub>	14,88	a	B <sub>3</sub>	9,56	a
B <sub>2</sub>	40,08	b	B <sub>2</sub>	6,76	a	B <sub>3</sub>	14,9	a	B <sub>2</sub>	10,18	a
B <sub>1</sub>	42,33	c	B <sub>1</sub>	7,38	a	B <sub>1</sub>	15,43	a	B <sub>1</sub>	10,35	a

Los valores de las columnas representados por la misma letra no presentan diferencias significativas

Leyenda:

A<sub>1</sub> : 2L / 200L de solución;

A<sub>2</sub> : 2,5L / 200L de solución;

A<sub>3</sub> : 3L / 200L de solución;

B<sub>1</sub> : Aplicación vía foliar

B<sub>2</sub> : Aplicación vía Drench

B<sub>3</sub> : Aplicación vía Ferdin

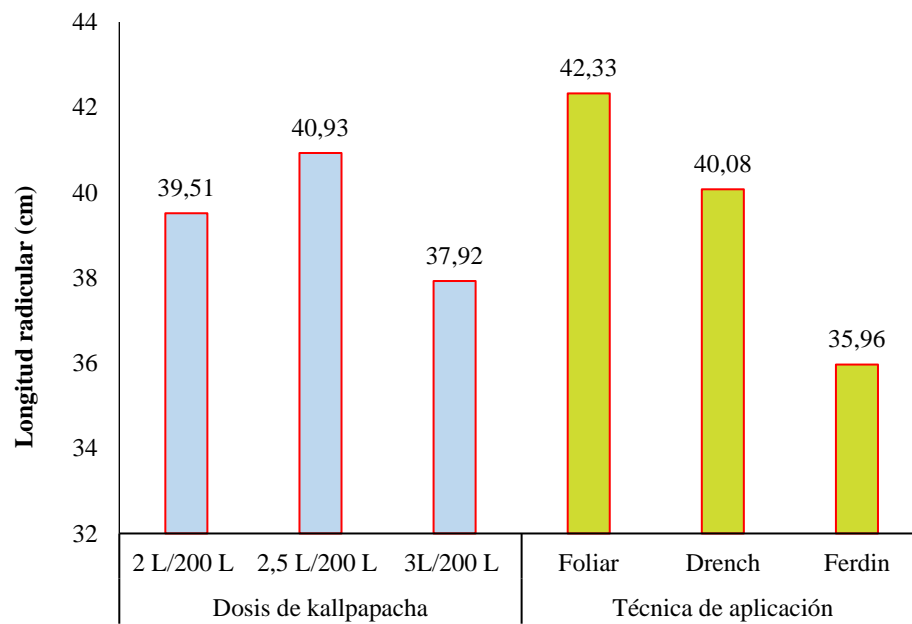
Se logra inferir que el desarrollo foliar se relaciona directamente con la calidad del sustrato y la fertilización de los plántones, teniéndose que los factores externos no influyen como en otros elementos de la planta; se coincide con Almeida y Valle (2007) quienes refieren que el aumento en el número de las hojas en las primeras responde a factores endógenos y se lleva a cabo de manera rítmica y relativamente independiente de los factores externos. Sin embargo, es importante tomar en consideración factores externos como la precipitación y la frecuencia de riego; Beltrán y Córdoba (2012) aseguran que las condiciones ambientales (principalmente la precipitación) repercuten directamente en la emisión de estructuras (nudos, ramas y hojas) por parte de la planta de cacao.

En relación a la técnica de aplicación, es la vía foliar la de mejores resultados sin existir diferencias estadísticas con las demás, para esto es importante mencionar que las hojas no son órganos especializados para la absorción de nutrientes como lo son las raíces, sin embargo, las hojas son los órganos vegetales más importantes para el aprovechamiento de los nutrimentos aplicados por aspersión; así, según Margullis y Sagan (s.f.) las hojas poseen estomas, estructuras especializadas de la epidermis, que delimitan el ostiolo, abundando en el envés de las hojas y tallos jóvenes; así, después de penetrar por el ostiolo, el CO<sub>2</sub> necesario para la fotosíntesis se difunde por los espacios intercelulares de los tejidos vegetales, entran a las células y luego a los cloroplastos, permitiendo el intercambio gaseoso. Contrariamente a lo

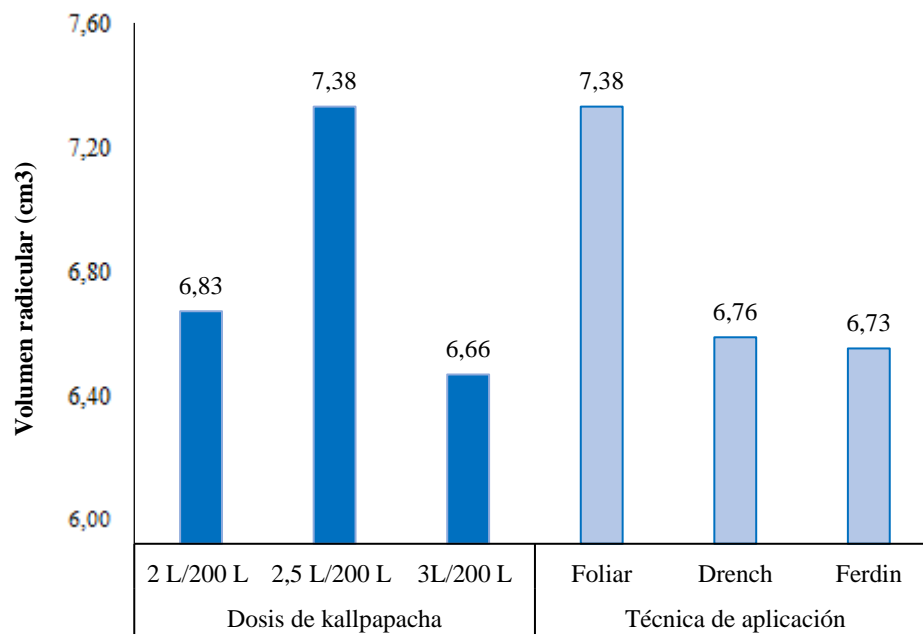
que se cree, la absorción de nutrientes a través de los estomas es poco probable, es atribuida en su mayoría a la absorción de la cutícula. Sin embargo, se debe considerar la mención de IPNI (s.f.), quien sostiene que, los estomas no son la única posibilidad de absorción de nutrientes a través del follaje. Se ha comprobado que también puede haber penetración a través de espacios submicroscópicos denominados ectodesmos que se encuentran en las hojas. Además se sabe que la cutícula de las hojas se dilata al humedecerse, produciéndose espacios vacíos que permiten la penetración de soluciones nutritivas. Todos estos enunciados corroboran la importancia de la estructura foliar en su papel como receptor de nutrientes mediante esta técnica y su efectividad.

La prueba de Duncan para la materia seca por plantón, a los 180 días después de la siembra, menciona que existen marcadas diferencias significativas debido a que se agrupan en tres sub grupos homogéneos; así, el nivel A3 (3 L bio líquido) registró el mayor peso con 12,06 g, en contraste, el A1 (2 L biol líquido) presentó el menor registro con 8,13 g en promedio. Para el caso del factor B, la prueba de Duncan detalla que no existen diferencias significativas, por ello los niveles se agrupan en un solo sub grupo homogéneo; donde el nivel B1 (aplicación vía foliar) registró el mayor promedio con 10,35 g; a diferencia del B3 (aplicación vía Ferdin), del menor promedio con 9,56 g. Posiblemente el efecto de los elementos importantes del biol líquido Kallpapacha tales como magnesio (Mg) y manganeso (Mn), influyen en el desarrollo biométrico de los elementos de la planta de cacao, según Restrepo (2001), el Mn tiene un papel relevante en la fotosíntesis, metabolismo del carbono y el nitrógeno influyen significativa.

De lo expuesto puede inferirse que la aplicación de distintas dosis de biol líquido Kallpapacha, presenta un ligero comportamiento lineal, teniéndose que para las variables longitud y volumen de raíces, el nivel A2 es el de mejor influencia, a diferencia de las variables número de hojas y materia seca, las cuales presentan en el nivel A3 los mayores valores promedios registrados.

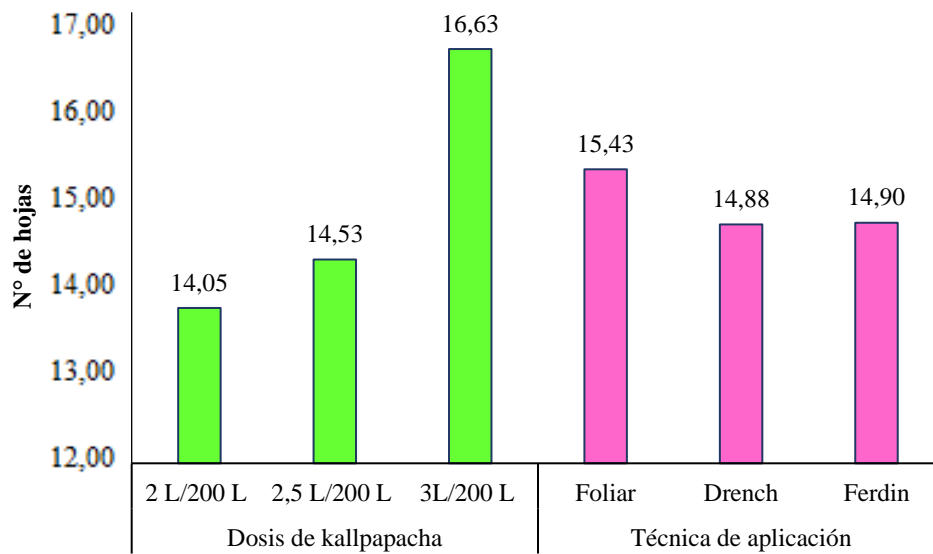


**Figura 11.** Longitud radicular (cm) de los plantones de cacao durante la fase de vivero según factores en estudio.

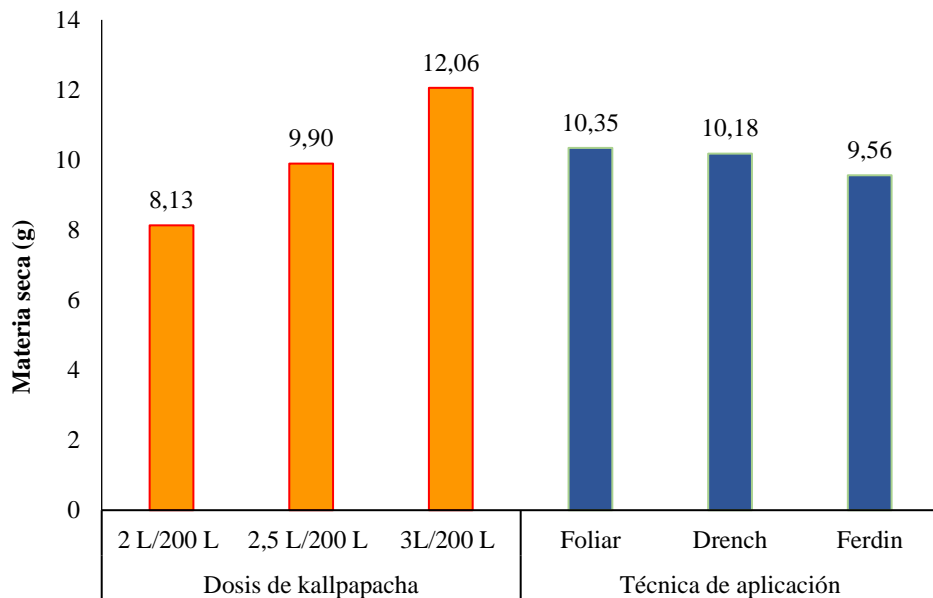


**Figura 12.** Volumen radicular (cm³) de los plantones de cacao durante la fase de vivero según factores en estudio.

Por otro lado, respecto al método de aplicación, la vía foliar resultó ser la de mayores registros en las cuatro variables analizadas. Así, la Figura 11, 12, 13 y 14 detallan gráficamente lo expuesto con anterioridad.

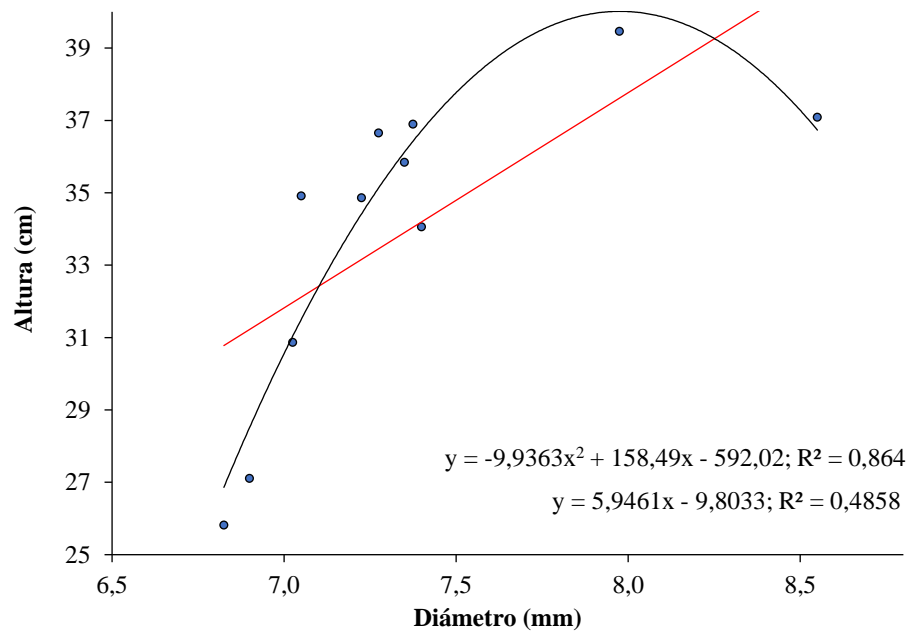


**Figura 13.** Número de hojas de los plantones de cacao durante la fase de vivero según factores en estudio.

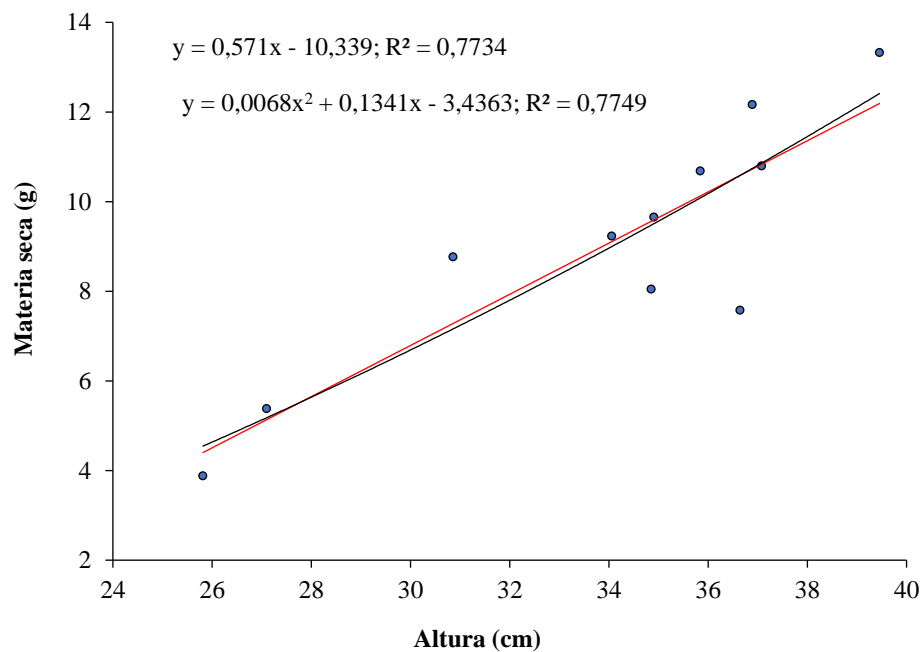


**Figura 14.** Materia seca (g) de los plantones de cacao durante la fase de vivero según factores en estudio.

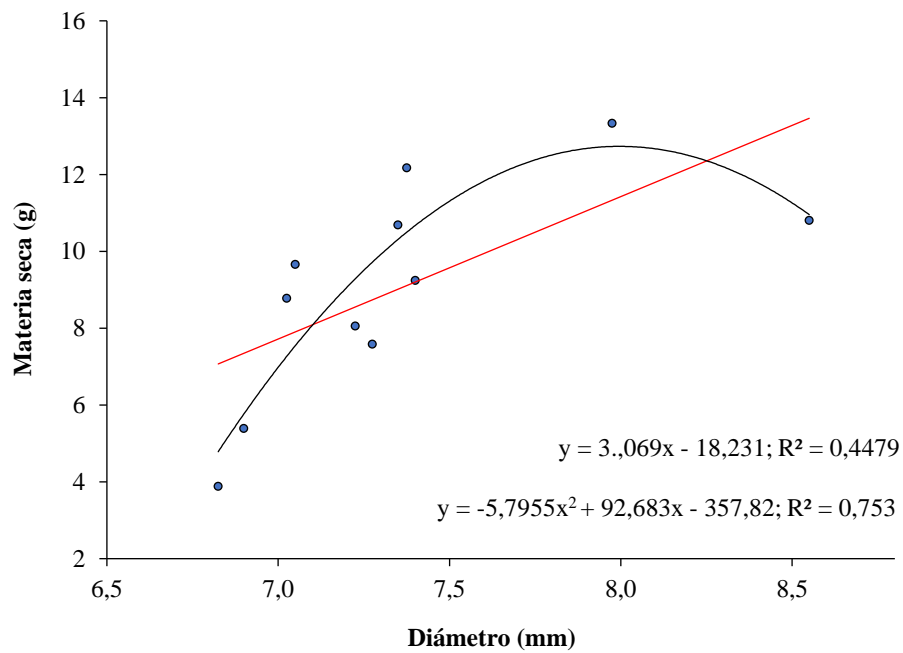
Por otro lado, las Figuras 15, 16, 17, 18, 19 y 20, se muestran el grado de relación que existen entre las variables dependientes, de los cuales se tiene que, a diferencia de las relaciones ‘longitud radicular - volumen radicular’ y ‘materia seca – número de hojas’, las demás no se ajustan a una ecuación de predicción idónea.



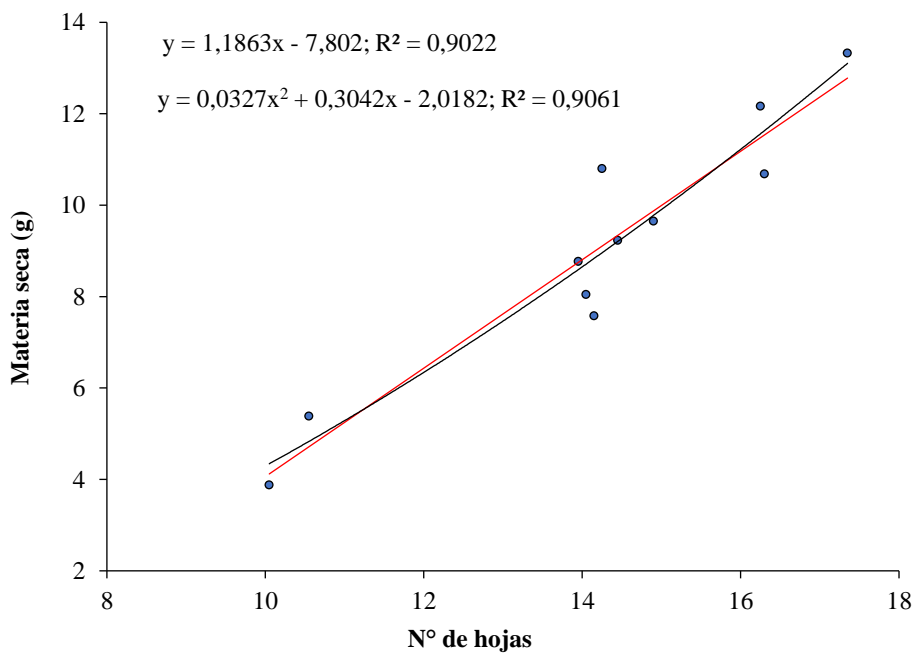
**Figura 15.** Grado de relación de las variables altura-diámetro de los plantones de cacao durante la fase de vivero según factores en estudio.



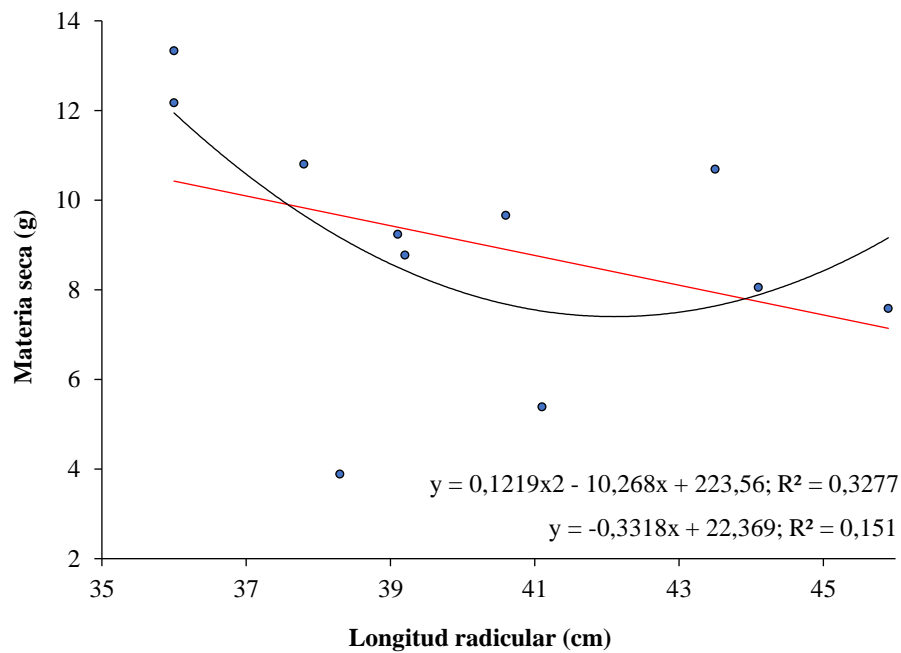
**Figura 16.** Grado de relación de las variables materia seca-altura de los plantones de cacao durante la fase de vivero según factores en estudio.



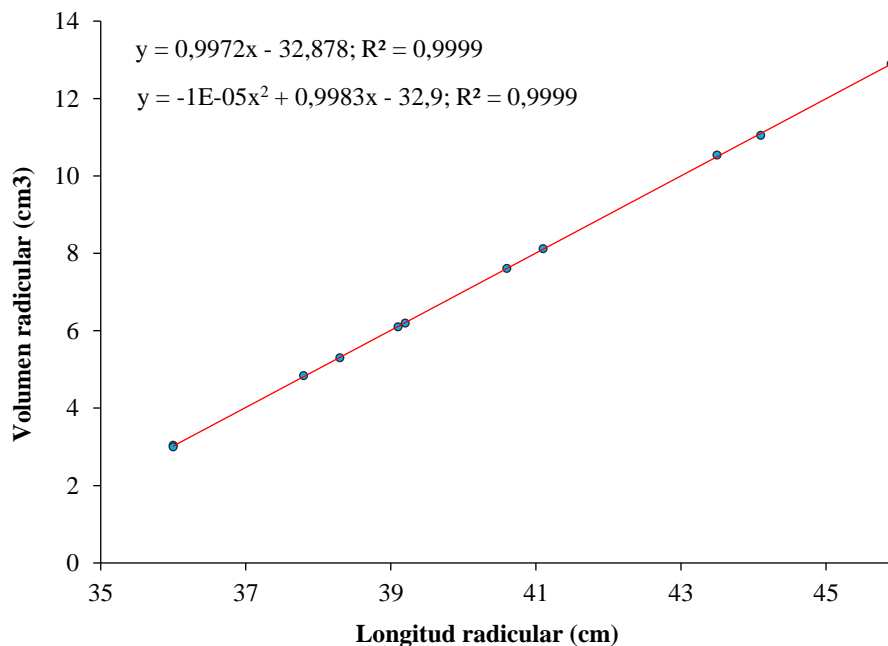
**Figura 17.** Grado de relación de las variables materia seca-diámetro de los plantones de cacao durante la fase de vivero según factores en estudio.



**Figura 18.** Grado de relación de las variables materia seca-número de hojas de los plantones de cacao durante la fase de vivero según factores en estudio.



**Figura 19.** Grado de relación de las variables materia seca-longitud radicular de los plantones de cacao durante la fase de vivero según factores en estudio.



**Figura 20.** Grado de relación de las variables volumen radicular-longitud radicular de los plantones de cacao durante la fase de vivero según factores en estudio.

Así, se tiene que para la relación 'altura – diámetro', los valores de R2 de la ecuación polinómica de segundo grado y de la ecuación lineal fueron 0,864 y 0,4858 respectivamente, lo que nos confirma que no existe dependencia entre estas variables. Para la

relación ‘materia seca – altura’, los valores de  $R^2$  de la ecuación polinómica de segundo grado y de la ecuación lineal fueron 0,7734 y 0,7749 respectivamente, esto evidencia que no existe dependencia entre estas medidas. Respecto a la relación ‘materia seca – diámetro’ se registró los valores de 0,753 y 0,4479 para el  $R^2$  de la ecuación polinómica de segundo grado y de la ecuación lineal respectivamente, lo que nos confirma la no existencia de dependencia entre estas variables. La relación ‘materia seca – número de hojas’ muestra los valores de 0,9061 y 0,9022 para el  $R^2$  de la ecuación polinómica de segundo grado y de la ecuación lineal respectivamente, estos valores cercanos a la unidad evidencian la relación que existen entre estas dos variables, pudiendo considerarse a las ecuaciones idóneas para predecir su valor. Respecto a la relación ‘materia seca – longitud radicular’ se encontró los menores valores para el  $R^2$ , teniéndose 0,3277 y 0,151 para la ecuación polinómica de segundo grado y de la ecuación lineal respectivamente, estos valores verifican la casi nula relación entre estas variables. Por otro lado, la relación ‘volumen radicular – longitud radicular’ muestra un grado de relación casi perfecto, teniéndose para la ecuación polinómica de segundo grado y de la ecuación lineal, el  $R^2$  de 0,999 y 0,999 respectivamente; esto evidencia el grado de relación que existe entre estas dos variables; así, estos valores cercanos a la unidad verifican la relación que existen entre estas dos variables, pudiendo considerarse a las ecuaciones idóneas para predecir su valor.

## V. CONCLUSIONES

- Se concluye que a los 180 días después de la siembra los mayores valores alcanzados fueron en altura 39,46 cm, el número de hojas 17,35 y materia seca 13,33 gr. por plantón correspondiente al tratamiento T3 (3 L biol líquido /200 L solución + vía foliar); y se obtuvieron resultados para el diámetro 8,55mm, longitud radicular 49,80 cm y el volumen radicular 8,41 cm<sup>3</sup> por plantón, correspondientes para el tratamiento T<sub>5</sub> (2,5 L biol líquido /200 L solución + vía Drench) presentó los mayores registros.
- A los 180 días después de la siembra, para el factor A (dosis de biol líquido), los mayores valores para la altura, número de hojas y materia seca por plantón se dieron en el nivel A<sub>3</sub> (3L / 200L de solución), y con respecto al diámetro de plantón, longitud de raíz y volumen radicular los mayores promedios se dieron en el nivel A<sub>2</sub> (2,5L / 200L de solución). Esto evidencia la influencia de la cantidad de biol líquido aplicado, en el desarrollo de plantones de cacao durante la fase de vivero utilizando como sustrato suelos ácidos locales.
- A los 180 días después de la siembra con Respecto al factor B, los mayores valores para la altura y diámetro de planta se dio en el nivel B<sub>2</sub> (aplicación vía Drench); por otro lado, para las variables longitud de raíces, volumen radicular, número de hojas y materia seca, los mejores registros se dieron en el nivel B<sub>1</sub> (aplicación foliar).

## VI. PROPUESTAS A FUTURO

- Realizar trabajos de investigación con dosis de biol líquido Kallpapacha superiores a 2,5 L de biol líquido por cada 200 L de solución, en la evolución de plántones de cacao durante la fase de vivero, considerando una cantidad de 5 ml por cada aplicación por planta indistintamente a la técnica de aplicación foliar y/o Drench, las cuales presentaron los mejores registros en el presente trabajo de investigación.
- No realizar aplicaciones de fertilizantes nitrogenados en sustrato (suelos ácidos) para la generación de plántones de cacao en vivero, debido a que aumentan la capacidad de acidificación, una menor retención de fósforo y baja capacidad de intercambio catiónico en el medio, esto se evidencia debido a que el T10 (Fertilización con NPK), presentó los menores registros.
- Realizar estudios posteriores para verificar la eficiencia del biol líquido Kallpapacha frente a otros productos (bioles) bajo distintas condiciones, ya sea de sustrato, condiciones meteorológicas u otras especies que ayuden a demostrar el verdadero efecto del producto.

## VII. REFERENCIAS

- AGROSCIENCE. (2016). Criterios para el desarrollo y uso de kallpapacha®. <https://med.se-todo.com/himiya/15352/index.html>
- Alcalde, P., Béjar, F., Quesquén, M., Torres, M. (2017). Impacto de las exportaciones en el Perú, de no ceñirse a la modificación del Reglamento Europeo N° 488/2014, que establece límites de cadmio para el chocolate y el cacao en polvo, apto para el consumo al por menor. [Proyecto de investigación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio UPC. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/621771>
- Almeida A., Valle R. (2007). Ecophysiology of the cacao tree. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19(4): 425-448.
- Arévalo, E., Zúñiga, L., Arévalo, C., Adriazola, J. (2004). Manejo integrado del cultivo y transferencia de tecnología en la Amazonía peruana. Cacao. Instituto de Cultivos Tropicales. San Martín, Perú. 184 p.
- Asociación Nacional del Café – ANACAFE. (2004). Cultivo de cacao. Programa de Diversificación de Ingresos en la Empresa Cafetalera. <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/05/Cultivo-de-Cacao.pdf>
- Barrera, J., Suarez, D., Melgarejo, L.M. (2010). Análisis de crecimiento en plantas. En Melgarejo, L.M., Romero, M., Hernández, S., Barrera, J., Solarte, M.E., Pérez, V., Rojas, A., Cruz., M. Moreno, L., Crespo, S. y Perez, W. (2010). Experimentos de fisiología vegetal. Charlie´s impresores Ltda.: Colombia
- Barrera, P., Reyna, B. Tresierra, A. (2014). Caracterización de endófitos microsimbiontes aislados de leguminosas nativas de la Amazonía peruana. *Conoc. amaz.* 5(2): 115-121
- Barrientos, P., Cortez de Uceda, G., Macines, R., Sanabria, C., Lama, A., Huamaní, C., Rodríguez, N. (2014). La producción de cacao y su efecto en la comercialización internacional. (Ponencia). XVII Seminario Taller de Investigación Económica. Lima, Perú.
- Bautista, F.M.E. (1988). Influencia del tamaño de semilla, de la aplicación de Complezol Fluid a los 30 y 60 días de la siembra, en el vigor de la planta de cacao (*Theobroma cacao* L.). [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]
- Beltrán, J., Córdoba, R. (2012). Comportamiento ecofisiológico de cuatro clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) propagados mediante tres métodos de injertación en el CURDN en Armero-Guayabal-Tolima. Tolima, Colombia. [Tesis de licenciatura en Agronomía]. Universidad de Tolima]

- Bengough A.G.; Mckenzie, B.M.; Hallett P.D.; Valentine, T.A. (2011). Root elongation, water stress, and mechanical impedance: a review of limiting stresses and beneficial root tip traits. *Journal of Experimental Botany*. 62(1):59 - 68. doi: 10.1093/jxb/erq350
- Bowman, D.T. (2001). Common use of the CV: a statistical aberration in crop performance trials (Contemporary Issue). *J. Cotton Sci.* 5:137-141.
- Cairns, M.; Brown, S.; Helmer, E.; Baumgardner, G. (1997). Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia*. 111(1):1 - 11. doi: 10.1007/S004420050201.
- Courtis, A. (2014). Guía de Estudio: Crecimiento y Desarrollo. Cátedra de Fisiología Vegetal. Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. Corrientes, Argentina. 17 p.  
<http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Gu%C3%ADa%20de%20Estudio-Crecimientoydesarrollo.pdf>
- Cueva, A. (2013). Cacao. Sombreamiento, agroforestería, nutrición, fertilización, fisiología. Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, PER
- Fermín, A. (2009). Evaluación de cuatro bioestimulantes comerciales en el desarrollo de plantas injertadas de cacao (*Theobroma cacao* L.) Cultivar nacional. Ecuador. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]
- Margulis, L., Sagan, D. (s.f.). El proceso de nutrición en las plantas. MH Education. 18 p.  
<https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448180895.pdf>
- Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café - PROCAFÉ (2008). Fertilización del cafeto. El Salvador. <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/fertilizacion-cafeto-t27565.htm>
- García, G. (2018). Efecto de fertilización en drench de plántulas de *Theobroma cacao* L. grupo criollo, en vivero, Río Negro - Satipo. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio UNCP.  
<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4878/Garcia%20Reyes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gonzales, R. (2018). Efecto de dos abonos orgánicos en el crecimiento de plantones de cacao (*Theobroma cacao* L.) de los clones CCN- 51 e IMC-67 en vivero. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS.  
<https://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1573>
- Gutiérrez, M., Gómez, R. Rodríguez, N. (2011). Comportamiento del crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.), en vivero, sembradas en diferentes volúmenes de

- sustrato. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 12(1), 33-42.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/230352917.pdf>
- Henríquez, C.; Cabalceta. G. (1999). *Guía práctica para el estudio introductorio de los suelos con un enfoque Agrícola*. ACCS. 1° edición. San José, Costa Rica. 111p.
- Holdridge, L. (1982). *Ecología basada en zonas de vida*. Centro Tropical de Investigación y Enseñanza. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura – IICA. San José, Costa Rica.
- INFOCACAO (2015). *El ambiente y su efecto en el comportamiento de la planta de cacao. Proyecto de Mejoramiento de Ingresos y Empleo para Productores y Productoras de Cacao en Honduras (PROCACAHO)*.  
[http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao\\_pdfs/infocacao/InfoCacao\\_No5\\_Dic\\_2015.pdf](http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/infocacao/InfoCacao_No5_Dic_2015.pdf)
- Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura – INTAGRI. (2018). *Aminoácidos para la bioestimulación de cultivos hortofrutícolas*.  
<https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/aminoacidos-para-la-bioestimulacion-de-cultivos-hortofruticolas>
- International Plant Names Index – IPNI (s.f.). *La nutrición foliar*.  
[http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/2607C656965830608525801200607C31/\\$FILE/Art%202.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/2607C656965830608525801200607C31/$FILE/Art%202.pdf)
- Isla, E., Andrade, B. (2009). *Manual para la producción de cacao orgánico en las comunidades nativas de la cordillera del Cóndor*. Fundación Conservación Internacional. Lima, Perú.  
[https://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD%20237%2003/pd237-03-2%20rev2\(F\)%20s.pdf](https://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD%20237%2003/pd237-03-2%20rev2(F)%20s.pdf)
- Loli, F.O. (2012). *Análisis de suelos y fertilización en el cultivo de café. Guía técnica UNALM-Agrobanco. Tocache San Martín - Perú. 2012: 28*.  
<https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/011-c-cafe.pdf>
- López, J. (2017). *El funcionamiento de la raíz y el uso eficiente de nutrientes*. Red Agrícola.  
<https://www.redagricola.com/cl/funcionamiento-la-raiz-uso-eficiente-nutrientes/>
- López, J. (2017). *El funcionamiento de la raíz y el uso eficiente de nutrientes*. Red Agrícola.  
<https://www.redagricola.com/cl/funcionamiento-la-raiz-uso-eficiente-nutrientes/>
- Mamilovich, L. (2018). *Efecto del biol y estiércol de ovino en las propiedades del suelo y crecimiento del cacao (*Theobroma cacao* L.) en el vivero forestal de la Facultad de R.N.R. – UNAS. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1525>*

- Martínez, A. (2018). Efecto de tres dosis de abono foliar líquido “biol” en la fase de vivero del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.), en la junta vecinal de Pampa Yurac, distrito y provincia de Padre Abad. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio UNU. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/3679>
- Ministerio de la Agricultura y Riego – MINAGRI. (2019). Observatorio Commodities: Cacao. Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria, Dirección General de Políticas Agrarias. Lima, Perú. [http://repositorio.minagri.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/MIDAGRI/98/commodities\\_cacao\\_marzo2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.minagri.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/MIDAGRI/98/commodities_cacao_marzo2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Mokany, K.; Raison, J.; Prokushkin. A. (2005). Critical analysis of root: shoot ratios in terrestrial biomes. *Global Change Biology*. 11:1 - 3. doi: 10.1111/j.1365-2486.2005.001043.x.
- Mokany, K.; Raison, R.; Prokushkin. A. (2006). Critical analysis of root: shoot ratios in terrestrial biomes. *Global Change Biology*. 12:84 - 96. doi: 10.1111/j.1365-2486.2005.001043.x.
- Montes, I. (2020). Mejoramiento de las propiedades biofísicas del suelo mediante la incorporación de dos abonos verdes y materia orgánica. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio La Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4400>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO. (2018). FAOSTAT. Recuperado de: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>
- Osorio, M.; Leiva, E.; Ramírez, R. (2017). Crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en diferentes tamaños de contenedor. *Rev. Cienc. Agr.* 34(2): 73 - 82. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.173402.73>.
- Ouma G. (2006). Growth responses of ‘rough lemon’ (*Citrus limon* L.) rootstock seedlings to different container sizes and nitrogen levels. *Agricultura Tropica ET Subtropica* 39:183-188.
- Palencia, G., Gómez, R., Mejía, L. (2003). Producción masiva de materiales clonales de cacao (*Theobroma cacao* L.). Manual Técnico. CORPOICA Reg. 7 - Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bucaramanga, Colombia. 58 p.
- Paredes, M. (2003). Manual del cultivo de cacao. Ministerio de Agricultura - Programa para el Desarrollo de la Amazonia. Tingo María, Perú. Pp. 10 – 13. <https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/MIDAGRI/372/1/cacao%20-%20copia.pdf>

- Patel, J.K., N.M. Patel, y R.L. Shiyani. (2001). Coefficient of variation in field experiments and yardstick thereof-an empirical study. *Curr. Sci.* 81(9):1163-1164.
- Gordon, R, Camargo, I. (2015). Statistical selection for estimating the accuracy in experimental corn trials. *Agron. Mesoam.* 26(1): 55-6 p.  
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/16920/16567>
- Pisco, N. (2018). Efecto de fertilizantes compuestos, utilizando suelos ácidos como sustrato en el crecimiento de plantones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tocache. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS.  
<https://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1536>
- Porta, C.J.; López, R.M.; Roquero, D.C. (2003). Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi Prensa. España. Tercera edición. 929p.
- Potesta, J. (2018). Efecto del abono orgánico líquido bajo la técnica drench en las propiedades del suelo y la producción de cacao (*Theobroma cacao* l.) orgánico en el centro poblado alto Palcazú. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1424>
- Ramírez, R.; Salazar, C. (2006). Cambios de la resistencia a la penetración con diferentes sistemas de manejo y su relación con algunas propiedades físicas en un Yisol del municipio de - Marinilla (Antioquia). P. XX En: XIII Congreso Colombiano de la ciencia del suelo. 4-6 de octubre. Bogotá, Colombia. Sociedad colombiana de la Ciencia del Suelo.
- Ramiro, E., Caballero, A. (2011). Inconsistencia del Coeficiente de Variación para expresar la variabilidad de un experimento en un modelo de Análisis de Varianza. *Cultivos Tropicales*, 32(3), 42-45. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362011000300006&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362011000300006&lng=es&tlng=es)
- Restrepo, J. (2001). Abonos Orgánicos Fermentados Experiencias de Agricultores en Centro América y Brasil. IICA, Costa Rica. 114 p.
- Rimache, M. (2008). Cultivo del cacao. En: Propagación sexual e instalación y mantenimiento de viveros. Empresa Editora Macro EIRL. Surquillo, Perú. 112 p.
- Rivera, A. (2003). Sistema de fertilización de cafetales a bajo costo: Una inyección de esperanza. El Salvador.  
<http://archivo.elsalvador.com/noticias/2003/06/10/negocios/negoc7.html>
- Romero, E. (2016). Evaluación ecomorfológica de cacao (*Theobroma cacao* L.) sometido a distintas fertilizaciones, en la comunidad de Nuevo Ojital, municipio de Papantla, Ver. [Trabajo de experiencia recepcional, Universidad Veracruzana]. Repositorio

Veracruzana.

<https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/47417/RomeroHernandezEsteban.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

- 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 pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/166>
- Salas, R. (2002). Herramientas de diagnóstico para definir recomendaciones de fertilización foliar Memoria fertilización foliar: principios y aplicaciones. CIA. UCR. Costa Rica.
- Sánchez, V., Zambrano, J.L., Iglesias, C. (2019). La cadena de calor del cacao en América Latina y el Caribe. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. FONTAGRO. Quito, Ecuador. 104 p. [https://www.fontagro.org/new/uploads/adjuntos/Informe\\_CACAO\\_linea\\_base.pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/adjuntos/Informe_CACAO_linea_base.pdf)
- Sarango, E. (2008). Evaluación del prendimiento de dos tipos de injerto con tres clones de cacao (*Theobroma cacao*), investigados por el INIAP y dos cultivares de la zona. [Tesis de pregrado, Universidad Estatal de Bolívar].
- Vaca, R. (2011). Evaluación de tres bioestimulantes con tres dosis en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.). [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio UTN. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/793>
- Venegas, C. (s.f.). Fertilización foliar complementaria para nutrición y sanidad en producción de papas. Impreso por Agrys S. de R.L. de C.V. México. <http://www.jadefo.org.mx/jwp/wp-content/uploads/Fertilizacion.pdf>
- Villalobos, R. (2006). Programación de riego y fertirriego y recirculación: experiencias con la inyectora Unidrench® en la floricultura colombiana. Pp. 421-426. En: Flórez, J.; Fernández, A.; Miranda, D.; Chaves, B., y Guzmán, J. Avances sobre fertirriego en la floricultura colombiana. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Vinicio F. (2002). Aspectos Mecanismos de absorción de nutrimentos por el follaje. En: Memoria Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones. Editores: Meléndez G., Molina E. Costa Rica. 152p.
- Lallana, V., Lallana, A. (2010). Crecimiento. Cátedra de Fisiología Vegetal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Entre Ríos. 21 p. [http://www.fca.uner.edu.ar/files/academica/deptos/catedras/WEBFV\\_2010/mat\\_did/UT7.pdf](http://www.fca.uner.edu.ar/files/academica/deptos/catedras/WEBFV_2010/mat_did/UT7.pdf)

## **ANEXOS**

**Tabla 16.** Datos generales del experimento.

Clave	Factor A	Factor B	Rep.	Altura de planta (cm)					Diámetro (mm)					Longitud radicular (cm)	Volumen radicular (cm <sup>3</sup> )	N° de hojas	Materia seca (g)
				60 días	90 días	120 días	150 días	180 días	60 días	90 días	120 días	150 días	180 días				
T1	1	1	1	15,5	22,7	24,6	27,6	29,3	4	4	4	5	7	44,1	11,1	12	10,6
T1	1	1	1	16,2	38,2	39,8	42,8	46,9	4	6	4,5	6,5	7	40,6	7,6	15	7,1
T1	1	1	1	18,8	29,1	33	35	38,5	3	5	5	6	6,5	36	3	13	8,2
T1	1	1	1	14,7	23,4	26,5	29,5	31,6	3	4	4	5	6,5	45,9	12,9	15	12,4
T1	1	1	1	18,5	29,1	31,3	34,3	35,1	3	4	5,5	6,5	7	37,8	4,8	13	4,3
T1	1	1	2	17,4	35,2	37,5	38,5	43,5	4	4	4,5	6	6,5	36	3	14	8,9
T1	1	1	2	15,2	34,8	38,1	41	44	4,5	5	7	7,5	9,5	39,2	6,2	17	5,7
T1	1	1	2	14,7	24,2	25,5	28,5	29,3	4	6	4,5	5,5	6	39,1	6,1	11	5,6
T1	1	1	2	11,2	17,9	21	23	25,5	5	6	6,5	7,5	8	43,5	10,5	15	10
T1	1	1	2	15,3	23,7	26,8	27,7	30,5	4	6	4,5	6,5	7	38,3	5,3	14	4,8
T1	1	1	3	16,3	12,3	18,5	22,4	23,3	5	5,5	6	6	6,5	41,1	8,1	11	7,6
T1	1	1	3	18,1	34,1	36,8	39,7	41,9	3,5	5	5	6	6,5	39,2	6,2	16	5,7
T1	1	1	3	17,7	30,7	34	37	41	4	6	4	5	7	45	12	16	11,5
T1	1	1	3	10,7	26,4	27,6	29,6	31,7	4	5	5	6	6,5	40,1	7,1	11	6,6
T1	1	1	3	19,1	31,2	31,5	34,5	38,5	4	5	5	7,5	8,5	44,2	11,2	14	10,7
T1	1	1	4	15,1	19,5	21,8	22,8	27,4	4	4	4,5	6,5	7	35,5	2,5	17	6,3

Clave	Factor A	Factor B	Rep.	Altura de planta (cm)					Diámetro (mm)					Longitud radicular (cm)	Volumen radicular (cm <sup>3</sup> )	N° de hojas	Materia seca (g)
				60	90	120	150	180	60	90	120	150	180				
				días	días	días	días	días	días	días	días	días	días				
T1	1	1	4	18,5	27,1	28,3	31,3	33,7	4,5	5	5,5	7	7,5	45,5	12,5	18	11
T1	1	1	4	15,7	28,7	31,8	32,8	36,2	3,5	5	5,5	7,5	8,5	44,9	11,9	16	10,4
T1	1	1	4	10,7	28,4	30,4	31,4	34,9	4	5	6	8,5	9	43,5	7,5	12	9
T1	1	1	4	11,6	26,9	29,1	31	34,3	4	6	4,5	6	6,5	39,1	3,1	11	4,6
T2	2	1	1	12,4	22,2	23,4	26,4	28,4	5	5	6	6,5	7	46,5	10,5	20	12
T2	2	1	1	12,2	27	28,8	29,8	35,4	3	5	6	6,5	7	41,2	5,2	14	6,7
T2	2	1	1	16,8	26,5	30	33	36	4	4	5,5	7	7,5	43,1	7,1	15	8,6
T2	2	1	1	13,5	22,4	23,5	25,5	28,2	4,5	4	4,5	6,5	7	42,5	6,5	15	8
T2	2	1	1	12,1	29,9	31,1	32,1	38,7	3,5	4	5	6	6,5	48,4	12,4	16	13,9
T2	2	1	2	14,5	26	28,2	31,1	32,9	3	4	4	6	6,5	46,4	10,4	13	11,9
T2	2	1	2	16,3	34,7	36	37	42,2	3,5	4,5	5	6	6,5	46,6	10,6	15	12,1
T2	2	1	2	15,9	27,6	29,8	30,8	34,4	4,5	4	4,5	6,5	7	42,8	6,8	12	8,3
T2	2	1	2	17,7	31,5	35,1	36,9	40,4	3,5	4	4,5	6,5	7	48,5	12,5	10	14
T2	2	1	2	12,1	32,5	34,4	36,4	41,3	4	4	5,5	7	7,5	46	10	17	11,5
T2	2	1	3	20,1	20,9	23,4	26,4	29	4,5	5	5	6,5	7	47,3	11,3	15	12,8
T2	2	1	3	19	25,5	28,7	29,6	32,7	4	4,5	6	7,5	8	41,6	5,6	13	7,1
T2	2	1	3	17,5	25,4	32,4	35,4	38	4	4,5	5	7	7,5	47,7	11,7	14	13,2
T2	2	1	3	14,9	23,4	25,6	27,6	31,1	4	5	5,5	6	6,5	40,6	4,6	15	6,1

Clave	Factor A	Factor B	Rep.	Altura de planta (cm)					Diámetro (mm)					Longitud radicular (cm)	Volumen radicular (cm <sup>3</sup> )	N° de hojas	Materia seca (g)
				60	90	120	150	180	60	90	120	150	180				
				días	días	días	días	días	días	días	días	días	días				
T2	2	1	3	14,7	28	31,3	34,3	38,5	4	5	5	6	6,5	46,1	10,1	17	11,6
T2	2	1	4	16,5	34,3	35,6	36,6	40,2	3,5	5	5,5	6,5	7	41,4	5,4	15	6,9
T2	2	1	4	11,9	24	25,1	27	28,9	4,5	5	5,5	6	6,5	45,9	9,9	14	11,4
T2	2	1	4	18,9	28,5	31,2	34,2	35,5	5	5	6	7	7,5	39,4	3,4	15	4,9
T2	2	1	4	12,9	22,8	26,4	28,3	32,9	3	5	5	6	6,5	40,5	4,5	14	6
T2	2	1	4	15,1	24,8	26,9	29,9	33,4	3,5	4,5	5	7,5	8,5	40,6	4,6	19	6,1
T3	3	1	1	16,8	30,2	32,2	35,2	38,4	4,5	6	5,5	8	8,5	44,2	8,2	18	14,7
T3	3	1	1	15,1	33,2	35	37	40,9	3	6	4	6,5	7	36,8	2,8	18	14,3
T3	3	1	1	15,2	26,9	28,6	31,6	33,8	3	5	6	8,5	9	38,1	2,1	18	8,6
T3	3	1	1	11	34,4	36,1	38,1	40,9	3,5	4	5	7	7,5	47,2	11,2	18	17,7
T3	3	1	1	14	39,5	42,3	45,3	49,1	3	6	6,5	9	12	46,5	10,5	18	17
T3	3	1	2	10,7	22,8	24	27	29,1	3,5	4	4,5	7	7,5	42,6	6,6	16	13,1
T3	3	1	2	20,4	30,3	31,4	33,4	37,9	4	5	5,5	8,5	9	45,4	9,4	17	15,9
T3	3	1	2	12,9	31,9	34,2	36	41,7	4	4	5	7,5	9	38,5	2,5	19	9
T3	3	1	2	20,2	36	37	39	43,4	3	5	4	7	7,5	36,3	2,3	17	18,6
T3	3	1	2	10,7	35,1	38,5	41,5	42,5	3,5	4	4,5	6,5	7	37,2	3,2	18	7,7
T3	3	1	3	19	33,6	37	40	43,7	3,5	4	4,5	7	7,5	40,3	4,3	12	10,8
T3	3	1	3	11,9	32,6	36	38	42,7	3	5	4	6,5	7	45,4	9,4	12	15,9

Clave	Factor A	Factor B	Rep.	Altura de planta (cm)					Diámetro (mm)					Longitud radicular (cm)	Volumen radicular (cm <sup>3</sup> )	N° de hojas	Materia seca (g)
				60	90	120	150	180	60	90	120	150	180				
				días	días	días	días	días	días	días	días	días	días				
T3	3	1	3	16,9	36,2	37,2	39,2	42,2	4	4,5	5	7	7,5	40,3	4,3	15	10,8
T3	3	1	3	20,6	29,9	30,1	31,1	34,6	4	5	5	8	8	39,8	3,8	19	10,3
T3	3	1	3	12	36,4	36,4	39,4	41,3	3,5	5	5,5	8,5	9,5	43	7	20	13,5
T3	3	1	4	19,8	26	27,2	29,2	31,3	4,5	4	4	6	6,5	40,8	4,8	17	11,3
T3	3	1	4	14,2	32,7	35,4	38,4	42,6	3	4	6	6,5	7	47,5	11,5	16	18
T3	3	1	4	18,3	30,7	31,5	33,5	35,5	5	4,5	4,5	6	6,5	44,8	8,8	16	15,3
T3	3	1	4	11,3	30,8	30,9	31,7	37,1	4,5	5	5	6,5	7	45,7	9,7	21	16,2
T3	3	1	4	20,7	36,1	36,2	38,2	40,4	3	5	6	8,5	9	37,4	4,4	22	7,9
T4	1	2	1	12,4	33,6	35	38	40,6	3	5,5	5	6,5	7	44,7	10,7	15	8,7
T4	1	2	1	15,7	23,1	24,6	26,6	30,4	3	5	5,5	7	7,5	36,4	5,4	14	13,2
T4	1	2	1	16,1	30,6	33	36	38,6	3	5	5	7,5	8	43,4	9,4	17	7,4
T4	1	2	1	19,8	26,6	30	31	37,1	3,5	5	5	6,5	7	37,4	3,4	11	1,4
T4	1	2	1	16,2	34,6	37,1	39,1	41,5	4	4	5	6,5	7	31,9	3,1	16	14,6
T4	1	2	2	13,7	23,8	27,8	28,7	33,5	4,5	5,5	6	7	7,5	39,7	5,7	15	3,7
T4	1	2	2	16,1	29,1	31,7	32,7	35,6	4	5	5,5	6,5	7	35,8	3,8	15	8,4
T4	1	2	2	18	25,2	28,1	30	34	3,5	4	4	6	6,5	43,7	9,7	14	7,7
T4	1	2	2	12,2	27,8	31,2	34,1	35,3	4	5	5	7	7,5	33,1	4,9	11	7,9
T4	1	2	2	15,4	31,3	33,5	35,5	38	3,5	4,5	5	6	6,5	34,5	2,1	12	9,5

Clave	Factor A	Factor B	Rep.	Altura de planta (cm)					Diámetro (mm)					Longitud radicular (cm)	Volumen radicular (cm <sup>3</sup> )	N° de hojas	Materia seca (g)
				60	90	120	150	180	60	90	120	150	180				
				días	días	días	días	días	días	días	días	días	días				
T4	1	2	3	20,2	26,9	28,8	29,8	33,7	3,5	4,5	4,5	7	7,5	42,4	8,4	15	6,4
T4	1	2	3	11,9	34,9	38,6	39,6	44,4	3	5	5,5	6,5	7	41,2	7,2	15	5,2
T4	1	2	3	18,9	32,6	35,6	37,6	41,3	3	4	4	6	6,5	33,1	2,6	16	12,7
T4	1	2	3	15,3	27,4	28,6	30,6	34,1	3,5	4	5	6	6,5	42,4	8,4	12	6,4
T4	1	2	3	17,2	27,1	28,4	30,4	32,5	4	4,5	6	7	7,5	37,8	3,8	18	1,8
T4	1	2	4	13,3	22,1	25,6	26,5	30,2	4,5	6	4,5	7,5	8	36	5,6	11	10
T4	1	2	4	20,7	29,8	32	35	38,3	4,5	4,5	4,5	7	7,5	40	6	12	4
T4	1	2	4	16,7	33,2	35,6	38,6	42,6	4,5	5	6	7,5	9	39,1	5,1	13	3,1
T4	1	2	4	13,3	27,9	29	30	34,1	3,5	4,5	4,5	7	7,5	40,8	6,8	15	4,8
T4	1	2	4	15,2	28,7	30,5	32,5	37,1	4	5	6,5	6,5	7	34,2	4,3	16	14,7
T5	2	2	1	20	31,5	35	37	41,6	3	4	5	8	8,5	50,2	13,7	14	14,2
T5	2	2	1	20,6	22,6	25,5	28,5	29,8	4	4	4,5	7	7,5	38,3	3,8	15	2,3
T5	2	2	1	17,4	30,6	34,2	36,2	40,9	5	5,5	5,5	7,5	8	48,3	11,8	14	12,3
T5	2	2	1	13,2	34,4	38	40	44,7	4	5	5,5	7	7,5	46,5	10	17	10,5
T5	2	2	1	16,6	22,8	25,5	26,5	30,7	4,5	5	5,5	7,5	8	39,1	2,6	13	3,1
T5	2	2	2	15,7	27,8	31,5	34,5	35,1	3	5	6,5	7	7,5	39,5	3	15	3,5
T5	2	2	2	16,4	32,8	36	39	41,6	4	5,5	7	8	8,5	53,1	16,6	17	17,1
T5	2	2	2	18,6	21,9	23	24	27,7	4	4	4	7,5	8	46,4	9,9	10	10,4

Clave	Factor A	Factor B	Rep.	Altura de planta (cm)					Diámetro (mm)					Longitud radicular (cm)	Volumen radicular (cm <sup>3</sup> )	N° de hojas	Materia seca (g)
				60	90	120	150	180	60	90	120	150	180				
				días	días	días	días	días	días	días	días	días	días				
T5	2	2	2	15,4	27,5	29,3	32,3	34,7	4,5	4,5	5	7	7,5	51	4,5	14	15
T5	2	2	2	14,6	38,5	42	45	47,8	3,5	5	5	7	7,5	44,4	7,9	18	8,4
T5	2	2	3	14,9	15,1	18,5	21,8	25,2	4	4	4,5	7,5	8	50,3	10,9	10	14,3
T5	2	2	3	14,2	28,6	30	31	35,9	3	6,5	7,5	9,5	10,5	43,8	7,3	14	7,8
T5	2	2	3	19,4	35,9	37,5	39,5	42,9	4	6	7	8,5	9	39,7	3,2	15	3,7
T5	2	2	3	19,6	20,2	22	24	27,8	5	5,5	6	8	8,5	47,7	11,2	16	11,7
T5	2	2	3	12,1	36,6	38	40,9	42,5	4	5,5	5	8	8,5	52,8	10,3	17	16,8
T5	2	2	4	20,2	34,4	37,5	38,5	44,3	4	5	5,5	7,5	11	54,9	12,8	14	18,9
T5	2	2	4	19,2	24,8	28,6	31,6	35,1	5	5	6,5	9	11,5	54,3	8	17	18,3
T5	2	2	4	16,5	35,4	38	39	44,1	3	6	6	8,5	9,5	42,3	5,8	11	6,3
T5	2	2	4	17,6	24,2	27,5	30,5	32,6	4	5	5	7,5	8	52,4	9,8	17	16,4
T5	2	2	4	11,2	29,3	31	33	36,6	3,5	4	4,5	7,5	8	41	5	7	5
T6	3	2	1	19,8	26,7	29	30,9	34,8	4	5	5	6,5	7	34,5	4,8	18	14,1
T6	3	2	1	20,1	33,8	36,5	39,5	43,2	5	5	5,5	6,5	7	36	5,8	14	14,7
T6	3	2	1	11,2	38,9	41	42,8	46,4	5	5,5	6,5	8	8,5	35,6	4,9	17	13
T6	3	2	1	13,6	25,9	28	30	31,4	4	4	4,5	7,5	8	31,8	9	16	14,9
T6	3	2	1	16,5	34,6	36	37	41,1	4	5	5	6,5	7	41,4	7,4	16	7,9
T6	3	2	2	13,4	22	25,4	28,4	32,8	4	5	5	6,5	7	31,5	2,8	19	15

Clave	Factor A	Factor B	Rep.	Altura de planta (cm)					Diámetro (mm)					Longitud radicular (cm)	Volumen radicular (cm <sup>3</sup> )	N° de hojas	Materia seca (g)
				60	90	120	150	180	60	90	120	150	180				
				días	días	días	días	días	días	días	días	días	días				
T6	3	2	2	10,4	25,6	29,4	30,4	34,4	4	4	5	7,5	8,5	40	6	16	6,5
T6	3	2	2	11,9	26,5	31	32	37,1	3	4,5	4,5	7,5	10,5	34,8	8,5	12	14,2
T6	3	2	2	16,8	28,6	38,2	41,2	42,6	4	5	5	6	6,5	37,3	3,3	9	3,8
T6	3	2	2	18,6	23,5	25,2	28,2	32,4	4	4,5	4,5	6	6,5	28,4	5,6	14	18,1
T6	3	2	3	19,4	22,6	23	26	28,7	4,5	5	5	6,5	7	28,3	8,5	15	18,2
T6	3	2	3	19,5	32,4	33,5	34,5	39,2	3,5	4	4,5	7	7,5	39,7	5,1	20	6,2
T6	3	2	3	11,8	30,3	32,5	35,5	37,9	4	5	5,5	6	6,5	29,7	4,3	18	16,8
T6	3	2	3	19,9	32,3	35	37	40,1	3	4	5	7,5	8	34,2	7,2	9	15,2
T6	3	2	3	17,4	24,6	28	31	33,5	4,5	5	6	6	6,5	41,5	7,5	17	8
T6	3	2	4	20,2	26,7	28,5	30,5	34,3	4,5	5,5	6	8	8,5	35	6,2	19	11,8
T6	3	2	4	16,2	26,8	30,2	32,2	37,5	3	5	5	6	6,5	37,9	3,9	18	4,4
T6	3	2	4	13	31,6	33,5	36,5	41,1	3,5	4	4,5	6,5	7	33,1	6,9	20	16,1
T6	3	2	4	13,9	21,7	25,6	28,5	30,2	4	5	5,5	6,5	7	40,8	6,8	20	7,3
T6	3	2	4	17,8	28,4	32,6	34,6	39,1	4,5	4,5	5	6	6,5	29,4	6,3	18	17,1
T7	1	3	1	10,3	23,4	25	26	29,4	4,5	4	4,5	6	6,5	40,7	6,7	14	7,7
T7	1	3	1	17,9	17,1	20,5	21,5	24,2	4	4,5	5	6	6,5	44,5	10,5	13	11,5
T7	1	3	1	10,3	22,8	25	26	32,2	4,5	5	5	6	6,5	37,3	5,3	14	4,3
T7	1	3	1	15	28,7	32	33	39,1	5	5	6	7	7,5	35,3	6,3	16	8,8

Clave	Factor A	Factor B	Rep.	Altura de planta (cm)					Diámetro (mm)					Longitud radicular (cm)	Volumen radicular (cm <sup>3</sup> )	N° de hojas	Materia seca (g)
				60	90	120	150	180	60	90	120	150	180				
				días	días	días	días	días	días	días	días	días	días				
T7	1	3	1	20	17,8	20	21	26,1	4	4,5	4,5	6,5	7	42,9	8,9	13	9,9
T7	1	3	2	18,5	23	24,5	26,4	28,5	3,5	5	5	7,5	8	40	6	13	7
T7	1	3	2	17,6	22,8	26,5	27,5	34,2	3	4	5	6	6,5	35,1	8,1	14	9,9
T7	1	3	2	18	21,9	23,9	25,9	30,6	4	4,5	4,5	7	7,5	41,2	7,2	14	8,2
T7	1	3	2	19,4	29,8	32,2	34,2	37,7	4,5	4,5	5,5	6,5	7	35,6	8,5	16	6,9
T7	1	3	2	14,1	19,7	22	23,9	27,9	3,5	5	6	6,5	7	34,1	9,2	14	10,9
T7	1	3	3	20,5	17,9	21	22	25,9	4	4	4	6	6,5	38,9	4,9	11	5,9
T7	1	3	3	18,7	27,3	31	33	37,3	3	4	4,5	6	6,5	44,1	10,1	11	11,1
T7	1	3	3	11,2	27,6	29	30	32,8	4	5	5	6,5	7	40,8	6,8	17	7,8
T7	1	3	3	15,3	27,1	28,5	30,5	32,7	4,5	4	4	6,5	7	42,4	8,4	15	9,4
T7	1	3	3	11,8	17,6	20,3	21,3	24,9	4	4	4,5	7	7,5	36,4	2,4	13	13,2
T7	1	3	4	18,6	29,5	31	34	36,4	4	4,5	5	6	6,5	43,6	9,6	12	10,6
T7	1	3	4	13,1	23,5	24,6	27,5	31,3	4	4,5	4,5	6,5	7	41,7	7,7	11	8,7
T7	1	3	4	17,1	23,2	26,2	28,2	30,2	3,5	4	5	6	6,5	38,7	4,7	15	5,7
T7	1	3	4	13,9	17,9	21,3	24,3	27,5	4,5	5	5,5	7	8	35,3	6,3	19	7,3
T7	1	3	4	10,1	21,7	22,9	23,7	28,3	3,5	4	4	6	8	36	2,9	14	10,6
T8	2	3	1	14	22,2	26	28	30,2	3,5	4	4,5	6	6,5	36,5	3,5	13	10,8
T8	2	3	1	11,9	28,1	32	34	37,8	4,5	5	5,5	7	7,5	27,6	7,4	13	11,2

Clave	Factor A	Factor B	Rep.	Altura de planta (cm)					Diámetro (mm)					Longitud radicular (cm)	Volumen radicular (cm <sup>3</sup> )	N° de hojas	Materia seca (g)
				60	90	120	150	180	60	90	120	150	180				
				días	días	días	días	días	días	días	días	días	días				
T8	2	3	1	13,7	18,8	22,2	24,2	26,7	4	4	4,5	6,5	7	33,5	4,7	15	12,2
T8	2	3	1	19,7	25,1	27	29	34,8	4	5	6	6,5	7	25,4	7,8	15	13,2
T8	2	3	1	14,9	33,4	34,6	35,6	41,2	4	5	5	6	6,5	31	4,6	15	10,5
T8	2	3	2	17,3	17,9	21	23	24,8	3,5	4	4,5	7	7,5	35,6	6,8	16	8,7
T8	2	3	2	13,7	27,3	29,6	31,6	36,4	3	5	6,5	8	8,5	28,3	6,5	16	9,1
T8	2	3	2	19	32,1	33,8	34,8	41,1	4,5	5	5	6	6,5	25,1	6,3	13	10,1
T8	2	3	2	20,4	23,6	25	27	30,9	4	4	5	7	7,5	35,7	6,7	13	9,2
T8	2	3	2	11,4	20	22,4	23,4	28,9	4	4	5	7,5	8	26,7	8,1	14	10,3
T8	2	3	3	16,3	22,2	25	27	32,2	3,5	5	5	7	7,5	38	5,8	16	5
T8	2	3	3	12,4	36,5	38,1	40,1	45,1	4	5	4,5	7	7,5	31,9	4,3	16	5,8
T8	2	3	3	11,1	24,8	28,6	30,6	33,3	3	5	5	7,5	8,5	36,7	4,7	15	6,7
T8	2	3	3	12,2	24	27,6	30,6	32,6	4,5	5	6	6	6,5	34,1	5,5	13	8,9
T8	2	3	3	13,2	28,9	29,9	30,9	35,4	3,5	4	4,5	6	6,5	35,5	3,9	14	7,5
T8	2	3	4	14,3	18,8	22,5	24,5	27,4	3,5	4	5	6	6,5	29,8	4,2	15	8,8
T8	2	3	4	18,4	30,5	32,3	34,3	39,8	4,5	5	5,5	7,5	8	35,3	4,8	16	6,9
T8	2	3	4	18	26,6	28,6	29,6	35	4	5	5,5	7	7,5	36,8	2,8	17	8,8
T8	2	3	4	20,1	29,4	32,5	35,5	37,3	4	6	6	7,5	9,5	27,2	5,8	13	9,8
T8	2	3	4	15,1	22,3	26	29	30,2	4	5	5	7	7,5	25,8	7,1	11	11,2

Clave	Factor A	Factor B	Rep.	Altura de planta (cm)					Diámetro (mm)					Longitud radicular (cm)	Volumen radicular (cm <sup>3</sup> )	N° de hojas	Materia seca (g)
				60	90	120	150	180	60	90	120	150	180				
				días	días	días	días	días	días	días	días	días	días				
T9	3	3	1	14,8	33,4	35,6	38,6	40,4	3	5	5	7,5	8	37,8	7,3	18	4,8
T9	3	3	1	19,2	37,8	39,5	40,5	43,9	4	4	4,5	7	7,5	41,8	11,3	17	8,8
T9	3	3	1	15,4	25	26,6	28,6	32,5	4	4	5	6	6,5	32,7	6,9	16	16,3
T9	3	3	1	15,3	34,1	38	41	42,2	4	5	5	6,5	7	34,3	3,8	15	15,1
T9	3	3	1	13,2	27,4	30	32	35,8	3,5	5,5	6	8	8,5	40,8	10,3	14	7,8
T9	3	3	2	15,6	23,5	25	28	28,4	3,5	5	4,5	6	6,5	33,3	8,2	17	14,8
T9	3	3	2	15,4	30,1	32	34	37,5	4	5,5	5	6	6,5	39,7	9,2	15	6,7
T9	3	3	2	11	29,1	32,5	35,5	38,8	3,5	5	6	6	6,5	37,6	7,1	20	4,6
T9	3	3	2	17,8	28,5	30	31	37,2	5	6	7	8	8,5	34,7	4,2	21	18,5
T9	3	3	2	16,9	24,1	25,4	28,4	30	4	5	6	6,5	7	40,5	10	16	7,5
T9	3	3	3	15,4	36,4	39,8	42,7	46,6	3,5	5,5	6	8	8	39,3	8,8	17	6,3
T9	3	3	3	20,9	25,8	28	31	31,5	4	4	4,5	7	7,5	31,3	6,4	15	20,9
T9	3	3	3	15,2	29,2	31,5	33,5	36	4	5	5,5	6	6,5	37,6	7,1	16	4,6
T9	3	3	3	18,3	33,4	34,6	35,6	40,3	5	5,5	5,5	7,5	8	39	8,5	13	6
T9	3	3	3	12,7	23,4	27,3	30,3	32,6	5	5	6	7	7,5	41,6	11,1	14	8,6
T9	3	3	4	16,5	22,4	24,8	27,8	29,1	4	6	4,5	6	6,5	38,6	8,1	19	5,6
T9	3	3	4	10,5	18,9	22,3	24,3	26,5	4	6	4	7	7,5	33,4	7,1	17	21
T9	3	3	4	17,3	28,8	30,9	31,9	36,2	4	5	4	7	7,5	37	6,5	12	4

Clave	Factor A	Factor B	Rep.	Altura de planta (cm)					Diámetro (mm)					Longitud radicular (cm)	Volumen radicular (cm <sup>3</sup> )	N° de hojas	Materia seca (g)
				60	90	120	150	180	60	90	120	150	180				
				días	días	días	días	días	días	días	días	días	días				
T9	3	3	4	18,3	30,8	33,5	35,5	37,3	5	5	6	6,5	7	34	3,5	15	15,5
T9	3	3	4	21	27,5	30,8	33,8	34	5	6	6,5	8	8,5	31,7	6,3	19	16,3
T10	4	4	1	12,5	13,6	11	14	17,7	3,5	3,5	3,5	6,5	7	15,2	2,9	10	4,3
T10	4	4	1	11,5	17,8	20,8	23,8	25,9	3,5	4	4,5	7	8	22	2,1	13	5,2
T10	4	4	1	15,6	21	29,6	32,6	33,6	4	4,5	4,5	5,5	6	21,6	1,7	7	3,1
T10	4	4	1	17	21,5	14,4	15,4	19,2	4	3,5	3,5	5,5	6	23,1	3,2	12	2,1
T10	4	4	1	12,7	11,7	13,7	15,6	17,5	3	3,5	3,5	5,5	6	25,8	5,9	13	5,4
T10	4	4	2	14,1	18,7	20,5	21,5	25,2	3	3,5	4,5	7	8	23,3	3,4	10	6,3
T10	4	4	2	14	18,2	19,8	20,8	24,3	3,5	4,5	4,5	6	6,5	26,5	6,6	12	1,9
T10	4	4	2	17,5	18,3	16,1	18,1	21,7	4	4,5	4,5	6	6,5	22,8	2,9	3	3,1
T10	4	4	2	15	23,8	27,2	30,2	33,6	3,5	4	4	6	6,5	20,4	1,8	13	2,4
T10	4	4	2	14,4	16,5	18,5	19,5	24	4,5	4,5	5,5	5,5	6	26,2	6,3	12	2,9
T10	4	4	3	12,2	19,4	22,5	25,5	26,7	4	4,5	4,5	7	8,5	23,6	3,7	6	3,1
T10	4	4	3	12,7	20,9	26,1	27,1	32,6	4,5	4,5	4,5	5,5	6	19,3	1,7	16	5,7
T10	4	4	3	12,4	17,7	20,1	23,1	27,1	3	4,5	5,5	7	9	23,1	3,2	5	2,2
T10	4	4	3	17,5	11,3	15,1	16,1	21,8	5	3,5	4	5,5	6	24,8	4,9	9	4,6
T10	4	4	3	20,8	20,5	24	25	29,9	4	4,5	5	7	7,5	27,4	7,5	12	6,4
T10	4	4	4	17,9	18,9	20,8	23,8	27,8	4	4,5	5,5	6	6,5	21,9	2	7	5,4

Clave	Factor A	Factor B	Rep.	Altura de planta (cm)					Diámetro (mm)					Longitud radicular (cm)	Volumen radicular (cm <sup>3</sup> )	N° de hojas	Materia seca (g)
				60	90	120	150	180	60	90	120	150	180				
				días	días	días	días	días	días	días	días	días	días				
T10	4	4	4	19	17,3	19,6	21,6	26,9	3	4,5	5	6,5	7	15	3,1	14	5,4
T10	4	4	4	14,1	19,9	23	24	30,6	3	4,5	5	6	6,5	24	4,1	7	3,2
T10	4	4	4	14,7	17	21	24	27,5	3	3,5	4,5	5,5	6	18,5	2,6	4	1,8
T10	4	4	4	20,3	12,1	15,5	18,5	22,7	3	3,5	3,5	6,5	7	18	2,5	16	3,1
T11	5	4	1	15,2	17,2	25,8	28,8	30,7	3	4,5	4,5	5,5	6	23,6	1,5	15	3,7
T11	5	4	1	15,5	22	29,6	32,6	34,3	3,5	4	5	7	7,5	32,4	8	12	2,8
T11	5	4	1	20,6	22,2	25,6	27,4	32,9	3	4	4,5	5,5	6	27,1	2,7	13	3,6
T11	5	4	1	12,8	11,8	18,5	20,5	24,5	4	3,5	4,5	7	8	30,1	5,7	12	5,8
T11	5	4	1	15,5	20,4	23,1	24,1	29,3	3	3,5	4,5	6	6,5	22,4	2,2	11	7,8
T11	5	4	2	10,5	12,7	16,5	18,5	21,1	3	4	4	6,5	7	26,7	2,3	8	9,1
T11	5	4	2	20,6	14	17,8	20,8	24,7	3	3,5	4	7	8,5	20,4	1,6	13	10,2
T11	5	4	2	18	18,7	20,7	23,7	27,8	3,5	3,5	4,5	5,5	6	28,9	4,5	9	1,6
T11	5	4	2	10,4	14,2	19,9	22,9	23,1	4	4,5	5	6,5	7	20,9	2,7	13	3,1
T11	5	4	2	15,3	17,7	20,9	23,9	27,6	4	5,5	4	6,5	7	26,6	2,2	4	4,5
T11	5	4	3	16,5	17	19,5	22,5	23,8	4	4,5	5	6,5	7	31,7	7,3	13	2,3
T11	5	4	3	13	14,7	15,6	18,6	22,2	4	4,5	4,5	7	8	34,5	10,1	8	4,3
T11	5	4	3	15,4	17,6	20,6	23,6	27,8	3,5	4,5	4,5	5,5	6	33,4	9	12	1,9
T11	5	4	3	17,4	20,9	24,5	25,5	31,6	3	4,5	5	6,5	7	28,4	4	15	2,6

Clave	Factor A	Factor B	Rep.	Altura de planta (cm)					Diámetro (mm)					Longitud radicular (cm)	Volumen radicular (cm <sup>3</sup> )	N° de hojas	Materia seca (g)
				60 días	90 días	120 días	150 días	180 días	60 días	90 días	120 días	150 días	180 días				
T11	5	4	3	10,4	11,7	17,7	18,7	25	4	4,5	4,5	5,5	6	24	1,8	7	2,5
T11	5	4	4	13,9	16,2	17,3	20,3	21,6	4,5	3,5	5,5	7	7,5	21,7	2,2	12	6,7
T11	5	4	4	11,8	11,1	22,7	25,7	28,5	3,5	5,5	4	6,5	7	29,6	5,2	5	7,8
T11	5	4	4	18,5	17,3	19,8	21,7	25,6	3	3,5	4,5	6,5	7	21,1	1,6	9	13,9
T11	5	4	4	12,6	16,5	26,7	28,7	33,6	4	3,5	4,5	5,5	6	26,6	2,2	13	8,4
T11	5	4	4	13,8	19	22,5	23,5	26,3	5	4,5	5	6,5	7	28,5	4,1	7	5,1

**Leyenda:**

Factor A	Dosis de Kallpapacha	Factor B	Técnica de aplicación
1	2 L/200 L de solución	1	Foliar
2	2,5L/200 L de solución	2	Drench
3	3L/200 L de solución	3	Ferdin
5	Sin fertilización	4	Sin técnica



**Figura 21.** Preparación del sustrato a base de suelo ácido



**Figura 22.** Disposición de las bolsas en el área experimental



**Figura 23.** Desinfección de los sustratos



**Figura 24.** Plantones en estudio a los 90 días de evaluación



**Figura 25.** Preparación del biol líquido Kallpapacha para las aplicaciones



**Figura 26.** Dilución del producto para la aplicación Drench



**Figura 27.** Dilución del producto para la aplicación Ferdin



**Figura 28.** Aplicación vía foliar



**Figura 29.** Aplicación vía Drench



**Figura 30.** Medición de la altura de los plantones



**Figura 31.** Disposición de equipos para la medición de variables



**Figura 32.** Disposición de plantas para la evaluación radicular



**Figura 33.** Medición de la longitud radicular