

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**APLICACIÓN DE BIOFERTILIZANTE LÍQUIDO VÍA FOLIAR Y
EDÁFICA PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANTONES DE CACAO**
(Theobroma cacao L.)

Tesis

para optar el título de

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR

JUAN JOSÉ BRUGMAN DÁVILA

Tingo María - Perú

2021



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE AGRONOMÍA



"Año de la Universalización de la Salud"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 005-2020-FA-UNAS

BACHILLER : BRUGMAN DÁVILA, JUAN JOSÉ

TÍTULO : "APLICACIÓN DE BIOFERTILIZANTE LIQUIDO VÍA FOLIAR
Y EDÁFICA PARA LA PRODUCCION DE PLANTONES DE
CACAO (*Theobroma cacao* L.)"

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : Dr. HUGO A. HUAMANI YUPANQUI

VOCAL : M.Sc. JORGE L. ADRIAZOLA DEL AGUILA

VOCAL : Ing. LUIS G. MANSILLA MINAYA

ASESOR : Ing. JAIME J. CHAVEZ MATIAS

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 20 de enero del 2020

HORA DE SUSTENTACIÓN : 8:00 a.m.


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


CALIFICATIVO : BUENO

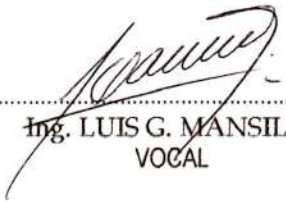
RESULTADO : APROBADO


OBSERVACIONES A LA TESIS: EN HOJA ADJUNTA

TINGO MARÍA, 16 de enero del 2020.


.....
Dr. HUGO A. HUAMANI YUPANQUI
PRESIDENTE


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


.....
Ing. LUIS G. MANSILLA MINAYA
VOCAL


.....
Ing. JAIME J. CHAVEZ MATIAS
ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**APLICACIÓN DE BIOFERTILIZANTE LÍQUIDO VÍA FOLIAR Y
EDÁFICA PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANTONES DE CACAO**

(Theobroma cacao L.)

Autor	: BRUGMAN DÁVILA, Juan José
Asesor	: Ing. Jaime Chávez, Matías
Programa de investigación	: Agricultura moderna y tradicional
Línea de investigación	: Agroecología
Eje temático	: Manejo de cultivos agroecológicos y biofertilizantes.
Lugar de ejecución	: Tingo María
Duración	: 06 meses
Financiamiento	: Propio

Tingo María – Perú, 2021

DEDICATORIA

A Dios, por iluminar mi camino, por brindarme salud y sabiduría para lograr mis metas y objetivos en mi desarrollo profesional.

A mis queridos padres Teodoro Brugman y María Isabel Dávila, por su apoyo, su gran amor, su confianza, sus consejos, sus valores y la motivación constante para ser una persona de bien.

A mis abuelos Lila María Izquierdo Pérez y Gilberto Hilario López por su amor incondicional y enseñanzas de amor a Dios.

A mis queridas hermanas Ana Cecilia y Lila Isabel Brugman Dávila, por su apoyo, su gran amor, su confianza y la motivación constante en cada momento de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, “alma mater” Institución de prestigio a nivel Nacional e Internacional que en cuyas aulas realicé mi formación profesional.
- A los docentes de la Facultad de Agronomía, quienes contribuyeron en mi formación profesional e impulsaron en la investigación.
- A los miembros del jurado de tesis Dr. Hugo A. Huamani Yupanqui, M. Sc. Jorge L. Adriazola del Águila e Ing. Luis Mansilla Minaya, por las facilidades otorgadas al presente trabajo de investigación.
- Al Ing. Jaime Chávez, Matías por su asesoramiento en la presente investigación.
- A la Psic. Elisabeth Palacios Araujo, por su apoyo emocional en la sencillez y complejidad de la vida que transcurre como el respirar de mi ser.
- Al Ing. Alan Hidalgo Saavedra “payasito”, por impartir su alegría y trabajo en equipo, dentro y fuera de las aulas académicas, simplemente mi gratitud.
- A la Ing. Mónica Robles Rodríguez por su apoyo incondicional durante y después del trabajo de investigación, Dios la bendiga.
- Al Ing. Jhon Erick Montañez Ponce e Ing. Erick Cristhian. Romero Carrion, por su apoyo en la culminación del presente trabajo de investigación para su publicación.

El autor

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Hipótesis	1
1.2.	Objetivo general.....	1
1.3.	Objetivos específicos	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1.	Generalidades del cacao.....	3
2.1.1.	Condiciones climáticas para el desarrollo del cacao	3
2.1.2.	Condiciones edafológicas para el desarrollo del cacao	4
2.1.3.	Propagación del cacao	4
2.2.	Producción de cacao en condiciones de vivero.....	6
2.3.	Fertilizantes utilizados como fuente de nutrientes.....	7
2.3.1.	Fertilizantes inorgánicos.....	7
2.3.2.	Abonos orgánicos	7
2.4.	Biofertilizantes.....	8
2.4.1.	Fermentación anaeróbica de la materia orgánica en medio líquido	8
2.4.2.	Fermentación aeróbica de la materia orgánica en medio líquido	8
2.5.	Biofertilizante líquido	9
2.5.1.	Elaboración de biofertilizante líquido	9
2.5.2.	Dosis y utilización	13
2.6.	Yara Check IT.....	13
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
3.1.	Lugar de ejecución.....	14
3.1.1.	Ubicación.....	14
3.1.2.	Clima y zona de vida	14
3.2.	Materiales y métodos	15
3.2.1.	Materiales y equipos.....	15
3.2.2.	Metodología.....	15
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
4.1.	Evaluación de la altura de las plantas de cacao	24
4.2.	Evaluación del diámetro de las plantas de cacao	28
4.3.	Peso seco y fresco	32

4.4.	Longitud de raíz, volumen radicular y área foliar.....	38
4.5.	Calidad de planta.....	43
4.6.	Análisis económico.....	46
V.	CONCLUSIONES	48
VI.	RECOMENDACIONES	49
VII.	REFERENCIAS	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Evolución de la composición química de un biofertilizante en ppm a través del tiempo. ..	9
2. Dosis de biofertilizantes.	12
3. Disposición de los tratamientos de acuerdo a los factores en estudio.	15
4. Esquema del análisis de varianza del estudio.	17
5. Disposición experimental de los tratamientos.	17
6. Parámetros de calidad de plantones de cacao.	22
7. Análisis de variancia para el promedio de altura (cm) en plantas de cacao.	24
8. Prueba de Duncan ($\alpha=0,05$) para los promedios de altura de las plantas de cacao.	25
9. Análisis de variancia del promedio de diámetro (mm) en plantas de cacao.	28
10. Prueba de Duncan ($\alpha=0,05$) para el diámetro de tallo de las plantas de cacao.	28
11. Análisis de variancia no paramétrico del peso fresco (g) de la parte aérea y parte radicular de la planta de cacao.	32
12. Prueba de comparación de Mann-Whitney ($\alpha=0,05$) para el peso fresco de la parte aérea y radicular de las plantas de cacao.	33
13. Análisis de variancia no paramétrico del peso seco (g) de la parte aérea y radicular de las plantas de cacao.	35
14. Prueba de comparación de Mann-Whitney ($\alpha=0,05$) para el promedio del peso seco de la parte aérea y radicular de las plantas de cacao.	36
15. Análisis de variancia no paramétrico del área foliar, longitud de raíz y volumen radicular de las plantas de cacao.	39
16. Prueba de comparación de Mann-Whitney ($\alpha=0,05$) para el volumen radicular y área foliar de las plantas de cacao.	39
17. Indicadores de morfológicos y fisiológicos que determinan la calidad de planta.	45
18. Análisis económico de los tratamientos.	47
19. Datos originales de altura de planta (cm) cada 15 días.	56
20. Datos originales de diámetro de planta (mm) cada 15 días.	56
21. Datos originales de altura de planta (cm) a los 135 días.	56
22. Datos originales de diámetro (mm) de planta a los 135 días.	57
23. Datos originales de peso fresco aéreo (g) de planta a los 135 días.	57
24. Datos originales de peso fresco radicular (g) de planta a los 135 días.	57

25. Datos originales de peso seco aéreo (g) a los 135 días.....	58
26. Datos originales de peso seco radicular (g) a los 135 días.	58
27. Datos originales del volumen radicular (cm ³) a los 135 días	59
28. Datos originales de longitud de raíz (cm) a los 135 días.....	59
29. Datos originales del área foliar (cm ²) a los 135 días.	59
30. Costo de producción del biofertilizante.....	67
31. Costo de producción de los plantones de cacao.	69
32. Cantidad de elemento incorporado según dosis de biofertilizante y fosfato diamónico utilizado.	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Imagen satelital del área experimental	14
2. Efecto de la fertilización foliar y edáfica en la altura de la planta	26
3. Comportamiento del crecimiento de la altura de planta de cacao en vivero.	27
4. Efecto de la fertilización foliar y edáfica en el diámetro de la planta	30
5. Comportamiento del crecimiento del diámetro de planta de cacao en vivero.	31
6. Efecto de la fertilización foliar y edáfica en el peso fresco de la planta.	34
7. Peso fresco de la parte aérea de las plantas de cacao de los diferentes tratamientos.	35
8. Efecto de la fertilización foliar y edáfica en el peso seco de la planta.	37
9. Peso seco de la parte aérea de las plantas de cacao de los diferentes tratamientos.	38
10. Efecto de la fertilización foliar y edáfica en área foliar y volumen radicular de la planta.	41
11. Efecto de la aplicación de los diferentes fertilizantes en el volumen radicular y el área foliar.	42
12. Correlación Pearson para los distintos parámetros biométricos.	43
13. Identificación de deficiencias de nutrientes con CheckIT en los tratamientos T8 (Boro, Potasio y zinc) y T3 (leve deficiencia de Nitrógeno).	44
14. Vista del campo experimental.	61
15. Elaboración de los biofertilizantes a base de Microorganismos E.	61
16. Efecto de la biofertilización edáfica en el crecimiento y desarrollo de los plántones de cacao.	62
17. Efecto de la fertilización convencional en el crecimiento y desarrollo de los plántones de cacao.	62
18. Efecto de la biofertilización foliar en el crecimiento y desarrollo de los plántones de cacao.	63
19. Efecto de la biofertilización foliar frente a la fertilización convencional en el crecimiento y desarrollo de los plántones de cacao.	63
20. Deficiencias nutricionales: T1 (Potasio), T2 (Potasio), T3 (Nitrógeno), T4 (Nitrógeno), T5 (Nitrógeno), T6 (Nitrógeno), T7 (Potasio, Zinc y Nitrógeno) y T8 (Boro, Potasio y zinc).	64
21. Análisis físico químico del biofertilizante utilizado.	65
22. Análisis físico químico final de los tratamientos.	66

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en el vivero Productivo de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, Provincia de Leoncio Prado, tuvo como objetivo determinar el efecto de distintas dosis de abono orgánico en la producción de plántones de cacao (*Theobroma cacao* L.) forastero, los tratamientos fueron dos métodos de aplicación (foliar y al suelo) con dosis de 250 ml, 500 ml y 750 ml de biofertilizantes en 20 L de agua que se comparó a la fertilización con Fosfato Diamónico aplicaciones de 2 g /planta. El diseño que se aplicó en este experimento fue el diseño completamente al azar (DCA). Los parámetros que se evaluaron fueron: altura de planta, diámetro de tallo, peso (seco y fresco), volumen radicular y área foliar. Se encontró que el crecimiento de los plántones de cacao fue mayor con una y dos aplicaciones dirigidas de Fosfato Diamónico a una dosis de 2g / planta, seguido de la aplicación edáfica de biofertilizante a una dosis de 500 ml. Las plantas con aplicación de biofertilizante a una dosis de 500 ml mostraron poca deficiencia nutricional, mientras que las aplicadas con Fosfato Diamónico a una dosis de 2g / planta, mostraron deficiencias de Potasio, Zinc, Cobre y Boro. Asimismo, las aplicaciones edáficas (al suelo) de biofertilizantes propiciaron mayor desarrollo vegetativo y menor deficiencias nutricionales, en comparación con la aplicación foliar. En el análisis económico la biofertilización edáfica (500 ml) alcanzó la mayor rentabilidad (B/C) con un valor de S/. 1.76 Seguido de la aplicación de Fosfato Diamónico con una y dos aplicaciones (2g / planta) con valores de S/. 1.09 y 1.60 respectivamente.

ABSTRACT

This research was carried out in the Productive Nursery of the Faculty of Agronomy of the National Agrarian University of the Jungle, located in the city of Tingo María, province of Leoncio Prado, aimed to determine the effect of different doses of organic fertilizer In the production of foreign cocoa seedlings (*Theobroma cacao* L.), the treatments were two methods of application (foliar and soil) with doses of 250 ml, 500 ml and 750 ml of biofertilizers in 20 L of water that was compared to fertilization with Diammonium Phosphate with one and two applications of 2 g / plant. The design that was applied to this experiment was the completely random design (DCA). The parameters that were evaluated were: plant height, stem diameter, weight (dry and fresh), root volume and leaf area. It was found that the growth of cocoa seedlings was higher with one and two targeted applications of Diammonium Phosphate at a dose of 2g / plant, followed by the edaphic application of biofertilizer at a dose of 500 ml. Plants with biofertilizer application at a dose of 500 ml showed little nutritional deficiency, while those applied with Diammonium Phosphate at a dose of 2g / plant, showed deficiencies of Potassium, Zinc, Copper and Boron. Likewise, the edaphic (soil) applications of biofertilizers led to greater vegetative development and lower nutritional deficiencies, compared to foliar application. In the economic analysis the edaphic biofertilization (500 ml) reached the highest profitability (B / C) with a value of 1.76 S /. Followed by the application of Diammonium Phosphate with one and two applications (2g / plant) with values of 1.09 and 1.60 S /. respectively.

I. INTRODUCCIÓN

Convencionalmente la producción agrícola es considerada una forma de producción con carácter artificial, basándose en el uso de algunos insumos que son llamados externos, como (herbicidas, pesticidas, abonos químicos y energía fósil siendo sintéticos y afectando de manera perjudicial al medio ambiente y la salud humana por causa de la contaminación de los suelos, fuentes de agua y espacio aéreo por el uso de estos insumos sintéticos (HORRIGAN et al., 2002). Por el contrario, la actividad agrícola orgánica es un método productivo que, a través del manejo razonado de los recursos naturales, no usa productos químicos, ofrece alimentos saludables y cuantiosos, conserva o aumenta la fertilidad del suelo y la diversidad biológica. Los microorganismos hacen una importantísima labor en el desarrollo y conservación fértil de los suelos con formas de cultivo sostenibles (JOHANSSON et al., 2004).

Actualmente, existen abonos orgánicos elaborados a base de microorganismos vivos llamados biofertilizantes, estos se producen a partir de la descomposición de la materia a través de la fermentación anaeróbica de solución líquida con presencia de hormonas, nitrógeno amoniacal, vitaminas y aminoácidos, cuya finalidad es promover una fertilización integral del cultivo y la productividad en las plantas cultivadas.

En ese sentido, la tendencia es practicar la agricultura orgánica que es una alternativa al convencional. Por lo que en la presente investigación se plantea conocer la dosis y el modo de aplicación óptima de biofertilizantes líquidos en la producción de plántones de cacao en condiciones de vivero; para esto, la hipótesis y los objetivos propuestos para la presente investigación fueron las siguientes:

1.1. Hipótesis

La dosis y el modo de aplicación de biofertilizantes líquidos permite un mejor desarrollo de plántones de cacao en condiciones de vivero

1.2. Objetivo general

- Determinar el efecto de distintas dosis de abono orgánico en la producción de plántones de cacao.

1.3. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de las dosis de biofertilizante en la obtención de plántones de cacao.

- Determinar el mejor método de aplicación en la obtención de plantones de cacao.
- Determinar y evaluar el análisis económico de los tratamientos en estudio.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del cacao

2.1.1. Condiciones climáticas para el desarrollo del cacao

Ártica (2008) sostiene que el desarrollo de la planta de cacao y su rendimiento se relaciona mucho con la condición ambiental de la zona en la que se cultivara. Es así que los factores climáticos son muy influyentes en la producción de las plantas, por lo que las calidades térmicas, de luminosidad y humedad deberían ser las más adecuadas para la agricultura. La temporada de brotación, floración y cosecha están regularizadas por factor clima. siendo estos factores muy importantes para efectuar los calendarios agroclimáticos que ayudan a la eficiencia del desarrollo del cultivo.

Según Paredes (2003) el excelente desarrollo del cacao se da en las zonas de clima tropical, se realiza actividades agrícolas desde el nivel del mar hasta los 800 metros de altitud. Pero, condiciones que se encuentren cerca al ecuador las plantaciones de cacao se desarrollan por lo general a mayor altitud que van desde los 1,000 a 1,400 msnm. También sostiene que la altitud no es apreciada como un aspecto decisivo como sí lo son los factores edafológicos y climáticos en un cultivo de cacaotero; Al Observar aspectos normales de humedad, temperatura precipitación, viento, energía solar y fertilidad, la altitud es un factor secundario.

En este sentido Almeida y Valle (2007) refieren que la temperatura y precipitación son factores muy relevantes en la importancia para un mejor desarrollo de la plantación de cacao. Las plantas son muy sensibles y reaccionan a la disminución y saturación de agua en el suelo. De acuerdo al MINAG (2007), el cacao se desarrolla mejor en ambientes de climas húmedos y cálidos y que no se presente una estación muy larga de sequía tropical. Temperaturas cercanas a los 25°C son óptimas para su desarrollo, teniendo en cuenta un rango promedio de temperatura mín. de 23 °C y máx. 32 °C. Para Paredes (2003) el cacao es una plantación que requiere una correcta provisión de agua para realizar sus procesos metabólicos, teniéndose una precipitación adecuada de 1,600 a 2,500 mm divididos durante todo el año.

Otro de los factores que es muy importante para el crecimiento del cacao principalmente en la fotosíntesis es la luz, la cual sucede a baja intensidad, aunque la planta esté muy expuesta al sol. Es recomendable el cultivo de otras plantas para hacer sombra, en el periodo de trasplante a campo definitivo, esto se da porque las instalaciones jóvenes de cacao son perjudicadas por los rayos solares (MINAG, 2007). Batista (2009), sostiene que la intensidad

de luz y días largos afecta directamente en el proceso de: apertura de las estomas, fotosíntesis, composición química, crecimiento o alargamiento de las células, y en las características de la grasa, en la época y en la madures de mazorcas e intensidad de floración.

2.1.2. Condiciones edafológicas para el desarrollo del cacao

La siembra del cacao se desarrolla en diversas zonas del Perú. Siendo por lo general en suelos livianos, profundos y muy nutridos. El suelo debe tener un perfil con profundidad de 1.00 - 1.50 m, para que su raíz pivotante se desarrolle correctamente como todo el sistema radicular (INFOREGIÓN, 2011). Los cultivos de cacao no soportan la inundación ni la desecación. Por ello los suelos no deberían presentar capas impenetrables, pero si deben presentar una gran capacidad de acumulación de agua. Los problemas de inundación son tolerados por las plantaciones de cacao, pero hasta un cierto límite. Por ello son recomendables los suelos arcillo-arenosos permeables, 30—40% arcilla, con 50% arena, 1—2 % limo y una proporción relativa de material orgánico ($> 3.5\%$) (Hall *et al.*, 2010)

Para el cultivo de cacao orgánico se tiene que hacer el mantenimiento y aumento de la material orgánico en el suelo, la materia orgánica ayuda a optimizar la estructura del suelo, con ello impide la separación de los gránulos en el suelo como consecuencia de las lluvias, mejora la circulación del agua y el aire del suelo, así como remedia la escasez de fertilidad de los suelos, conservando la vida microbiana que e encarga de la descomposición de la materia orgánica (Quiroz y Agama, 2006). El producto de esta descomposición es el humus, el que forma una provisión de magnesio, calcio y potasio (MINAG, 2007).

El nivel de pH en el suelo es determinante en la rapidez de la desintegración del material orgánico, también en la disposición libre de los elementos nutritivos (Ártica, 2008); las plantas cacaoteras son tolerantes un pH del suelo que oscila de 5.0—7.5 y (óptimo 5.5—6.5), esto quiere decir que resisten suelos levemente ácidos a levemente alcalinos. Los suelos muy nutridos suelen soportar valores de pH más bajos.

2.1.3. Propagación del cacao

La plantación de cacao se podría multiplicar de dos maneras: sexual, lo que comprende sembrar una semilla y la asexual que es por estacas, acodos e injertos.

2.1.3.1. Propagación sexual

Benito (1992) manifiesta que es el método más común de propagación en nuestro país. Es en la que se obtiene como resultado individuo íntegros que procederían del desarrollo embrionario, originado por un proceso de fecundación. encontrándose los embriones al interior de la semilla (Pina, 2008). En este método se usa semillas botánicas o granos (almendras) para multiplicar plantas vigorosas de cacao (MINAG, 2012). Ávila *et al.* (2013), sostiene que este tipo de reproducción utiliza las semillas seleccionadas de los árboles con mayor vigor, estos son llamados árboles madres, productores o élites de semillas teniendo mejores características en cuanto a producción, desarrollo, vigor y su resistencia a plagas y enfermedades. Los pasos para obtener sus semillas son los siguientes:

- **Selección del fruto**

Una vez que la mazorca llega a madurar, las semillas que se encuentran dentro están fisiológicamente apta y preparadas a germinar, pero cuando el fruto se excede en madurarse entonces la radícula se desarrolla en su interior. Las mejores mazorcas se encuentran en el tronco de las ramas primarias son estas las que deben seleccionarse porque tienen semillas más uniformes y vigorosas (Benito, 1992).

Se debería elegir mazorcas fisiológicamente maduras y se debería desechar las mazorcas pequeñas, que se encuentren con algunas deformaciones. cuando se abre la mazorca elegida, se tiene que elegir los granos con más vigor y estos siempre están ubicados en la parte central de la mazorca, se tiene que desechar las semillas de la punta de las columnas placentarias ya que estos suelen ser pequeños y presentan fallas (Ártica, 2008).

- **Selección de las semillas**

Ávila *et al.* (2013) sostiene que para hacer una buena elección de semillas se tiene que escoger las de mayor tamaño y vigor, y son las que se les puede encontrar por lo general en el centro de la mazorca; se recomienda desechar las que se encuentran en los extremos porque es muy común que sean pequeñas y defectuosas.

- **Preparación y tratamiento de la semilla**

El mismo autor menciona que después de seleccionar las semillas, se debería desechar la baba o mucilago que envuelve a cada una, frotando suavemente entre las manos con

aserrín, ceniza o cal. Posterior a esto se hará el uso de un fungicida como el caldo sulfocálcico en la desinfección de la semilla (Ávila *et al.*, 2013).

2.2. Producción de cacao en condiciones de vivero

De acuerdo a Quiroz y Agama (2006) el vivero tiene que ser un área cuidadosamente seleccionada, con buena ubicación, buen acceso, ya que ahí se van a realizar las actividades y la infraestructura para la producción de plantas. Ávila *et al.* (2013). Menciona que las plantas que reciben los cuidados necesarios en la etapa de vivero presentan mayor probabilidad de sobrevivencia luego del trasplante y presentaría un mejor desarrollo porque en el vivero:

- Garantizan que las semillas germinen.
- Hay mayores cuidados y protección de las plantas.
- Se consiguen desarrollar con mayor vigorosidad y uniformidad de las plantas en corto tiempo.
- Es más fácil controlar las plagas y enfermedades.
- Es más fácil realizar el injerto.

La producción de plantas en vivero se consigue ejecutar de dos formas, por semillas o por injertos. En la producción de plantas por semillas se tiene que considerar la variedad del cacao que se pretende usar, debe seleccionarse un árbol con condiciones saludables, las mazorcas más grandes y las semillas de los centros de los frutos porque esto garantizaría la calidad de la planta.

Dostert *et al.* (2011) mencionan que la siembra en vivero se realiza en sustratos con la semilla en posición del hilum hacia abajo, a profundidades aproximadas de 10—20 mm. Las bolsas de siembra tienen que ser de por lo menos de 5 x 5 x 12 cm. Asimismo se puede sembrar en otros envases plásticos (20 x 12 cm con hoyos). Se consigue germinar por lo general a los 5 o 7 días, esto dependería de la variación de la temperatura. La probabilidad de que germinen las semillas frescas es de aproximadamente un 90%. Es muy importante que haya bastante sombra, agua y protección del viento para garantizar el desarrollo de las plántulas. También, tener cuidado con la sobre fertilización porque las plantas son muy sensibles ésta. Se realizan normalmente los primeros trasplantes cuando las plántulas presentan un tamaño de 0.6m. se pueden mantener las plantas juveniles en vivero por un máximo de 12 meses en macetas y/o bolsas de tamaños adecuados, antes de llevarlas a plantar; por lo general la plantación se da a 4—5 meses después de la siembra.

2.3. Fertilizantes utilizados como fuente de nutrientes

Tarigo *et al.* (2004), menciona que, con mayor incidencia en los cultivos intensivos, la contribución de nitrógeno que procede de la mineralización de las sobras frescas de la materia orgánica del suelo no sería suficiente para las necesidades del cultivo comercial. Es necesario incorporar fertilizantes nitrogenados y demás nutrientes para lograr mejores beneficios comerciales. Se emplean fertilizantes sintéticos de valor comercial que son elaborados por el hombre por medio del proceso químico y el abono orgánico que es fertilizante que provienen de los desechos de animales o vegetales.

2.3.1. Fertilizantes inorgánicos

Se aumento el uso de fertilizantes inorgánicos desde la “revolución verde”. El incremento del fertilizante nitrogenado se dio gracias al desarrollo de la síntesis de amoníaco teniendo como base el nitrógeno, elaborado por Haber- Bosch. los fertilizantes tuvieron un impacto positivo al incremento de la producción por unidades de superficies y presentaron como una de sus ventajas su sencilla aplicación. Una de las consecuencias del excesivo uso de estos fertilizantes es que puede perjudicar, contaminando fuentes de agua con nitratos, acidificando el suelo, medio ambiente, etc. (Fassbender, 1980).

Fosfato diamónico: Es un fertilizante más usado en la tierra que parte de la elaboración de dos componentes habitualmente usados en la industria de fabricación de fertilizantes y es muy reconocido debido a su concentración de nutrientes respectivamente altos y sus buenas propiedades (IPNI, 2018). El DAP contiene una gran cantidad de nitrógeno (N) y fósforo (P) para la nutrición de los cultivos; se disuelven fácilmente en el suelo luego liberan fosfatos y amonios disponibles para las plantas. Una de sus características más importantes del DAP es su pH alcalino que tiene lugar al entorno de los gránulos disueltos.

Los gránulos de DAP al ser disueltos liberaran amonio, podría ser perjudicial el amoniaco en forma volátil para las plantas y sus raíces. Estos daños son más comunes cuando los pH de los suelos son mayores a 7, una situación que frecuentemente está al entorno del gránulo del DAP en disolución. Para evitar dañar la plántula, se debería evitar colocar demasiado DAP concentrado muy cercano a la zona de germinación (IPNI, 2018).

2.3.2. Abonos orgánicos

Según Rosas (2003) la producción agrícola orgánica está basada en la filosofía de no usar fertilizantes químicos y plaguicidas, por el contrario, su producción está basada en

prácticas fitosanitarias y formas de control natural y biológico para productos con mejor calidad nutricional preservando el ecosistema. En la agricultura orgánica se alimenta al suelo y no a las plantas, ya que al estar en equilibrio a nivel de nutrientes el suelo están en equilibrio igualmente las plantas.

2.4. Biofertilizantes

Vairo Dos Santos (1992) define a los biofertilizantes como un efluente de consistencia pastosa y es resultado de la transformación del material orgánico proveniente de residuos de animales y vegetales, en una solución líquido, en ausencia o presencia de oxígeno, en un determinado tiempo, en una celda llamada biodigestor. Resultando de este ciclo un sistema con dos fases: una en estado sólido utilizada como abono orgánico y otra en estado líquido utilizado como un fertilizante foliar y en el control de algunas plagas y enfermedades. Otra definición relevante es la de Merrill *et al.* (1998), denomina como té orgánico o biofertilizante a los extractos líquidos hechos a partir distintos materiales orgánicos y agua para desarrollar un líquido de alta concentración en nutrientes favorables, composiciones orgánicas y microorganismos que se les puede encontrar en el material orgánico. El líquido que se obtiene también puede ser usado en el fertirriego, para fertilizar a las plantas de forma foliar o radicular.

Por otro lado, Suárez (2005) sostiene que un biofertilizante (biol) podría ser beneficiado con sales minerales y explica que la utilización de este abono líquido foliar orgánico permitiría tocar dos problemas transcendentales de la producción orgánica: las faltas de micronutrientes en suelos gastados y la agresión de plagas y enfermedades de las plantas.

2.4.1. Fermentación anaeróbica de la materia orgánica en medio líquido

De acuerdo a Soubes (1994) la materia orgánica en el biodigestor desarrolla un proceso de fermentación anaerobia, que es un procedimiento complicado desde la visión microbiológica; al estar en el ciclo anaerobio del carbono, es dable en ausencia de oxígeno, convertir la sustancia orgánica en biomasa y compuestos inorgánicos por lo general volátiles: CO_2 ; NH_3 , H_2S , N_2 y CH_4

2.4.2. Fermentación aeróbica de la materia orgánica en medio líquido

Según Merrill *et al.* (1998) la elaboración de biofertilizantes en medio aeróbico, se encuentra dividido en dos tipos de sistemas de extracción: sistemas de extracción pasivos y activos. El autor explica que los sistemas de extracción pasivos utilizan estiércol, restos de plantas, compost o vermicompost en un recipiente con agua y remoja por algunos días hasta

que la mayoría de los nutrientes solubles formen parte de la solución al ser disueltos. Este método de producción presenta como desventaja que el medio pasa a ser anaeróbico en pocos días (24 a 48 horas), asimismo, presenta mal olor y un producto de pequeña calidad.

2.5. Biofertilizante líquido

Este biofertilizante fue desarrollado Vairo Dos Santos (1992) en cultivos de caña de azúcar y café en el Brasil. Una de las características principales que describe es que representa bajos costos de elaboración, tiene acción fungistática, bacteriostática, efectos nutricionales y desarrollan fitohormonas que originan la floración y enraizamiento de las plantas.

2.5.1. Elaboración de biofertilizante líquido

El mismo autor detalla que, la manera que se debe utilizar para obtener el biofertilizante líquido, se centra principalmente en la fermentación durante treinta días; en un sistema aislado con ausencia de aire, y utilizando mezcla de estiércol fresco de bovino, preferentemente lechero, debido a que tienen una dieta alimenticia variada y agua en una proporción del 50% en volumen. Para conseguir un sistema anaeróbico se vierte la mezcla en un recipiente plástico de 200 L, dejando un espacio vacío de 15 a 20 cm. en su interior. Se sella herméticamente la tapa y se adapta una manguera en la misma, el otro extremo en un recipiente con agua para la salida de los gases, evitándose la entrada de oxígeno, el cual altera el proceso de fermentado y la calidad del producto. Después del proceso de fermentación, el producto tiene que ser colado para apartar la parte sólida más pesada, de la parte líquida que será usada como biofertilizante en pulverizaciones foliares. Este producto no se debe almacenar por demasiado tiempo, para que no se alteren sus características.

Tabla 1. Evolución de la composición química de un biofertilizante en ppm a través del tiempo.

Elementos en ppm	Días de Fermentación			
	30	60	90	120
CaCO ₃	3260	2600	2460	2372
SO ₃ (Sulfito)	447	170	97.2	112
PO ₄	1668	569	410	320
SiO ₂	83.1	168	143	177
Fe (total)	44.7	11.3	9.7	11
Cl	1160	810	1090	840
Na	166	250	276	257
K	970	487	532	500
Mo/Litro	1	1	1	1

B/Litro	1.1	1	1	1
Zn	6.7	3.7	1.3	1.7
Cu	1.1	0.7	1	0.2
Mn	16.6	4.7	3.8	4.6
Mg	312	305	281	312
PH	7.8	7.4	7.6	7.7

Fuente: Vairo Dos Santos (1992)

Cabe mencionar que DEVIDA (2014) manifiesta que a nivel local y regional se viene fabricando estos biofertilizantes usando la metodología siguiente:

2.5.1.1. Insumos y materiales

Para la preparación de 80 litros de microorganismos eficientes (ME) y 32 litros de Biofertilizante se necesita:

a. Insumos

- 25 kilos de melaza.
- 20 litros de mucilago de cacao.
- 25 litros de leche fresca de vaca.
- 50 kg de estiércol (excremento fresco de ganado vacuno).
- 20 litros de microorganismos eficientes (activados).
- 1 kilogramo de sulfato de cobre.
- 1 kilogramo de sulfato de potasio.
- 1 kilogramos de sulfato de zinc.
- 1 kilogramo de roca fosfórica.
- 1 kilogramo de boro (ulexita).
- 1 kilogramo de manganeso.
- 1 kilogramo de magnesio.
- ½ kilogramo de levadura de pan.
- ¼ de kilogramo de polvillo de arroz.

b. Materiales:

- 5 timbos de 80 litros con tapa y abrazaderas.
- 4 conectores o válvulas.
- 4 mangueras de 50 centímetros.
- 4 botellas de plástico de gaseosa (1 litro).

c. Preparación:

Se detallará los 04 pasos a seguir:

- **Paso 01.** *Activación de los microorganismos eficientes (para este proceso debe utilizarse un solo timbo).*
 - Colocar 50 litros de agua en el timbo y añade 10 kilogramos de estiércol de vaca.
 - Remover con palo de madera hasta disolver.
 - Agregar 5 kilogramos de melaza de caña disuelta, 5 litros de leche fresca y continúa mezclando.
 - Se añade 20 litros de mucilago de cacao, 5 litros de microorganismos eficientes y remueve por un periodo de 3 a 5 minutos.
 - Añade la levadura de pan y remueve constantemente.
 - Retira el jebe hermético de la tapa del timbo y proceda a tapar para su fermentación. Dejarlo cerrado por 30 minutos.

Después de esto, nuestros microorganismos eficientes estarán listos para su uso. Al utilizar un volumen determinado de microorganismos eficientes, repón los siguientes insumos: leche, melaza y polvillo de arroz. Los microorganismos se mantendrán activos y podrás seguir elaborando biofertilizantes durante mucho tiempo.

- **Paso 2.** *Preparación de los biofertilizantes (para este paso utilizamos los 4 timbos)*
 - Coloca 60 litros de agua en los cuatro timbos.
 - Después, agregar en cada uno de los timbos los siguientes insumos, uno después del otro, y remueve la mezcla constantemente:
 - 10 kilogramos de estiércol fresco de ganado.
 - 5 kilogramos de melaza de caña.
 - 5 litros de leche fresca de vaca.
 - 5 litros de microorganismos eficientes.
 - Una vez incorporado todo el insumo según lo explicado, deberás incorporar los sulfatos, uno en cada timbo, según se señala a continuación:
 - Timbo 01: agregar 1 kilo de sulfato de potasio.

- Timbo 02: añadir 1 kilo de roca fosfórica y 1 kilo de ulexita.
- Timbo 03: agrega 1 kilo de sulfato de cobre y 1 kilo de sulfato de zinc.
- Timbo 04: Agrega 1 kilo de sulfato de magnesio y 1 kilo de sulfato de manganeso.
- A continuación, bate los contenidos de cada uno de los timbos hasta homogenizar las mezclas.
- Para finalizar coloca la tapa hermética con la válvula de evacuación de gases, y conecta la manguera con la botella con agua para dar inicio al sistema anaeróbico.
- **Paso 3. Seguimiento del proceso.**
 - Es importante que durante un mes verifiquemos con las mangueras la salida de los gases y compruebe que no emita malos olores. Del mismo modo, reemplaza el agua de las botellas cuando presenten malos olores y cambien de color (tener en cuenta que la entrada de aire al timbo perjudica el proceso de fermentación).
- **Paso 4. Cosecha de los biofertilizantes.**
 - Después de 30 días de fermentación, nuestros biofertilizantes estarán listos para su uso. Para el uso de biofertilizantes se recomienda lo siguiente:

Tabla 2. Dosis de biofertilizantes.

Timbo	Concentración	Vivero	Trasplante	Producción
1	Nitrógeno – Potasio	3 litros	7 litros	7 litros
2	Fósforo – Boro	5 litros	3 litros	4 litros
3	Cobre – Zinc	½ litro	½ litro	1 litros
4	Magnesio – Manganeso	½ litro	½ litro	1 litros
Total		9 litros	11 litros	13 litros

De acuerdo a la mención de DEVIDA (2014), las cantidades y frecuencias con las que se aplican el biofertilizante son variables y están en relación a la edad del cultivo, por lo que recomiendan en la fase de **vivero**: del total de la mezcla (9 litros) se utiliza ½ litro por

mochila (20 Lts.) cada 15 días; para la etapa del **trasplante**: del total de mezclas (11 litros) se utiliza 1 litro por mochila cada 25 días; durante la etapa de **producción**: del total de la mezcla (13 litros) se utilizan 2 litros por mochila cada mes.

2.5.2. Dosis y utilización

Es recomendable la aplicación de este biofertilizante a través de pulverizaciones foliares, cubriendo totalmente las hojas y ramas de las plantas, hasta llegar al punto de escurrimiento, la dosis recomendada es del 10% al 30%. En el caso del tratamiento de semillas sexuales se recomienda sumergir las semillas en el biofertilizante de 1 - 10 minutos, dejando secarlas bajo sombra por dos horas y realizar la siembra inmediata. El mismo procedimiento se recomienda en órganos de propagación vegetativa como bulbos, estacas y tubérculos, los cuales se plantan inmediatamente (Vairo Dos Santos, 1992).

2.6. Yara Check IT

Yara Check IT es una aplicación de agricultura para smartphones consiste en una biblioteca fotográfica de cultivos, permitiendo una rápida identificación de posibles nutrientes. Una vez que se ha reconocido el origen de la deficiencia, la app informa sobre cómo esa insuficiencia afecta al cultivo, qué tipo de suelos son proclives para este tipo de deficiencia y qué componentes la empeoran. Check IT brinda una recomendación de fertilizantes para tratar la insuficiencia identificada, así como productos alternativos que ayuden con un tratamiento preventivo para la siguiente temporada (YARA, 2019).

La aplicación es personalizada y localizada en cada mercado, según los manuales, los cultivos y el lenguaje determinado de cada país. Check IT ha sido diseñada para operar en zona rural con escasa cobertura de redes. ayudando al agricultor a obtener en el acto un análisis del campo y la recomendación para las insuficiencias de un cultivo, para así mejorar la calidad del cultivo y mejorar la cosecha. Los beneficiarios pueden ver fotos de insuficiencias con buena definición, filtrarlas por síntomas, por localización de los síntomas en el cultivo o por las causas inciertas de ese síntoma. Check IT puede utilizar asimismo servicios de localización móvil (YARA, 2019).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Ubicación

La presente investigación se realizó en el vivero Productivo de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva; esta instalación está ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, y tiene como coordenadas en UTM:

Latitud Sur: 390506 m

Longitud oeste: 8970176 m

Altitud: 670 msnm.



Figura 1. Imagen satelital del área experimental

3.1.2. Clima y zona de vida

El clima de la zona es templado, con una temperatura promedio de 25 °C, y una precipitación promedio anual de 3500 mm. Considerando la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo y el diagrama bioclimático de Holdridge (1982), la zona de estudio ecológicamente se encuentra en la formación vegetal bosque muy húmedo Premontano Tropical (transicional a bosque húmedo Tropical) bmh-PT, y de acuerdo a las regiones naturales del Perú corresponde a Rupa Rupa o Selva Alta.

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. Materiales y equipos

Para el desarrollo de la fase de recolección de información de campo y el muestreo de suelos de la presente investigación se requirió como insumo principal de estudio semillas de cacao común (*T. cacao* L.); entre otros insumos orgánicos: tierra agrícola y arena (insumos para el sustrato), insumos para la elaboración de biofertilizante, fosfato diamónico; entre otros materiales y equipos en general como: 05 timbos de 80 L, 04 conectores o válvulas, 04 mangueras de 50 cm, lampa, malla, zaranda gruesa y bolsas de polietileno (6" x 12").

3.2.2. Metodología

3.2.2.1. Componentes en estudio

○ Biofertilizante (A)

A₁ = 250 ml de biofertilizante / 20 L de agua (1,25%)

A₂ = 500 ml de biofertilizante /20 L de agua (2.50 %) (DEVIDA, 2014)

○ Fosfato diamónico (B)

B₁ = 1 aplicación de 2 g

B₂ = 2 aplicaciones de 2 g

3.2.2.2. Tratamientos en estudio

Para el estudio se estableció un diseño completamente aleatorizado con un total de nueve tratamientos de acuerdo a lo descrito en la siguiente tabla:

Tabla 3. Disposición de los tratamientos de acuerdo a los factores en estudio.

Trat.	Dosis de aplicación	% de biofertilizante	Nº plantas/ Tratamiento	Nº de aplicaciones	Cantidad de solución/planta
T ₀	Suelo franco	-	96	0	-
T ₁	250 ml de bio. /20 L - vía suelo	1.25	96	6	52.08 ml.
T ₂	250 ml de bio. /20 L - vía foliar	1.25	96	6	52.08 ml.
T ₃	500 ml de bio. /20 L - vía suelo	2.5	96	6	52.08 ml.
T ₄	500 ml de bio. /20 L- vía foliar	2.5	96	6	52.08 ml.
T ₅	750 ml de bio. /20 L - vía suelo	3.75	96	6	52.08 ml.
T ₆	750 ml de bio. /20 L - vía foliar	3.75	96	6	52.08 ml.
T ₇	01 aplicación de 2 g de fosfato diamónico/planta	-	96	1	2 g.

Trat.	Dosis de aplicación	% de biofertilizante	Nº plantas/ Tratamiento	Nº de aplicaciones	Cantidad de solución/planta
T ₈	02 aplicaciones de 2 g de fosfato diamónico/planta c/u	-	96	2	2 g.
Total	9		864		

Bio = Biofertilizante; aplicación de biofertilizante = cada 21 días; aplicación de fosfato diamónico = a los 30 días y 60 días.

3.2.2.3. Diseño experimental y tipo de experimento

Se empleó el diseño completamente al azar (DCA), con tres dosis de biofertilizante (A1 = 250 ml/20 L, A2 = 500 ml/20 L y A3 = 750ml/20 L) y dos métodos de aplicación de fosfato diamónico (B1 = 1 aplicación de 2g, B2 = 2 aplicaciones de 2g); asimismo se consideró un tratamiento testigo, que consiste sólo en la siembra en suelo franco.

Toda la información se registró en evaluaciones y se almacenó en una base de datos previamente elaborada en el programa Microsoft Office Excel 2013. Esta base fue procesada con el software SPSS 24, para analizar la varianza (ANVA) y comparar los promedios con la prueba de comparación de Duncan ($\alpha = 0,05$).

• Modelo estadístico

El modelo estadístico asociado al experimento fue el diseño completamente aleatorizado (DCA), cuyo modelo matemático se muestra a continuación:

$$y_{(ij)} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : Es la variable de respuesta de interés.

μ : Representa promedio general de la población.

T_i : Es la variación que se atribuye a los niveles del factor que se está evaluando (efecto de los tratamientos).

E_{ij} : Es la variación de los factores no controlados (error experimental).

Para:

i = 1, 2 y 3 dosis de biofertilizante

j = 1 y 2 aplicaciones de fosfato diamónico

k = 1, 2, 3 y 4 repeticiones

- **Análisis de varianza**

Se realizó un análisis de varianza a los promedios de las variables dependientes a los 135 días de evaluación en los diferentes tratamientos: El análisis estuvo conformado por las siguientes fuentes de variabilidad: tratamientos (tres dosis de biofertilizante y fosfato diamónico) y el error experimental, tal como se muestra en el (Tabla 4).

Tabla 4. Esquema del análisis de varianza del estudio

Fuentes de Variación (F.V.)	Grados de Libertad (G.L.)	Suma de Cuadrados (S.C.)	Cuadrado Media (C.M)	F Calculado
Tratamientos	$t - 1$	$\sum nt_i^2$	$\frac{\sum nt_i^2}{t - 1}$	$\frac{CM_{(trat)}}{CM_{(Error)}}$
Error	$\sum (n - 1)$	$\sum \sum e_{ij}^2$	$\frac{\sum \sum e_{ij}^2}{r - 1}$	
Total	$\sum n - 1$	$\sum \sum Y_{ij}^2 - \frac{Y^2}{r.}$		

- **Disposición del experimento en el vivero**

Teniendo en cuenta el diseño del experimento, dentro de la parcela experimental, los tratamientos se distribuyeron siguiendo el siguiente diseño. Teniendo en cuenta el diseño del experimento, los tratamientos se aleatorizaron usando fichas, ordenándose por cada repetición. La Tabla 5 muestra la disposición del experimento en el vivero.

Tabla 5. Disposición experimental de los tratamientos

Tratamientos								
T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈
R ₁	R ₁	R ₁	R ₁	R ₁	R ₁	R ₁	R ₁	R ₁
R ₂	R ₂	R ₂	R ₂	R ₂	R ₂	R ₂	R ₂	R ₂
R ₃	R ₃	R ₃	R ₃	R ₃	R ₃	R ₃	R ₃	R ₃
R ₄	R ₄	R ₄	R ₄	R ₄	R ₄	R ₄	R ₄	R ₄

3.2.2.4. Variables de respuesta

- **Variables dependientes**

- Altura (cm) y diámetro de tallo (mm)
- Longitud (cm) y volumen de raíces (cm³)

- Peso fresco y seco (g) de la parte aérea y radicular de la planta.

- **Variables independientes**

- Dosis de biofertilizante.
- Aplicaciones de fosfato diamónico.

3.2.2.5. Procedimiento

- **Determinación y demarcación del área experimental**

El experimento se ejecutó en las camas de producción del Vivero de la Facultad de Agronomía, estableciéndose en un área con una pendiente no menor al 10% con el propósito de no tener problemas posteriores con inundaciones del agua que podrían traer problemas de enfermedades. Cabe indicar que previo a la instalación del experimento se realizó una limpieza del área con machete y azadón. De acuerdo a lo mencionado por ÁVILA *et al.* (2013) la tierra que se prepara para el llenado de bolsas debe ser alta en materia orgánica, libre de raíces, troncos y piedras; para ello se tamizó los componentes. Para la obtención de la mezcla se consideró 8 partes de tierra agrícola y 1 parte de abono orgánico (compostaje). El biofertilizante se obtuvo de acuerdo a la metodología propuesta por DEVIDA (2014), que es la siguiente:

- **Paso 01.** *Activación de los microorganismos eficientes (para este proceso debe utilizarse un solo timbo).*

Para activar los ME se añadió en un timbo de 80 L., los siguientes insumos: 50 L. de agua, 10 kg de estiércol de vaca, 5 kg de melaza de caña, 5 L. de leche fresca, 20 L. de mucilago de cacao, 5 L. de ME y levadura. Cabe indicar que cada vez que se añadía un insumo se mezclaba constantemente, procedimiento que se realizaba con un palo de madera. Finalmente se procedió a tapar herméticamente el timbo por 30 minutos, tiempo en el cual los ME están listos para ser usados.

Al utilizar un volumen determinado de microorganismos eficientes, se reponía los siguientes insumos: leche, melaza y polvillo de arroz.

- **Paso 2.** *Preparación de los biofertilizantes (para este paso utilizamos los 4 timbos)*

- ✓ Se colocó 60 litros de agua en los cuatro timbos.

- ✓ Después se agregó en cada uno de los timbos los siguientes insumos, uno después del otro, y se removió la mezcla constantemente:
 - 10 kilogramos de estiércol fresco de ganado.
 - 5 kilogramos de melaza de caña.
 - 5 litros de leche fresca de vaca.
 - 5 litros de microorganismos eficientes.
 - ✓ Una vez que se incorporó todo el insumo según lo explicado, se añadió los sulfatos, uno en cada timbo, según se señala a continuación:
 - Timbo 01: 1 kilo de sulfato de potasio.
 - Timbo 02: 1 kilo de roca fosfórica y 1 kilo de ulexita.
 - Timbo 03: 1 kilo de sulfato de cobre y 1 kilo de sulfato de zinc.
 - Timbo 04: 1 kilo de sulfato de magnesio y 1 kilo de sulfato de manganeso.
 - ✓ A continuación, se batió los contenidos de cada uno de los timbos hasta homogenizar las mezclas.
 - ✓ Finalmente se colocó la tapa hermética con la válvula de evacuación de gases, el cual conecta la manguera con la botella con agua para dar inicio al sistema anaeróbico.
- **Paso 3.** *Seguimiento del proceso.*
- ✓ Durante un mes se verificó las mangueras la salida de los gases comprobando que no emita malos olores. Del mismo modo, se reemplazó el agua de las botellas cuando presentaban malos olores o cambiaban de color.
- **Paso 4.** *Cosecha de los biofertilizantes.*
- ✓ Después de 30 días de fermentación, nuestros biofertilizantes estaban listos para su uso.

- **Instalación del germinador**

Previa a la instalación en las camas de producción se realizó un germinador en el que se produjo plántulas listas para el trasplante; para lo cual se adquirió semillas de calidad proporcionadas por el banco de germoplasma de la Facultad de Agronomía de la

Universidad Nacional Agraria de la Selva, estas semillas contaron con los tratamientos fitosanitarios respectivos.

La germinación se realizó de la siguiente manera: primero se desinfectó arena fina lavada con lejía al 2%; el cual se dejó por un día, luego se procedió con la siembra de las semillas previamente desmucilaginas. Posteriormente se cubrió las semillas con una capa de arena de 2 cm de espesor, finalmente el germinador se tapó con material orgánico (hoja de plátano), para mantener la humedad y tener una germinación homogénea.

- **Aplicación de los biofertilizantes y fertilizantes**

Antes de la aplicación de los biofertilizantes se calibró la mochila fumigadora llenándola con agua y se procedió a aplicar a un tratamiento, luego se midió el gasto de agua y se consideró el promedio de las repeticiones; el gasto promedio fue de cinco litros por tratamiento (96 plantas de cacao). Para la aplicación foliar, todas las dosis se enrazaron al gasto de agua para luego ser aplicado con una mochila fumigadora, mientras que la aplicación al suelo se hizo de manera dirigida (en cada bolsa) usando jeringas de 100 ml, aplicando exactamente 52 ml de solución a cada planta/aplicación.

La aplicación de los biofertilizantes se realizó seis veces con una frecuencia de 21 días, la primera aplicación se realizó exactamente cuándo las plántulas tuvieron 2 pares de hojas. Para la fertilización convencional se pesó 2 g de fosfato diamónico, el cual se aplicó a cada planta de cacao; asimismo el número de aplicaciones que se realizó fue según la Tabla 3.

- **Análisis físico-químico del sustrato**

Para el análisis de los sustratos se colectó una muestra de 500 g, y después de su identificación fueron llevados al Laboratorio de Análisis de Suelos, secados al aire y pasados por tamiz de 2 mm. Se instalaron en bolsas de plástico, para la determinación de los niveles de nutrientes en éstos.

- **Repique a bolsas**

Labor que se realizó después de cinco días de instalado el germinador, donde se separó las semillas con punto nieve para trasplantarlas en bolsas individuales. El mejor periodo es cuando las temperaturas no son ni muy altas ni tampoco bajas. Para garantizar la supervivencia se procedió a repicarlas con sumo cuidado, con la raíz hacia abajo, enterrando la semilla casi hasta su totalidad.

- **Control de malezas**

Las malezas que crecen en las bolsas pelean por el agua, los nutrientes y la luz con las plantas de cacao siendo como resultado plantas de cacao débiles y mal formadas. Para hacer que las plantas de cacao estén libres de malezas se realizó deshierbos mensuales, después del riego para que sea fácil el arranque a mano.

- **Control de plagas y enfermedades**

Para el control de plagas y enfermedades se realizaron evaluaciones sanitarias para determinar oportunamente su acontecimiento, a partir de esto se realiza su correspondiente control.

3.2.2.6. Características a evaluar

- **Altura y diámetro del tallo**

Cada 15 días se evaluó la altura y diámetro de plántula. Para la variable altura la medición se realizó desde el cuello de la planta hasta la yema terminal visible, midiendo en cm con una regla graduada, mientras que el diámetro se midió con vernier a la altura de la cicatriz cotiledonal.

- **Longitud de raíces**

Las raíces se midieron al final del experimento, usando la regla graduada, desde la inserción con el esqueje hasta la parte terminal de las raíces. Se tomó la medición a 12 plantas evaluadas por tratamiento.

- **Volumen de raíces**

La metodología para determinar este parámetro fue la de hundir la plántula hasta el cuello de la raíz en una probeta graduada llena con agua destilada permitiendo así hallar el volumen por diferencia. Se tomó las mediciones de las 12 plantas evaluadas por cada tratamiento.

- **Peso fresco y peso seco de la parte aérea y radicular**

Se tomó muestras frescas de la parte foliar y radicular de 12 plantas seleccionadas por tratamiento, las que fueron pesadas y puestas en bolsas de papel periódico, para así obtener el peso fresco de las muestras. Para obtener el peso seco, se llevó las muestras a la estufa a 70°C por 48 horas, hasta que obtuvieron un peso constante. Las muestras secas fueron pesadas, y por diferencia se halló el porcentaje de humedad y materia seca.

- **Área foliar**

Para la determinación del área foliar se utilizó el método de la silueta, el cual siguió los siguientes pasos:

Primero se dibujó la silueta de todas las hojas de 3 plantas/repetición en un papel milimetrado, se cortaron con mucho cuidado, para luego ser pesadas juntas.

Se cortó 100 cm² del mismo papel y se pesaron. Mediante este valor y usando el método de la regla de tres simple se halló el área foliar de las plantas de cada tratamiento.

- **Calidad de planta**

La determinación de la calidad de los plantones de cacao se basó en los parámetros morfológicos y fisiológicos de la planta (OROZCO, 2010). La evaluación de la calidad morfológica se realizó con las variables altura, diámetro de planta y la relación tallo raíz cuya fórmula es la siguiente:

$$RAR = \frac{\text{Peso seco aéreo (g)}}{\text{Peso seco radicular (g)}}$$

La evaluación de la calidad fisiológica se determinó por las deficiencias nutricionales que tuvieron las plántulas de cacao, esto se realizó al final del estudio con la ayuda de la aplicación Check IT, el cual es una herramienta de diagnóstico que ayuda a identificar problemas de nutrientes en los cultivos.

Tabla 6. Parámetros de calidad de plantones de cacao.

Altura de planta (cm)	Diámetro de planta (mm)	Relación tallo/raíz	N° de deficiencias	Calificación	Valor asignado
>= 40	>= 10	>= 1	0 – 1	Bueno	3
30 - 40	9 - 8	1	2 – 3	Regular	2
<=30	<= 8	<=1	>= 4	malo	1

Fuente: Elaboración propia (para plantas de cacao de 4 meses de edad).

Una vez determinado todos los parámetros a evaluar se estableció rangos de calificación, de acuerdo a la variabilidad de los parámetros evaluados y al tipo ideal de plantón de cacao, el resultado final de la calidad de los plantones se realizó por ponderación, donde se asignó un peso de 25% (Debido a que se consideró 4 parámetros de evaluación), a cada parámetro de evaluación; los valores que toma cada uno varía de acuerdo al rango donde se encuentre (Tabla 6), la fórmula que se utilizó es el siguiente:

$$I = \frac{1}{nN} \sum_{i=1}^n x_i$$

Donde: I = Valor final ponderado ($I \geq 90\%$ (muy buena calidad), $I \geq 70 - 90\%$ (buena calidad) y $I \leq 70\%$ (regular calidad)), N = Puntaje máximo, n = Número de indicadores de calidad y X_i = importancia de cada indicador

- **Análisis de rentabilidad**

La evaluación de la rentabilidad de los diferentes tratamientos en estudio, se realizó comparando los ingresos y costos de producción. La relación beneficio costo (RB/C) en cada tratamiento, se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$Relación B/C = \frac{Ingreso Bruto}{Costo de Producción}$$

El ingreso bruto en todos los tratamientos, se estableció multiplicando el número de plantones producidos para una hectárea por el precio de cada plantón. Los costos de producción se determinaron proyectando a una hectárea y obedeciendo a la diferencia en la cantidad de biofertilizante.

Precio	Calidad
1.2 - 1.5	Muy buena calidad
0.8 - 1.2	Bueno
0.5 - 0.8	Regular

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación de la altura de las plantas de cacao

Para la altura de las plantas de cacao se muestra que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos por efecto de los biofertilizantes (Tabla 7). El coeficiente de variabilidad (8,20 %) indica una excelente homogeneidad entre sus unidades experimentales.

Tabla 7. Análisis de variancia para el promedio de altura (cm) en plantas de cacao

Fuente de Variación	G.L.	Altura a los 135 dds		
		SC	CM	Sig.
Tratamiento	8	1091,53	136,44	AS
Error	27	213,07	7,89	
Total	35	1304,60		

CV (%)	8,20
--------	------

S: Significación altamente estadística al 5% de probabilidad.

AS: Significación altamente estadística al 1% de probabilidad.

En la Tabla 8 se muestra la prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha=0,05$) para el parámetro altura de las plantas. Donde para las dos variables el T₈ (02 aplicaciones de 2 g de fosfato diamónico), fue estadísticamente superior a los demás tratamientos con un valor de 47.89 cm de altura, seguidamente de los tratamientos T₇ (01 aplicación de 2 g de fosfato diamónico), T₁ (250 ml de biofertilizante/20L – vía suelo) y el T₃ (250 ml de biofertilizante/20L - vía suelo) quienes alcanzaron valores de 36,15 cm; 33,52 cm y 32.34 cm respectivamente sin diferenciarse entre ellos; estos resultados se vieron influenciados por la composición de los fertilizantes aplicados al suelo en especial el DAP que estuvo más disponibles para las plantas, debido a que es muy soluble y por eso se disuelve rápido en el suelo para liberar fosfato y amonio disponible (IPNI, 2018), traduciéndose en un mayor tamaño de planta y posiblemente un diámetro mayor. No obstante, estas mostraron deficiencias de Potasio, Cobre, Boro y Zinc, hecho que es un riesgo de mortandad en campo tal como se puede ver en la Figura 20. Por su parte la única aplicación de fosfato diamónico resulta igual que la aplicación de 250 y 500 ml de biofertilizante al suelo, esto se explica por el bajo número de aplicaciones que proporciona una menor cantidad de nutrientes en comparación a la doble aplicación de fosfato diamónico, que proporciona mayor cantidad de nitrógeno disponible, cuya composición es de aproximadamente 18% de N (IPNI, 2018), que

además es un nutriente básico para el crecimiento de las plantas (Dobermann y Fairhurst, 2000), en ese sentido algunos autores recomiendan incrementar la cantidad de la fuente de nitrógeno en la elaboración de biofertilizantes debido a que existen materiales de mineralización lenta, como el estiércol seco de vacunos que originan una baja cantidad de nitratos por lo que se recomienda tasas parecidas a los producidos por fertilizantes químicos u orgánicos más fáciles de mineralizar esto para mantener los rendimientos de los cultivos (Maynard *et al.*, 1976), sin embargo una de las ventajas del estiércol seco de vacunos es que producen una acumulación menor de nitrato en los vegetales que se mineralizan más rápido (Fassbender, 1980; Maynard *et al.*, 1976).

Tabla 8. Prueba de Duncan ($\alpha=0,05$) para los promedios de altura de las plantas de cacao.

Altura a los 135 dds				
Tratamientos	Cm	Sig.		
T ₈	47,89	a		
T ₇	36,15	b		
T ₁	33,52	b	c	
T ₃	32,34	b	c	d
T ₂	31,02		c	d
T ₀	30,94		c	d
T ₄	30,61		c	d
T ₆	30,16		c	d
T ₅	28,48			d

Entre tratamientos unidos por la misma letra no existe significación estadística.

T0 = (Suelo franco)

T3 = (500 ml de BF/20L. - vía suelo)

T6 = (750 ml de BF/20L. - vía foliar)

T1 = (250 ml de BF/20L. - vía suelo)

T4 = (500 ml de BF/20L. - vía foliar)

T7 = (01 aplicaciones de 2 g de FD.)

T2 = (250 ml de BF/20L. - vía foliar)

T5 = (750 ml de BF/20L. - suelo)

T8 = (02 aplicaciones de 2 g de FD)

FD = Fosfato diamónico

BF = Biofertilizante

Por su parte las aplicaciones foliares del biofertilizante fueron inferiores a las aplicaciones al suelo (Figura 2) esto debido a que es mermada por muchos factores siendo menor la cantidad de fertilizante suministrado a cada planta, al respecto Carvajal (2014), menciona que la aplicación foliar es tanto una forma de corrección complementaria de fertilización como una forma única de suministro de algunos elementos principalmente los micronutrientes.

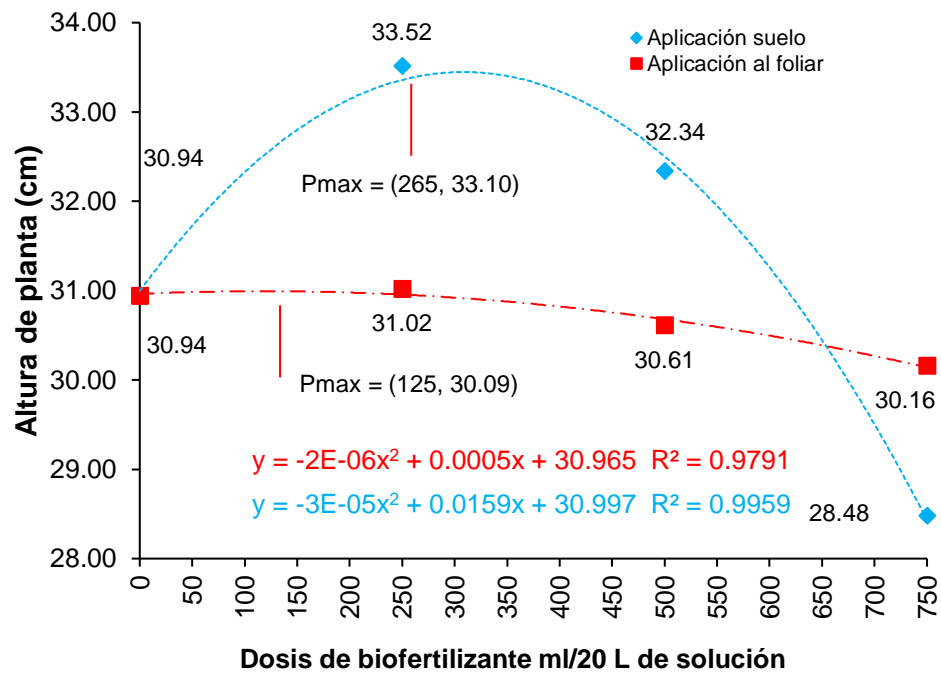
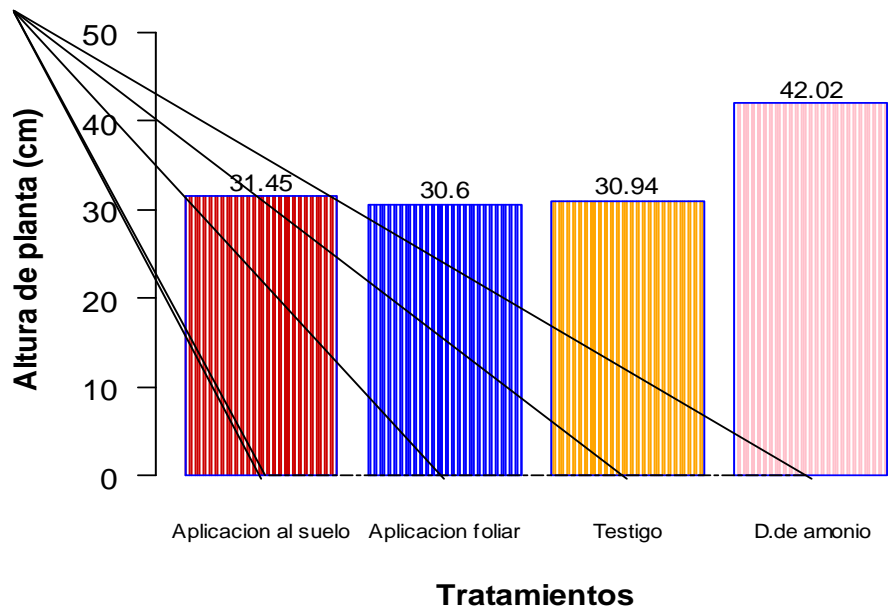


Figura 2. Efecto de la fertilización foliar y edáfica en la altura de la planta

Las curvas de crecimiento de la altura de planta (Figura 3), muestran las evaluaciones realizadas cada 15 días por cinco meses, donde se muestra el ajuste no lineal, que es una buena aproximación a los datos originales donde dos aplicaciones de fosfato diamónico resultan superior a los demás tratamientos (T_8), seguidos de los tratamientos T_1 , T_7 y T_3 .

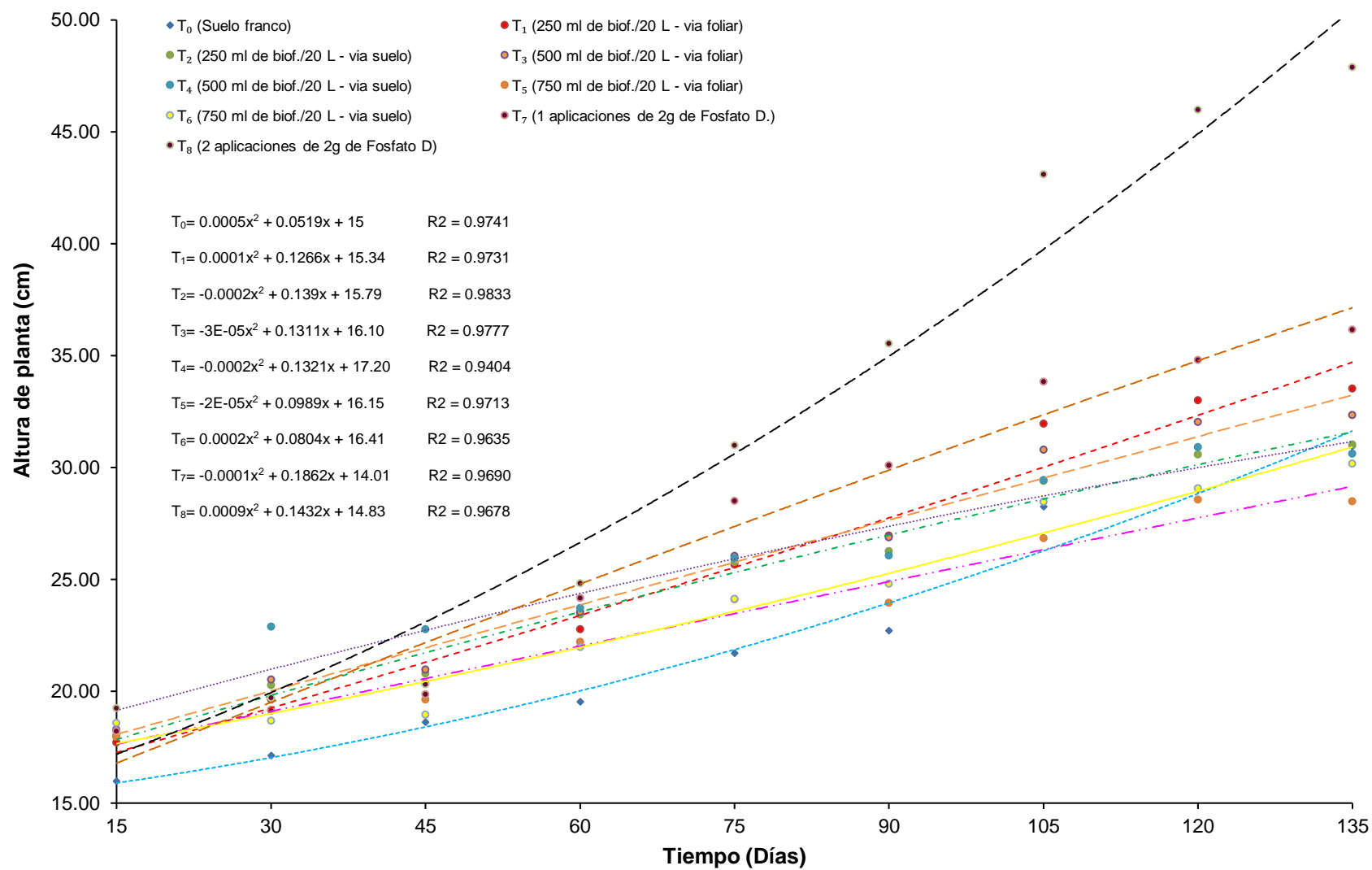


Figura 3. Comportamiento del crecimiento de la altura de planta de cacao en vivero.

4.2. Evaluación del diámetro de las plantas de cacao

Del análisis de variancia de la Tabla 9, se puede inferir que existe diferencia significancia entre los diferentes biofertilizantes tanto para el diámetro de tallo. La variabilidad de los resultados para este parámetro es de 9,95 %, indicando que hay excelente homogeneidad, es decir que las unidades experimentales fueron semejantes en cada tratamiento.

Tabla 9. Análisis de variancia del promedio de diámetro (mm) a los 135 DDS.

Fuente de variación	G.L.	Diámetro		
		SC	CM	Sig.
Tratamiento	8	31,37	3,9216	AS
Error	27	23,65	0,876	
Total	35	55,02		

CV (%) 9,95

S: Significación altamente estadística al 5% de probabilidad.

AS: Significación altamente estadística al 1% de probabilidad.

Tabla 10. Prueba de Duncan ($\alpha=0,05$) para el diámetro de tallo de las plantas de cacao.

Diámetro a los 135 dds				
Tratamiento	mm.	Sig.		
T ₈	11,36	a		
T ₃	10,29	a	b	
T ₇	10,07	a	b	c
T ₁	9,45		b	c d
T ₆	9,09		b	c d
T ₂	8,73			c d
T ₄	8,72			c d
T ₅	8,51			d
T ₀	8,43			d

Entre tratamientos unidos por la misma letra no existe significación estadística.

T0 = (Suelo franco)

T1 = (250 ml de BF/20L. - vía suelo)

T2 = (250 ml de BF/20L. - vía foliar)

FD = Fosfato diamónico

T3 = (500 ml de BF/20L. - vía suelo)

T4 = (500 ml de BF/20L. - vía foliar)

T5 = (750 ml de BF/20L. - suelo)

BF = Biofertilizante

T6 = (750 ml de BF/20L. - vía foliar)

T7 = (01 aplicaciones de 2 g de FD.)

T8 = (02 aplicaciones de 2 g de FD)

Realizada la prueba de comparación de Duncan (Tabla 10) se observa que para el diámetro de planta las aplicaciones del tratamiento T₈ (02 aplicación de 2 g de fosfato diamónico), T₃ (500 ml de biofertilizante - vía foliar) y T₇ (01 aplicación de 2 g de fosfato diamónico), fueron superiores a los demás tratamientos y sin diferenciarse tuvieron valores de 11.36, 10.29 y 10.07 cm respectivamente.

Similar tendencia ocurre en la recta de crecimiento del diámetro, donde estos mismos tratamientos (T₈, T₇ y T₃) alcanzaron tasas de crecimiento de 0.066, 0.060 y 0.055/día respectivamente (Figura 5); resultado que hace ver el menor efecto de las aplicaciones de nutrientes en la parte foliar frente a la aplicación al suelo (Figura 4), con respecto a las aplicaciones al suelo, los resultados demuestran que existe mejor respuesta en el diámetro de tallo con la aplicación de 500 ml de biofertilizante – vía suelo, que con 700 ml, presumiéndose que la aplicación de dosis altas de biofertilizante podrían haber ocasionado toxicidad a las plantas (Figura 4), de lo que se puede indicar que la mejor alternativa de aplicación de biofertilizantes es al suelo, con un máximo de 500 ml por mochila (20 L), esto difiere con DEVIDA (2014), que recomienda que a nivel de vivero se debe utilizar más 500 ml por mochila (20 L.) vía foliar cada 15 días, por otro lado para los demás tratamientos no se encontró diferencias significativas, sin embargo se puede evidenciar que las plantas que no se trataron con ningún tipo de fertilizante alcanzaron diámetros inferiores a los demás tratamientos (Figura 4), por lo que se puede decir que se evidenció efectos como resultado de los tratamientos aplicados, según Adiazola (2007), en los cultivos permanentes (cacao) no son muy evidentes las diferencias en el desarrollo del diámetro del tallo, debido a su lento crecimiento al aplicar los distintos sustratos en vivero.

Uno de los efectos que no se ha evaluado en la investigación y que podría haber marcado aún más los beneficios de los biofertilizantes frente a los fertilizantes sintéticos, es el buen control que ejercen los biofertilizantes sobre las enfermedades, esto debido a los metabolitos producidos por los microorganismos presentes, como por su acción directa sobre los patógenos y o sobre el hospedero (Dos Santos, 1992; Merrill, *et al.*, 1994; Bettiol. y Galvao, 1998).

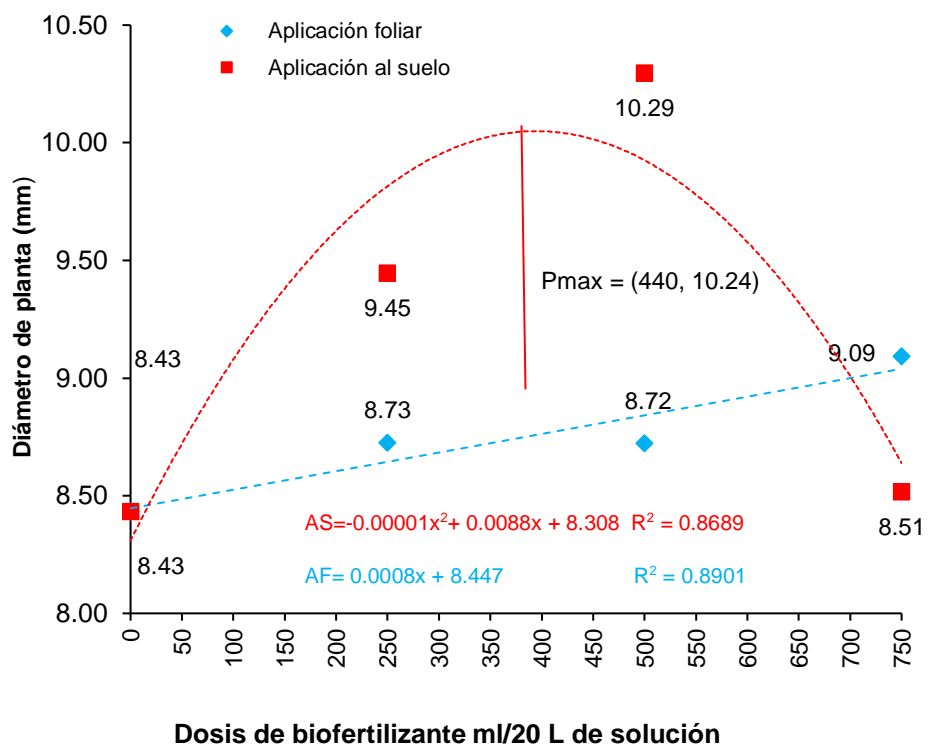
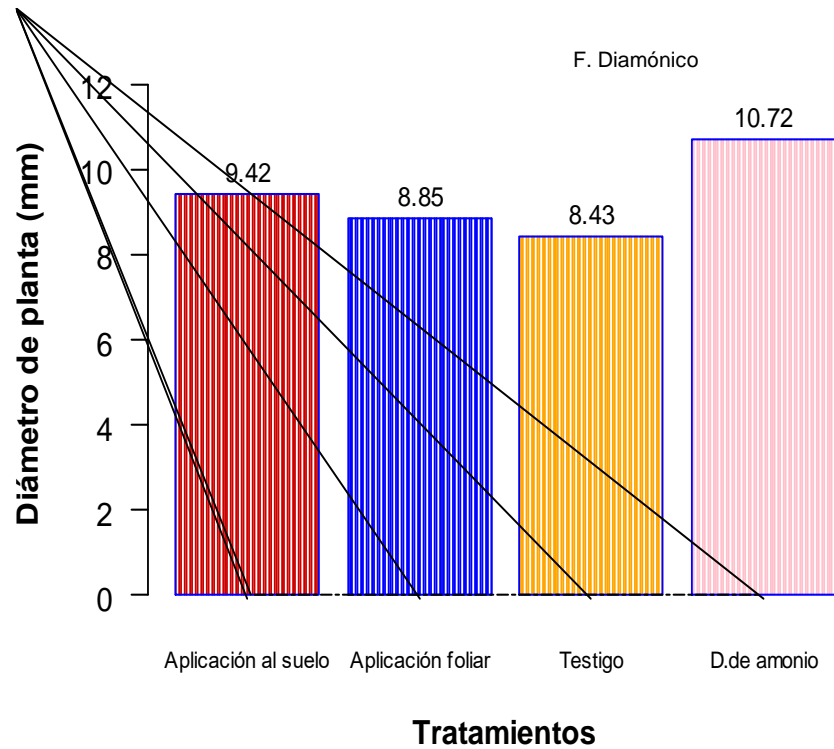


Figura 4. Efecto de la fertilización foliar y edáfica en el diámetro de la planta

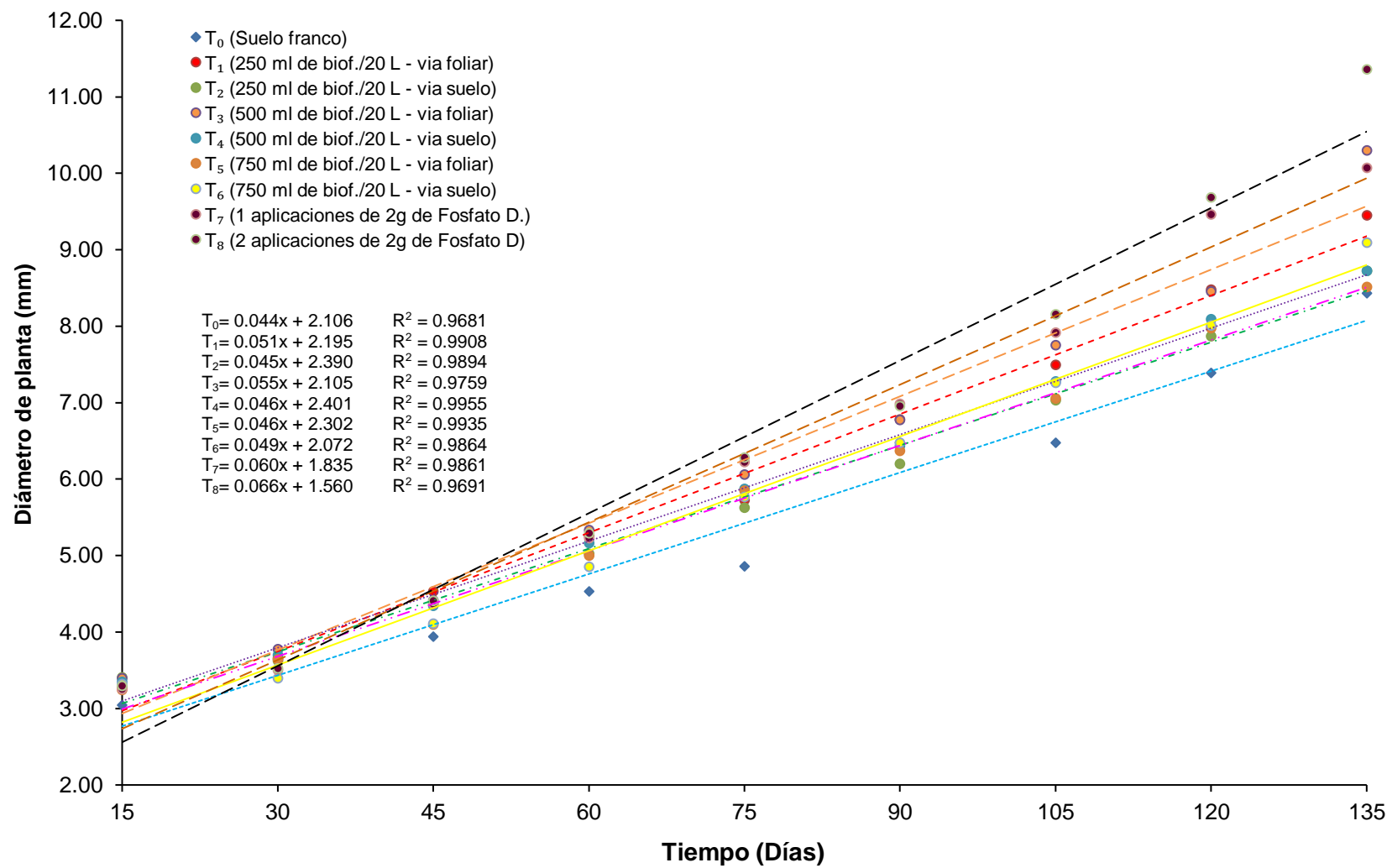


Figura 5. Comportamiento del crecimiento del diámetro de planta de cacao en vivero.

En la Figura 5 se muestra las curvas de crecimiento del diámetro de planta, con los datos de la evaluación realizada cada 15 días durante la ejecución de la investigación por cinco meses. El ajuste lineal por medio de mínimos cuadrados ordinarios, nos indican que las mayores tasas de crecimiento lo alcanzaron las aplicaciones de Fosfato diamónico ($T_7=0,06$ y $T_8=0,06$) seguido de la aplicación de 500 ml de biofertilizante al suelo ($T_3=0,055$).

4.3. Peso seco y fresco

En la Tabla 11, se presenta el análisis de variancia de Kruskal Wallis para el peso fresco (aéreo, radicular y total), donde se observa que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, debido a que el estadístico X^2 calculado para ambos parámetros fue mayor al X^2 tabular (15,51); esto asevera que al menos un tratamiento fue diferente al otro.

Tabla 11. Análisis de variancia no paramétrico del peso fresco (g) de la parte aérea y parte radicular de la planta de cacao.

Estadísticos ^{a,b}	Peso fresco (g)		
	Peso fresco aéreo	Peso fresco de la raíz	Total (g)
Tratamientos	9,000	9,000	9,000
Chi-cuadrado _(c)	103,420	97,206	104,83
Chi-cuadrado _(t)	15,507	15,507	15,507
Gl.	8,000	8,000	8,000
Sig. asintótica	AS	AS	AS

S: Significación altamente estadística al 5% de probabilidad.

AS: Significación altamente estadística al 1% de probabilidad.

NS: No existen diferencias estadísticas.

a. Prueba de Kruskal-Wallis; b. Variable de agrupación: Tratamientos

Realizada la prueba de comparación de Mann-Whitney (por pares) (Tabla 12), para el peso fresco de la parte aérea, se observa que las plantas de cacao en el tratamiento T_8 (02 aplicaciones de 2 g de fosfato diamónico) tienen el mayor peso fresco en la parte aérea (77,67 g) sin diferenciarse de las aplicaciones 750 y 500 ml de biofertilizante al suelo alcanzando valores de 44,83 y 42,08 g respectivamente; algo similar ocurrió para el peso radicular y para el peso fresco total donde el T_8 tuvo un valor de 122,84 g seguido de los tratamientos T_7 (01 aplicación de 2 g de fosfato diamónico) y T_5 (750 ml de biofertilizante/20 L - vía suelo) que alcanzaron valores de 79,59 y 7775 g respectivamente.

Tabla 12. Prueba de comparación de Mann-Whitney ($\alpha=0.05$) para el peso fresco de la parte aérea y radicular de las plantas de cacao.

Peso fresco aéreo			Peso fresco radicular			Total		
Trat.	g	Sig.	Trat.	G	Sig.	Trat.	g	Sig.
T ₈	77,7	a	T ₈	45,17	a	T ₈	122,84	a
T ₅	44,8	a	T ₇	40,42	a	T ₇	79,59	a b
T ₃	42,1	a b	T ₅	32,92	a b	T ₅	77,75	a b
T ₇	39,2	b c	T ₃	27,75	b c	T ₃	69,83	b c
T ₄	39,1	b c	T ₁	27,75	b c	T ₄	66,58	c d
T ₆	38,8	c d	T ₄	27,5	c d	T ₆	66,08	c d
T ₀	35,7	d e	T ₆	27,25	c d e	T ₀	62,09	d e
T ₁	33,7	e	T ₂	26,92	d e	T ₁	61,42	e
T ₂	31,7	e	T ₀	26,42	e	T ₂	58,59	e

Entre tratamientos unidos por la misma letra no existe significación estadística.

T0 = (Suelo franco)

T3 = (500 ml de BF/20L. - vía suelo)

T6 = (750 ml de BF/20L. - vía foliar)

T1 = (250 ml de BF/20L. - vía suelo)

T4 = (500 ml de BF/20L. - vía foliar)

T7 = (01 aplicaciones de 2 g de FD.)

T2 = (250 ml de BF/20L. - vía foliar)

T5 = (750 ml de BF/20L. - suelo)

T8 = (02 aplicaciones de 2 g de FD)

FD = Fosfato diamónico

BF = Biofertilizante

La aplicación del fosfato diamónico alcanzó el mayor peso fresco aéreo y radicular promedio con un valor de 58,42 y 42,8 g respectivamente, seguido de la aplicación al suelo que alcanzó un valor de 40,19 y 29,47 g respectivamente, las demás aplicaciones alcanzaron menores valores, siendo el más bajo en el testigo (Figura 6). Las aplicaciones de biofertilizante en general las dosis altas propiciaron mayor desarrollo foliar y radicular de los platones de cacao (Figura 6 y Tabla 12), tal como indica Tarigo y Repetto (2004), que los biofertilizantes aumentan el sistema radicular de las plantas, incrementado su capacidad de captar nutrientes, mejorando el estado nutricional y la respiración de la biomasa del suelo. Sin embargo la cantidad de materia seca es menor, debido a la acumulación de agua, que en ocasiones pueden tener altos valores de peso fresco, pero valores bajos de materia seca. Asimismo, Trinidad y Aguilar (2000), mencionan que la hoja presenta una función específica y es la de ser la fabricante de los carbohidratos, pero debido a sus características anatómicas tiene ventajas para incorporar inmediatamente los nutrimentos a los fotosintatos y para la translocación de éstos a las partes de la planta que presenta mayor demanda.

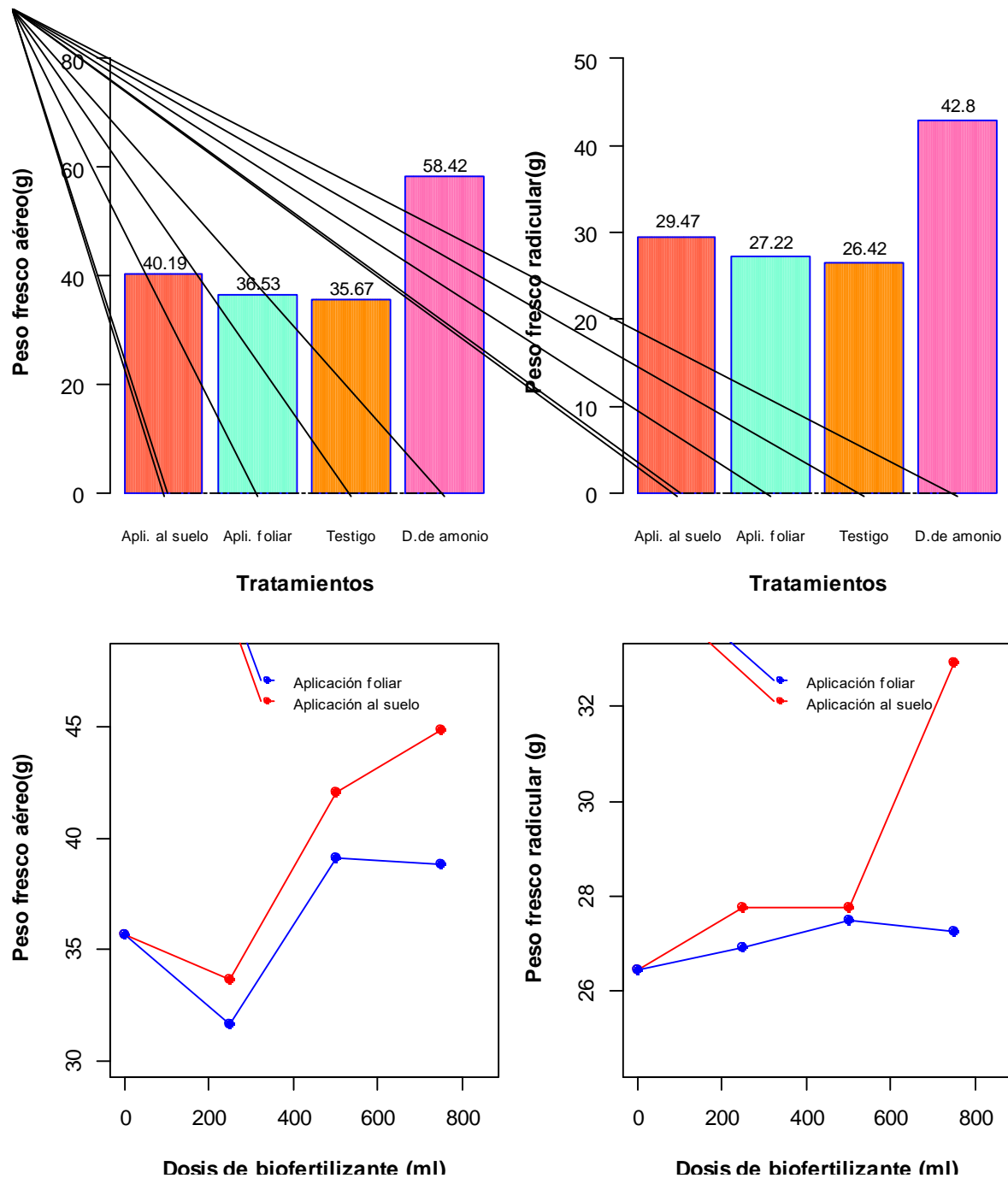


Figura 6. Efecto de la fertilización foliar y edáfica en el peso fresco de la planta.

En la Figura 7, se muestra que no hay sincronización de los valores en promedio del peso fresco de la parte aérea y radicular en plantas de cacao, se sustenta que a menor o mayor peso de la parte radicular en las plantas de cacao en vivero, no hay menor o mayor peso de la parte aérea, con excepción de la aplicación del tratamiento T₈ (02 aplicaciones de 2 g de fosfato diamónico) que alcanzó el mayor peso fresco aéreo y mayor peso radicular, esto es

debido a que las diferencias entre los tratamientos para el peso fresco obedecen a un mayor presencia de agua en los tratamientos que presentan un mayor peso fresco aéreo y no a una mayor presencia de materia seca. Según Termine *et al.* (1987), citado por Santos (1994); las plantas subnutridas tienen mayor materia seca, debido a un menor crecimiento, obteniendo así hojas más pequeñas y espesas. Por su parte Schupman (1974) citado por Santos (1994), indica que la utilización de fertilizantes minerales, especialmente nitrógeno disminuiría la cantidad de materia seca por simple acumulación de agua en los tejidos.

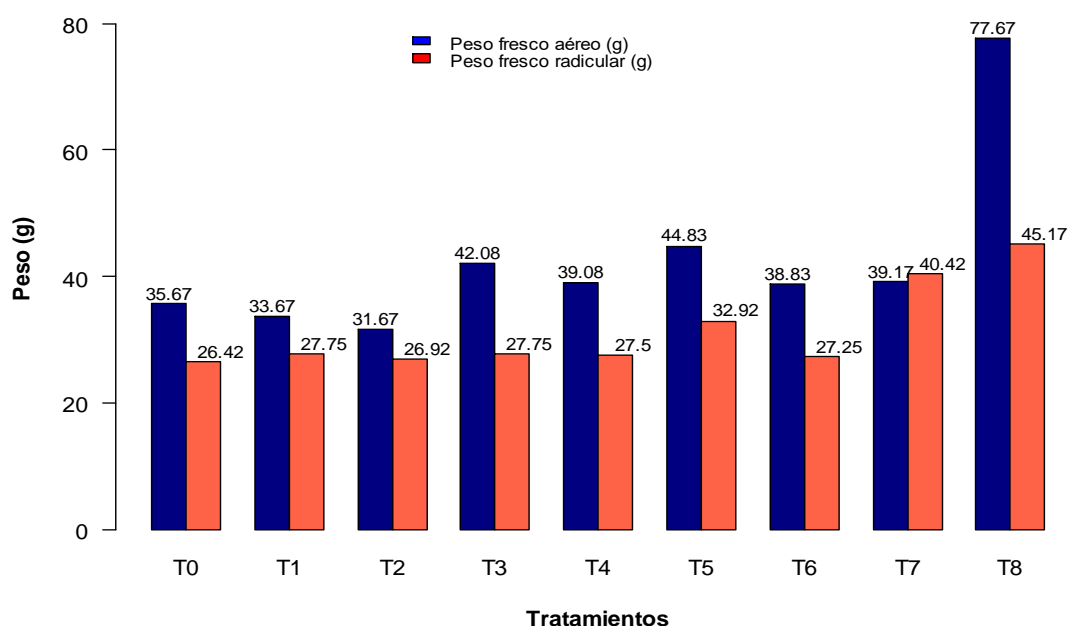


Figura 7. Peso fresco de la parte aérea de las plantas de cacao de los diferentes tratamientos.

Tabla 13. Análisis de variancia no paramétrico del peso seco (g) de la parte aérea y radicular de las plantas de cacao.

Estadísticos ^{a,b}	Peso seco		
	Peso seco aéreo (g)	Peso seco de la raíz (g)	Total (g)
Tratamientos	9,000	9,000	9,000
Chi-cuadrado _(c)	103,420	101,950	103,94
Chi-cuadrado _(t)	15,507	15,507	15,507
Gl.	8	8	8
Sig. asintótica	AS	AS	AS

S: Significación altamente estadística al 5% de probabilidad.

AS: Significación altamente estadística al 1% de probabilidad.

NS: No existen diferencias estadísticas.

a. Prueba de Kruskal-Wallis; b. Variable de agrupación: Tratamientos

Del análisis de variancia de Kruskal Wallis para el peso seco aéreo, peso seco radicular y peso seco total de las plantas de cacao (Tabla 13), se observa que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, debido a que el estadístico X^2 calculado para ambos parámetros fue mayor al X^2 tabular (15,51); esto asevera que al menos un tratamiento fue diferente al otro.

Al realizar la prueba de Mann-Whitney para comparaciones múltiples (por pares) (Tabla 14), para el peso seco de la parte aérea; se observa que las plantas de cacao en el tratamiento T₈ (02 aplicaciones de 2 g de fosfato diamónico), T₇ (01 aplicación de 2 g de fosfato diamónico) y T₃ (500 ml de biofertilizante /20 L. - vía suelo) tienen los mayores valores con 26,58 g, 15,33 g y 15,32 g, sin diferenciarse estadísticamente entre ellos; igual comportamiento se encontró para el peso seco de la raíz donde estos mismos tratamientos fueron superior a los demás tratamientos. Por su parte los tratamientos T₀ (suelo franco), T₁ (250 ml de biofertilizante/20L - vía suelo) y T₂ (250 ml de biofertilizante/20 - vía foliar), resultaron con los valores más bajos para ambos parámetros. Similar tendencia se encontró en los parámetros diámetro y altura de planta donde el fosfato diamónico mostró mucha eficiencia, la mayor respuesta de la planta a la aplicación de este fertilizante, puede ser atribuido a que normalmente el fósforo presenta en el suelo niveles más bajos que N y K⁺ el cual es proporcionado por el fosfato diamónico con 46 % de fosforo (IPNI, 2018), no obstante se sabe que no solo la disponibilidad de fósforo origina plantas más vigorosas, a pesar de que desempeña un papel importante en el desarrollo del sistema radical Sino que la falta de un sólo nutriente hace que la planta muestre deficiencias, es decir cada nutriente es indispensable en la fisiología de la planta (Ahenkorah, 1975), en ese sentido la aplicación de 500 ml de biofertilizante al suelo suple en gran medida todas los requerimiento nutricionales, resultando plantones de mejor calidad.

Tabla 14. Prueba de comparación de Mann-Whitney ($\alpha=0.05$) para el promedio del peso seco de la parte aérea y radicular de las plantas de cacao.

Peso seco radicular			Peso seco aéreo			Total		
Trat.	g	Sig.	Trat.	g	Sig.	Trat.	g	Sig.
T ₈	16	a	T ₈	26,58	a	T ₈	43	a
T ₃	11	a	T ₇	15,33	a b	T ₃	26	a b
T ₇	11	a b	T ₃	15,32	a b	T ₇	26	a b
T ₆	9,9	b c	T ₆	13,07	b c	T ₆	23	b c
T ₅	9,8	b c	T ₄	12,58	c d	T ₅	22	c d

T ₄	9,6	c d	T ₅	12,42	c d	T ₄	22	c d
T ₁	8,8	d e	T ₁	10,99	d e	T ₁	20	d e
T ₂	8,7	d e	T ₀	10,49	e	T ₂	19	e
T ₀	7,3	e	T ₂	10,4	e	T ₀	18	e

Entre tratamientos unidos por la misma letra no existe significación estadística.

T₀ = (Suelo franco)

T₃ = (500 ml de BF/20L. - vía suelo)

T₆ = (750 ml de BF/20L. - vía foliar)

T₁ = (250 ml de BF/20L. - vía suelo)

T₄ = (500 ml de BF/20L. - vía foliar)

T₇ = (01 aplicaciones de 2 g de FD.)

T₂ = (250 ml de BF/20L. - vía foliar)

T₅ = (750 ml de BF/20L. - suelo)

T₈ = (02 aplicaciones de 2 g de FD)

FD = Fosfato diamónico

BF = Biofertilizante

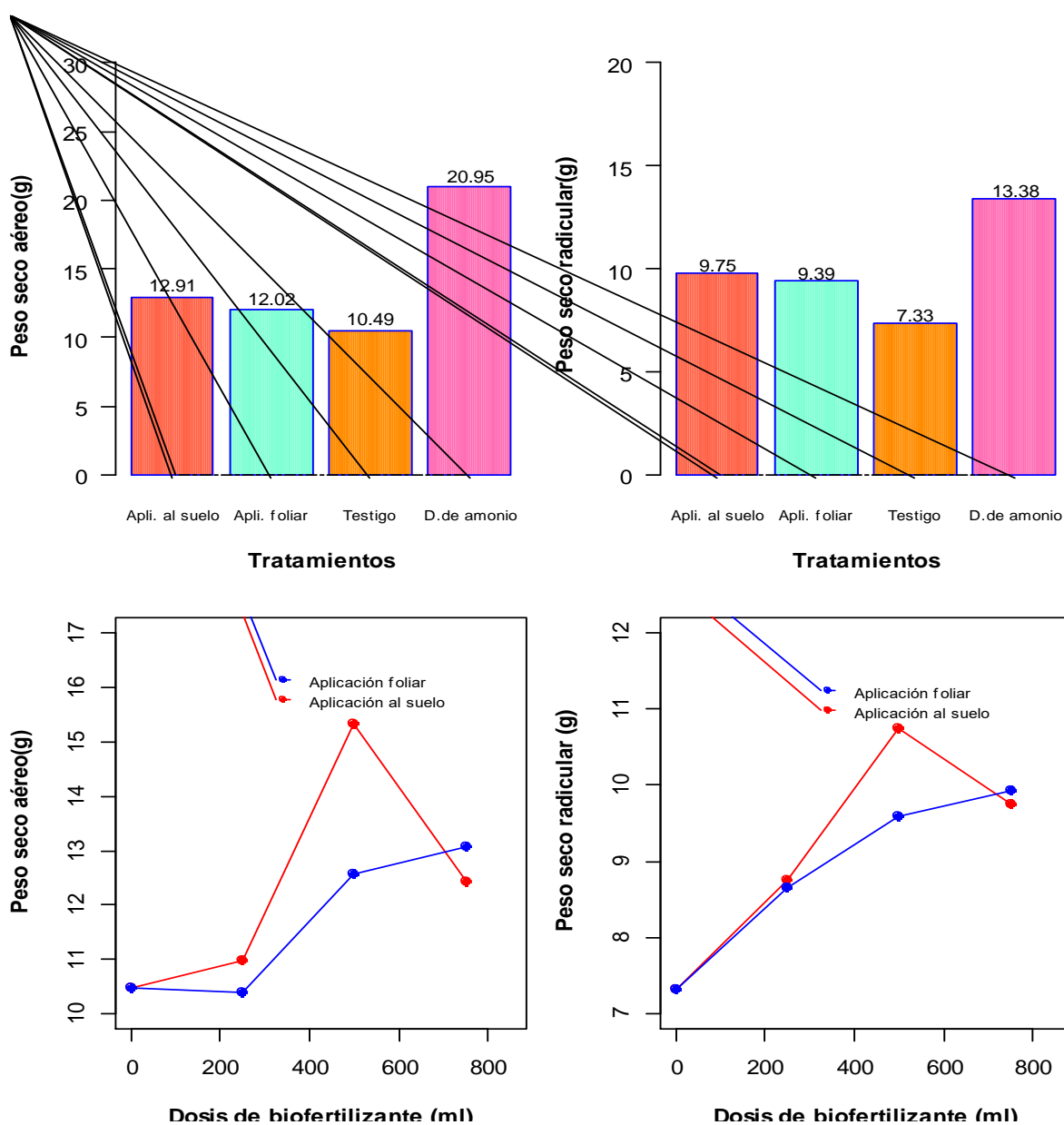


Figura 8. Efecto de la fertilización foliar y edáfica en el peso seco de la planta.

La aplicación del fosfato diamónico alcanzó el mayor peso seco aéreo y radicular promedio con un valor de 20,95 g y 13,38 g respectivamente, seguido de la aplicación al suelo que alcanzó un valor de 12,91 g y 9,39 g respectivamente, las demás aplicaciones alcanzaron menores valores, siendo el más bajo en el testigo que es el suelo franco (Figura 8).

Por otro lado, en la Figura 9, se muestra que existe sincronización de los valores en promedio del peso fresco de la parte aérea y radicular en plantas de cacao, se sustenta que a menor o mayor peso de la parte radicular, en las plantas de cacao en vivero hay menor o mayor peso de la parte aérea en las plantas, esto indica que existe correlación fuerte entre ambos parámetros tal como se puede ver en los tratamientos T_0 = (Suelo franco), T_1 (250 ml de biofertilizante/20L - vía suelo) y T_2 (250 ml de biofertilizante/20L - vía foliar) que sincronizan los más bajos valores en ambos parámetros de evaluación.

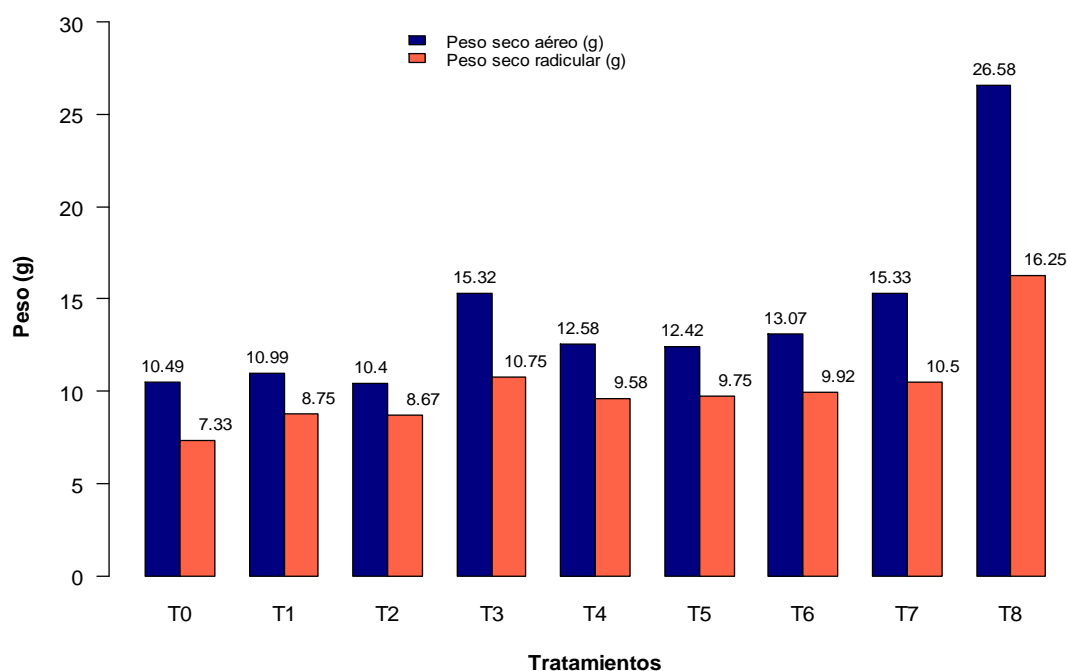


Figura 9. Peso seco de la parte aérea de las plantas de cacao de los diferentes tratamientos.

4.4. Longitud de raíz, volumen radicular y área foliar

En la Tabla 15, se presenta la prueba de Kruskal Wallis, donde se observa que para el área foliar y volumen radicular existen diferencias estadísticas entre los tratamientos, debido a que el estadístico X^2 calculado para ambos parámetros fue mayor al X^2 tabular (15,51); esto asevera que al menos un tratamiento fue diferente al otro; sin embargo, para el parámetro longitud de raíz no se encontró diferencias estadísticas.

Tabla 15. Análisis de variancia no paramétrico del área foliar, longitud de raíz y volumen radicular de las plantas de cacao.

Estadísticos ^{a,b}	Área foliar (cm ²)	Longitud de raíz (cm)	Volumen de raíz (cm ³)
Tratamientos	9,00	9,00	9
Chi-cuadrado ^(c)	102,70	14,30	102,94
Chi-cuadrado ^(t)	15,51	15,51	15,51
G.L.	8,00	8,00	8,00
Sig. asintótica	AS	NS	AS

S: Significación altamente estadística al 5% de probabilidad.

AS: Significación altamente estadística al 1% de probabilidad.

NS: No existen diferencias estadísticas.

a. Prueba de Kruskal-Wallis; b. Variable de agrupación: Tratamientos

Tabla 16. Prueba de comparación de Mann-Whitney ($\alpha=0.05$) para el volumen radicular y área foliar de las plantas de cacao.

Volumen radicular				Área foliar				Longitud de raíz			
Trat.	cm ³	Rangos	Sig.	Trat.	cm ²	Rangos	Sig.	Trat.	cm.	Rangos	Sig.
T ₈	45,83	102,5	a	T ₈	194,93	102,5	a	T ₄	64,10	78,63	a
T ₇	29,58	90,5	a b	T ₃	132,71	89,71	a b	T ₂	60,51	63,83	a
T ₃	25,83	71,63	b c	T ₇	128,51	79,29	a b	T ₇	60,18	59,92	a
T ₅	25,83	71,17	b c	T ₅	118,87	66,5	b c	T ₆	57,18	53,75	a
T ₄	25	55,79	c d	T ₀	109,28	50,17	c d	T ₀	57,17	55,17	a
T ₁	24,17	42,88	d	T ₄	106,76	39,58	d E	T ₃	56,71	51,38	a
T ₆	22,92	31,04	d e	T ₂	106,24	37,75	d E	T ₁	56,13	44,96	a
T ₂	20,83	16,08	e	T ₁	98,19	17,17	E f	T ₅	54,41	37,75	a
T ₀	20,42	8,92	e	T ₆	93,44	7,83	f	T ₈	53,46	45,13	a

Entre tratamientos unidos por la misma letra no existe significación estadística.

T0 = (Suelo franco)

T1 = (250 ml de BF. - vía suelo)

T2 = (250 ml de BF. - vía foliar)

FD = Fosfato diamónico

T3 = (500 ml de BF. - vía suelo)

T4 = (500 ml de BF. - vía foliar)

T5 = (750 ml de BF. - vía suelo)

BF = Biofertilizante

T6 = (750 ml de BF. - vía foliar)

T7 = (01 aplicaciones de 2 g de FD.)

T8 = (02 aplicaciones de 2 g de FD)

Al realizar la prueba de Mann-Whitney para comparaciones múltiples (por pares) (Tabla 16), para el área foliar se encontró que las plantas de cacao en el tratamiento T₈ (02 aplicaciones de 2 g de fosfato diamónico), T₃ (500 ml de biofertilizante - vía suelo) y T₇ (01 aplicaciones de 2

g de fosfato diamónico) fueron estadísticamente los mejores tratamientos alcanzando valores de 194,93 cm², 132,71 cm² y 128,51 cm² respectivamente; similar tendencia se encontró para el volumen radicular donde el T₈ y T₇ alcanzaron valores de 45,83 y 29,58 cm³ respectivamente, asimismo el T₇ no se diferenció con los tratamientos T₃ (25,83 cm³) y T₅ (25,83 cm³). Estos resultados muestran la superioridad de la fertilización edáfica frente a la foliar, debido a que este último es complementaría al primero, tal como lo indica Domínguez, (1997); Trinidad y Manjarrez (2000) que el fin de las aplicaciones foliares es demerorar la fertilización realizada al suelo, o bien, para reducir deficiencias específicas en el mismo período de desarrollo del cultivo, por su parte Bordoli y Barbazan (2010), mencionan que las aplicaciones foliares es condicionada por posibles daños al follaje. Por ello, es usualmente usada para elementos menores como son los micronutrientes (Ej: Fe, Zn, Mn, B, Cu, Mo, etc).

La aplicación del fosfato diamónico alcanzó el mayor volumen radicular y área foliar promedio con un valor de 37,7 y 161,72 g respectivamente, seguido de la aplicación al suelo que alcanzó un valor de 25,28 y 116,59 g respectivamente, las demás aplicaciones alcanzaron menores valores, siendo el más bajo en el suelo franco (Figura 10). Para la variable longitud de raíz se encontró que este fluctúa de 53,46 a 64,10 cm en los tratamientos T₈ = (02 aplicaciones de 2 g de FD) y T₄ = (500 ml de BF. - vía foliar), respectivamente.

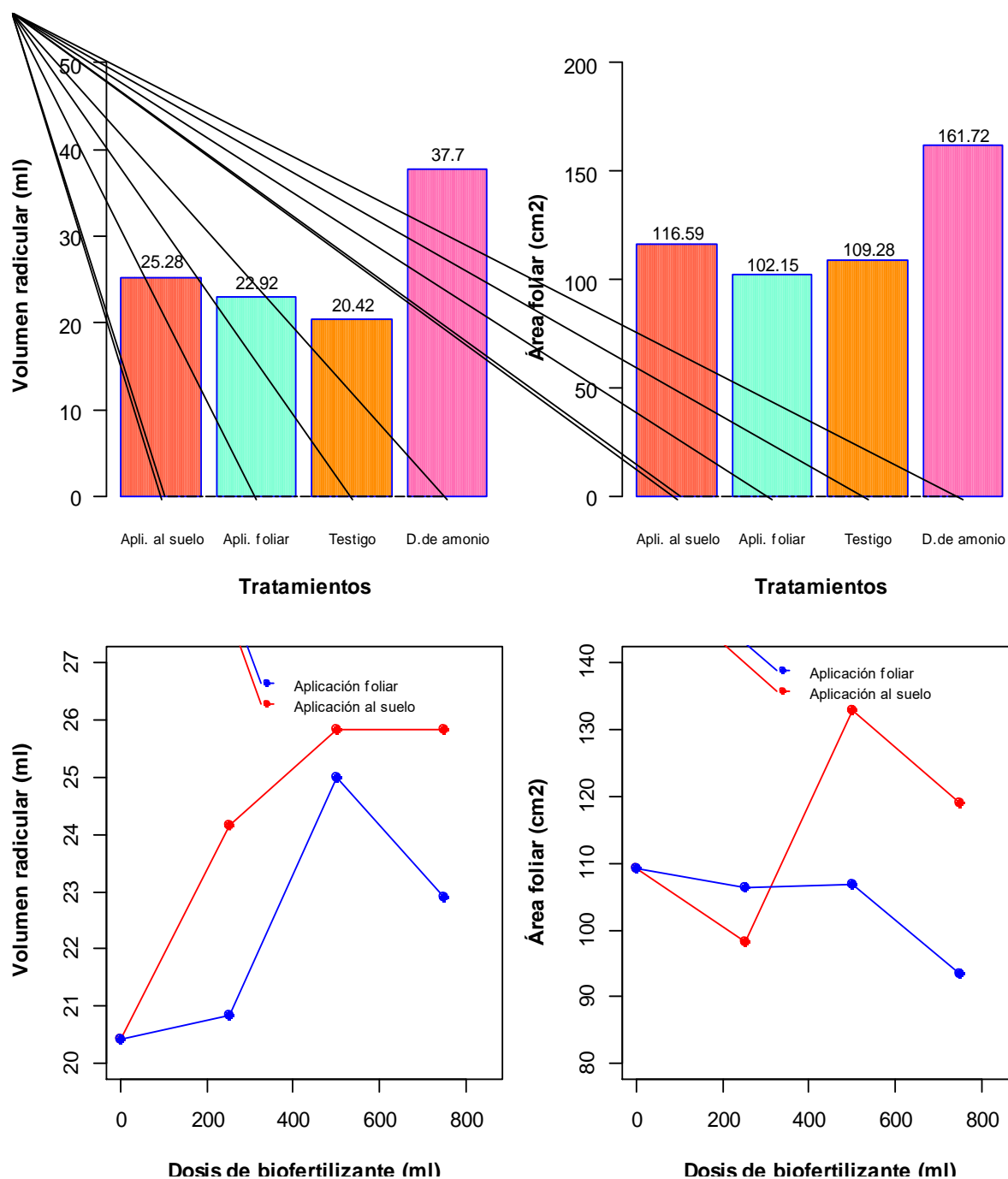


Figura 10. Efecto de la fertilización foliar y edáfica en área foliar y volumen radicular de la planta.

De los gráficos de barra para el área foliar y volumen radicular al final del experimento (Figura 11), se muestra la superioridad de los tratamientos T_8 = (02 aplicaciones de 2 g de FDA), T_7 = (01 aplicaciones de 2 g de FDA), T_3 = (500 ml de BF/20L. - vía suelo) y T_5 = (750 ml de BF./20L - suelo), resultados que corroboran las tablas anteriores.

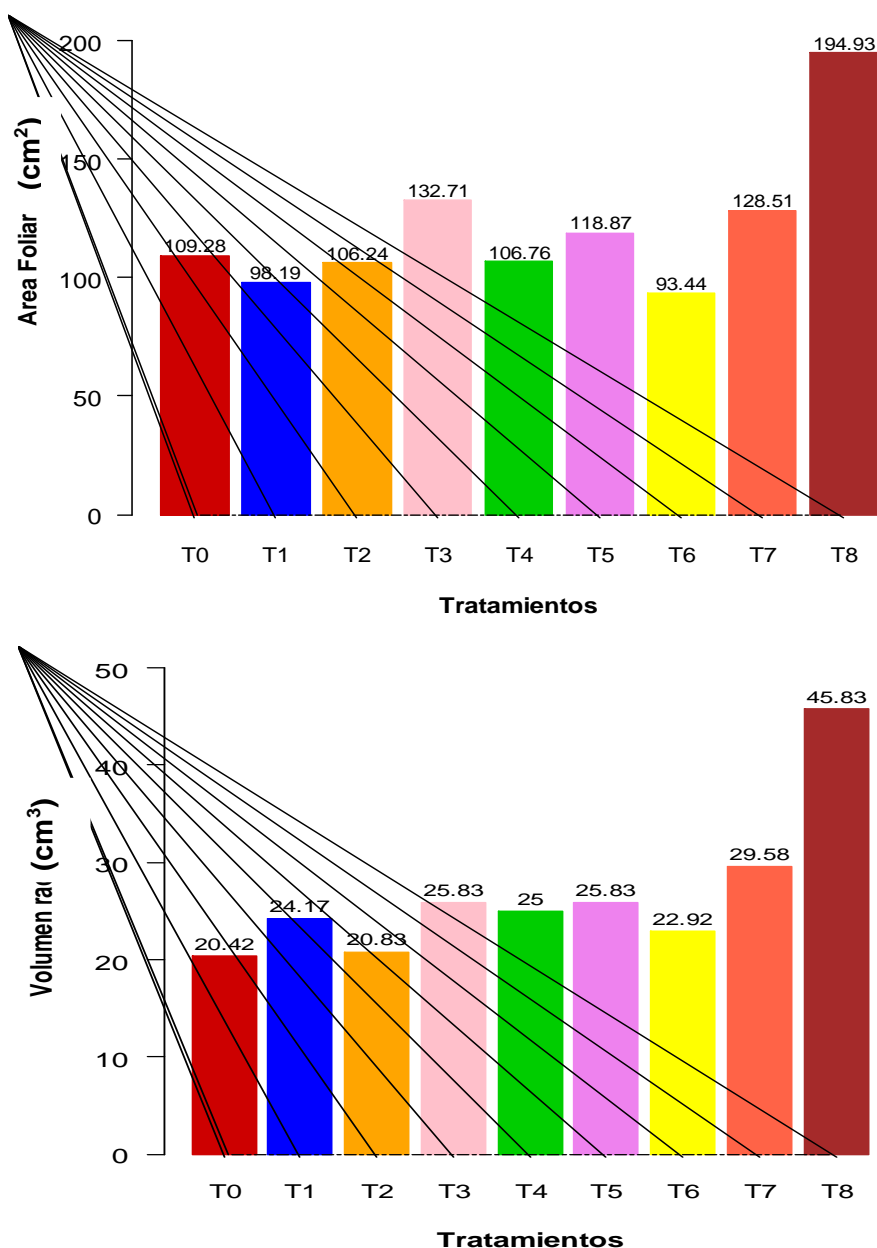


Figura 11. Efecto de la aplicación de los diferentes fertilizantes en el volumen radicular y el área foliar.

En la Figura 12 se observa que existe correlación débil entre la longitud de raíz con todas las variables, es decir que la longitud de raíz de las plantas de cacao no sincronizan, por lo que estadísticamente no hay asociación con los parámetros evaluados, asimismo se encontró que entre las variables peso fresco aéreo, peso fresco radicular y área foliar existe una correlación mayor a 0,75; mientras que entre las demás variables el coeficiente de correlación fue superior a 0,84; al respecto Valencia (2005), menciona que un buen sistema

de raíces permite a la planta explorar suficiente volumen de suelo para obtener agua y nutrientes, lo que quiere decir un buen desarrollo vegetativo y buena producción.

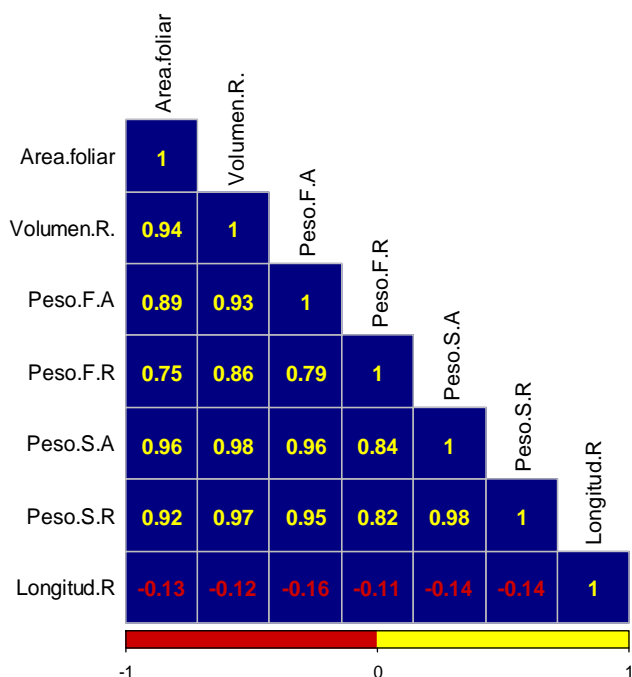


Figura 12. Correlación Pearson para los distintos parámetros biométricos.

4.5. Calidad de planta

Para determinar la calidad de planta se evaluó la morfología de la planta (Diámetro, altura y la relación tallo raíz) y la calidad fisiológica que está representado por las deficiencias nutricionales (Tabla 17), donde se observa que para los indicadores morfológicos la mayor altura de planta lo obtuvieron las aplicaciones de fosfato diamónico con uno y dos aplicaciones (2g) con valores de 36,15 y 47,89 cm respectivamente, similar comportamiento se obtuvo para el diámetro de planta con un valor de 10,07 y 11,36 mm; valores intermedios se obtuvieron con la aplicación de 500 ml de BF. - vía suelo con un valor de 32,34 cm y 10,29 mm para los parámetros de altura y diámetro e incluso el valor para esta última supera al fosfato diamónico con una aplicación, para Thompson (1985) la altura proporciona una somera aproximación del área fotosintetizante y transpirante, sin importar la arquitectura del tallo. Por su parte para la variable relación tallo raíz, se encontró que todos los tratamientos sobrepasan la unidad el cual indica que todos los tratamientos tienen buena relación entre la parte aérea y la parte radicular (Rodríguez-Trejo, 2008.), sobresaliendo las aplicaciones de fosfato diamónico y la aplicación de 500 ml de biofertilizante al suelo alcanzando valores mayores de 1,45; esto se debe al mayor contenido de fósforo que propicio el mayor

desarrollo radicular de los plantones de cacao. Para los indicadores fisiológicos, se encontró menos de dos deficiencias de nutrientes en las plantas con aplicaciones de biofertilizantes en sus distintas dosis especialmente de Nitrógeno, Magnesio y Potasio, mientras que las plantas con aplicaciones de fosfato diamónico se encontró más 3 deficiencias de nutrientes especialmente de Potasio, Boro y Cobre.

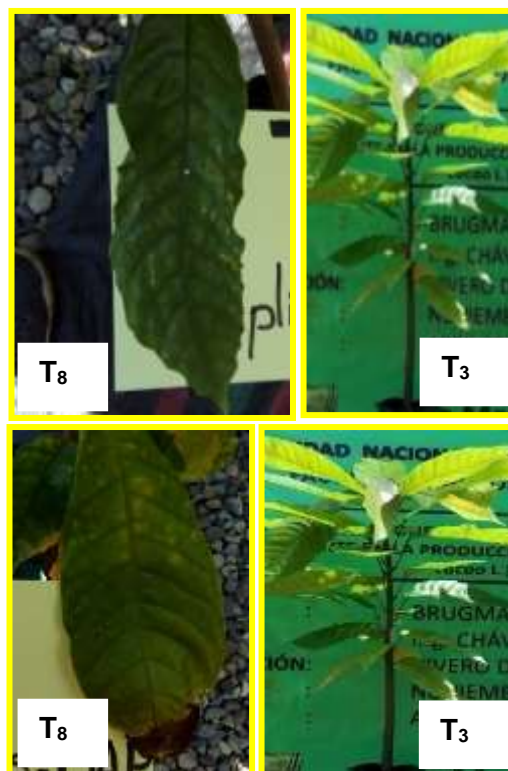


Figura 13. Identificación de deficiencias de nutrientes con CheckIT en los tratamientos T₈ (Boro, Potasio y zinc) y T₃ (leve deficiencia de Nitrógeno).

De lo indicado se puede deducir que los mejores plantones se obtuvieron con la aplicación al suelo de 500 ml de biofertilizante ya que morfológicamente obtuvo una altura, diámetro y relación tallo raíz intermedio, asimismo se identificó deficiencias leves de nitrógeno (Figura 13), lo que no sucedió con las aplicaciones de fosfato diamónico pese a que hayan obtenido valores mayores en los parámetros morfológicos, fueron deficientes en Boro, Potasio y Cobre, al respecto Armstrong (1987) menciona que las correlaciones directas entre los niveles de nutrimentos y la supervivencia posiblemente sólo serán significativas en los casos en que aquellos estén lejos de los valores recomendados, cuando se haya roto el equilibrio nutricional o cuando el lugar de la plantación este considerablemente agotado de nutrientes.

Tabla 17. Indicadores de morfológicos y fisiológicos que determinan la calidad de planta.

Variable	Suelo franco	250 ml de BF. - vía suelo	250 ml de BF. - vía foliar	500 ml de BF. - vía suelo	500 ml de BF. - vía foliar	750 ml de BF. - vía suelo	750 ml de BF. - vía foliar	fosfato diamónico (1 aplicación 2g)	fosfato diamónico (2 aplicaciones 2g)
Morfológica									
Altura de planta (cm)	30,94	33,52	31,02	32,34	30,61	28,48	30,16	36,15	47,89
Diámetro de planta (mm)	8,43	9,45	8,73	10,29	8,72	8,51	9,09	10,07	11,36
Relación tallo/raíz	1,43	1,26	1,20	1,43	1,31	1,27	1,32	1,46	1,64
Deficiencias nutricionales									
Nitrógeno	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Fósforo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Potasio	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
Magnesio	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00
Calcio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Azufre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Boro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
Cobre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
Zinc	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
Hierro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nº de deficiencias	2,00	2,00	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00	4,00	4,00
Calificativo de calidad	R	B	R	MB	R	R	B	R	R

1 = tiene deficiencia, 0 = no existe deficiencia; R = Regular calidad, B= buena calidad, MB = muy buena calidad.

La identificación de deficiencias de nutrientes está basada en la aplicación Check IT.

4.6. Análisis económico

Para poder decidir los mejores tratamientos se tomó en cuenta la máxima utilidad que se obtiene de la inversión, es decir la rentabilidad que en este caso se midió por la relación beneficio costo; de esta manera los costos resumidos se muestran en la Tabla 18, donde se puede evidenciar que las aplicaciones de fosfato diamónico alcanzaron una rentabilidad por encima de S/. 1; por su parte las aplicaciones de biofertilizante al suelo fueron más rentables frente a los demás métodos especialmente el T₃ (500 ml de biofertilizante - vía suelo), que resultó con una rentabilidad de S/. 1,76 esto es debido al buen tamaño y vigor que tenían estas planta. Mientras que las aplicaciones foliares resultaron con una rentabilidad menor a S/. 1,13; debido a que no propiciaron un buen desarrollo y crecimiento de los plantones de cacao al respecto Valverde *et al.* (2002), mencionan que fisiológicamente todos los nutrientes pueden ser absorbidos vía foliar con mayor o menor velocidad, en diferentes oportunidades. Esto es de tal modo que teóricamente la nutrición completa de la planta podría ser satisfecha vía foliar. Esto en la práctica no es posible, por el alto costo y elevado número de aplicaciones que sería necesario realizar para satisfacer el total de requerimientos. Es importante mencionar que el análisis podría cambiar bajo otro escenario, debido a que están sujeto a muchos factores tales como clima, precios y otros, al respecto Egúsquiza (2000), menciona que para decidir la oportunidad de siembra de papa depende a su vez de los factores como: temperatura, sanidad, agua y precios.

Tabla 18. Análisis económico de los tratamientos.

Clave	Costos de la aplicación	Costos de mantenimiento	Costos de producción (S/.)	Rdto. (Plantas ha ⁻¹)	Ingreso Total (S/.)	Utilidad Neta (S/.)	Índice Rent. (S/.)	RBC (S/.)
T ₀ = (Suelo franco)	0,00	790,00	790,00	1283,00	769,80	-20,20	-0,03	0,974
T ₁ = (250 ml de BF/20 L. - vía suelo)	92,72	921,40	1014,12	1283,00	1026,40	12,28	0,01	1,012
T ₂ = (250 ml de BF/20 L. - vía foliar)	92,72	921,40	1014,12	1283,00	769,80	-244,32	-0,24	0,759
T ₃ = (500 ml de BF/20 L. - vía suelo)	95,44	921,40	1016,84	1283,00	1796,20	779,36	0,77	1,766
T ₄ = (500 ml de BF/20 L. - vía foliar)	95,44	921,40	1016,84	1283,00	898,10	-118,74	-0,12	0,883
T ₅ = (750 ml de BF/20 L. - suelo)	98,17	921,40	1019,57	1283,00	1026,40	6,83	0,01	1,007
T ₆ = (750 ml de BF/20 L. - vía foliar)	98,17	921,40	1019,57	1283,00	1154,70	135,13	0,13	1,133
T ₇ = (02 aplicaciones de 2 g de FD.)	19,40	921,40	940,80	1283,00	1026,40	85,60	0,09	1,091
T ₈ = (01 aplicaciones de 2 g de FD)	38,80	921,40	960,20	1283,00	1539,60	579,40	0,60	1,603

FD = Fosfato diamónico

BF = Biofertilizante

T₁ y T₂ = Costo de aplicación de 250 ml de biofertilizante/20 L = (S/.1.8/Lx 1.5 L ha⁻¹ + S/. 30/ J.*ha⁻¹.*0.5 J.)x 6 aplicaciones = S/.98.10T₃ y T₄ = Costo de aplicación de 500 ml de biofertilizante/20 L = (S/.1.8/Lx 2.9 L ha⁻¹ + S/. 30/ J.*ha⁻¹.*0.5 J.)x 6 aplicaciones = S/.106.20T₅ y T₆ = Costo de aplicación de 750 ml de biofertilizante/20 L = (S/.1.8/Lx 4.35 L ha⁻¹ + S/. 30/ J.*ha⁻¹.*0.5 J.)x 6 aplicaciones = S/.114.31T₇ = Costo de aplicación de 2 g de F. Diamónico 1 apli. = (S/.2/Lx 2.2 L ha⁻¹ + S/. 30/ J.*ha⁻¹.*0.5 J.)x 1 aplicaciones = S/.19.40T₈ = Costo de aplicación de 2 g de F. Diamónico 12apli. = (S/.2/Lx 2.2 L ha⁻¹ + S/. 30/ J.*ha⁻¹.*0.5 J.)x 2 aplicaciones = S/.38.80

FD. = Fosfato. Diamónico, BF = Biofertilizante, J. = Jornal

V. CONCLUSIONES

- El crecimiento y desarrollo vegetativo de los plantones de cacao fue mayor con una aplicación dirigida (30 días después de la siembra) y dos aplicaciones dirigidas (30 y 60 días después de la siembra) de Fosfato Diamónico a una dosis de 2g / planta, seguido de la aplicación edáfica de biofertilizante a una dosis de 500 ml/20 L de agua cada 21 días. Estos incrementaron la altura de planta, diámetro de tallo, peso (seco y fresco), volumen radicular y área foliar.
- Las aplicaciones edáficas (al suelo) de biofertilizantes generaron una mayor altura de planta, diámetro de tallo, peso (seco y fresco), volumen radicular y área foliar en los plantones de cacao, en comparación con las aplicaciones foliares.
- En el análisis económico la biofertilización edáfica (500 ml) alcanzó la mayor rentabilidad (B/C) con un valor de S/. 1,76 seguido de la aplicación de Fosfato Diamónico con una y dos aplicaciones (2g / planta) con valores de S/. 1,09 y S/. 1,63 respectivamente.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda aplicaciones al suelo de biofertilizantes a una dosis de 500 ml en una mochila de 20 L, teniendo en cuenta que las aplicaciones deben ser con una frecuencia de 21 días, ya que morfológicamente obtuvo una altura, diámetro y relación tallo raíz intermedio, asimismo se identificó deficiencias leves de nitrógeno.
- Para futuros experimentos que se desarrollen sobre el tema, es importante que se lleve a cabo la cuantificación de las variables y procesos que determinan la calidad del biofertilizante.
- Se recomienda probar los tratamientos en estudio en diferentes tipos de suelo, y su interacción entre ellos.

VII. REFERENCIAS

- Adriazola, J. 2007. Manejo del cultivo de cacao. En: Diplomado: Cultivos industriales tropicales: Café, cacao y palma aceitera. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 84p.
- Ahenkorah, Y. 1975. Use of radio-active phosphorus in determining the efficiency of fertilizer utilization by cacao plantation. *Plant Soil* 42: 429
- Almeida de A., Valle, R. 2007. Ecophysiology of the cacao tree. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 19(4): 425-448.
- Ártica, M. 2008. Cultivo del cacao. 1º ed. Lima, Perú. Empresa Editora MACRO. 123 p.
- Ávila, A., Campos, M., Guharay, F., Camacho, A. 2013. Producción de plantas de cacao en vivero. Lutheran World Relief. 1º ed. Managua, Nicaragua, SIMAS. 48 p.
- Barrientos, P. 2015. La cadena de valor del cacao en el Perú y su oportunidad en el mercado mundial. Universidad de Medellín. Semestre Económico, Medellín, Colombia. Vol 18, No. 37, pp. 129-156.
- Batista, L. 2009. Guía Técnica el Cultivo de Cacao en la República Dominicana. Santo Domingo, República Dominicana. CEDAF, 2009. 250 p.
- Benito, A. 1992. Tecnificación del cacao en la selva alta peruana. Fundación Para el Desarrollo del Agro (FUNDEAGRO). Lima. Perú. 13-40pp.
- Bennett, B. 2003. Out of the Amazon: *Theobroma cacao* enters the genomic era. *Trends in Plant Science* 8(12):561-563.
- Bettiol W. y Galvao, J. 1998. Controle de doenças de plantas com Biofertilizantes. Jaguariúna, SP. EMBRAPA-CNPMA. Circular Técnica 02. 22 p.
- Bordoli, J y Barbazan, M. 2010. Aplicación de fertilizantes “Curso de fertilidad de suelos 2010”, Universidad de la República Uruguay. Uruguay, 96 p.
- Carvajal, V.I. (2014), Evaluación de tres tipos de biofertilizantes líquidos foliares en dos dosis de aplicación en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la estación experimental de Sapecho – Alto Beni. Tesis para optar el grado de ingeniero agrónomo. Universidad Mayor San Andres. La Paz. Bolivia. 129 p.

- Comisión Nacional para el desarrollo y Vida sin Dragas (DEVIDA), 2014. Programa de nuevas alternativas – NAP - USAID, Boletín n° 20. 5 p.
- De La Cruz, M., Whitkus R, Gómez-Pompa A, Mota-Bravo, L. 1995. Origins of cacao cultivation. *Nature* 375:542 – 543.
- Dobermann, A y Fairhurst, T. 2000. Desórdenes nutricionales y manejo de nutrientes. INPOFOS Canadá. p 110.
- Domínguez, A. 1997. Tratado de fertilización. Barcelona, España: Mundi-Prensa. 56 p.
- Dostert, N., Roque, J., Cano, A., La Torre, M., Weigend, M. 2011. Hoja botánica: Cacao; *Theobroma cacao* L. 1° ed. Lima, Perú. D38/08-19, 20 p.
- Faleiro, G., Yamada, M., Lopes, V., Gelape Faleiro S., De Cássia, R., Costa, M., Carvalho, R., Figueiredo, R. 2002. Genetic similarity of *Theobroma cacao* L. accessions maintained in duplicate at the cacao research center germplasm collection based on RAPD markers. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 2(3):439-444.
- Fassbender H. W. Química de Suelos. 1980. San José, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, IICA. 398 p.
- García, F. 1991. Mejoramiento genético. Cultivo moderno del cacao del Perú Tingo María. Perú. 1–4 p.
- García, F. 2000. El cultivo del cacao en la Amazonía peruana. Ministerio de Agricultura. 15-26pp.
- García, F. 2007. Identificación de cultivares de cacao Universidad Nacional Agraria de la Selva Tingo María. 5-25pp.
- Hall, H., Yuncong, L., Comerford, N., Arévalo, E., Zuniga, L., Baligar, V., Popenoe, H. 2010. Cover crops alter phosphorus soil fractions and organic matter accumulation in a Peruvian cacao agroforestry system. *Agroforestry Systems* 80(3):447-455
- Horrigan, L., R.S. Lawrence, And P. Walker. 2002. How sustainable agriculture can address the environmental and human health harms of industrial agriculture. *Environmental Health Perspectives* 110: 445-456.

- INFOREGION. 2011. Cacao de Piura obtuvo el primer lugar en el V Concurso Nacional (video) [En línea]: INFOREGIÓN (<http://www.inforegion.pe/portada/107931/cacao-de-piura-obtuvo-el-primerlugar-en-el-v-concurso-nacional-video/>, setiembre del 2017)
- International Plant Nutrition Institute (IPNI), 2018, Fuente de nutrientes específicas (Fosfato diamónico), Boletín N° 17, Quito – Ecuador, 1 p.
- Johansson, J.F., Paul, L. R., Finlay, R. D. 2004. Microbial interactions in the mycorrhizosphere and their significance for sustainable agriculture. FEMS Microbiology Ecology 48: 1-13 439.
- Marty, B. 1984. Microbiology of anaerobic digestion. pp. 72-85. In: A.M. Bruce, A. Kouzeli-Katsiri y P.J. Newman. Anaerobic digestion of sewage sludge and organic agricultural wastes. Elsevier. New York.
- Maynard, D.N.; Barker, D.N.; Minotti, P.L.; Peck, N.H. 1976. Nitrate accumulation in vegetables. Advances in Agronomy. 1: 71-118.
- Merrill, R., Hoberecht, K., Mckee, J. 1998. Organic teas for compost and manure. In: Organic Farming Research Foundation. (www.ofrf.org)
- Merrill, R.; Hoberecht, K.; Mckee, J. 1998. Organic Teas for Compost and Manure. In: Organic Farming Research Foundation. www.ofrf.org.
- Ministerio de Agricultura (MINAG). 2007. Condiciones agroclimáticas del cultivo del cacao. Boletín informativo N° 13. [En línea]: MINAG, (http://www.minag.gob.pe/portal/download/pdf/bibliotecavirtual/estadosfenologicos/cacao_condiciones_agroclimaticas.pdf, documento, marzo del 2017).
- Ministerio de Agricultura (MINAG). 2012. Manejo técnico del cultivo de cacao blanco. Ministerio de Agricultura. 15-30pp.
- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). 2013. Gerencia de agronegocios. Ministerio de Agricultura y Riego Lima. Perú.
- Morales, O., Borda, A., Argandoña, A., Farach, R., Garcia, L., Garcia, L., Garcia, K. 2015. La Alianza Cacao Perú y la cadena productiva del cacao fino de aroma. 1° ed. Lima, Perú, Universidad ESAN. 182 p.

- Motamayor, C., Risterucci, M., Heath, M., Lanaud, C. 2003. Cacao domestication II: Progenitor germplasm of the Trinitario cacao cultivar. *Heredity* (2003), 91(3), 322-330.
- Navarro, M., Mendoza, I. 2009. Cultivo del Cacao en Sistemas Agroforestales. Guía Técnica para Promotores. Programa para el Desarrollo Rural Sostenible en el Municipio de El Castillo, PRODESOC Río San Juan. IPADE, Managua, Nicaragua. 70 p.
- Ndukwu, C., Ogunlowo, S., Olukunle, J. 2010. Cocoa Bean (*Theobroma cacao* L.) Drying Kinetics. *Chilean journal of agricultural research* 70(4):633-639.
- Ogata, N. 2007. El cacao. CONABIO. *Biodiversitas* 72:1-5
- Orozco G.G., Muñoz F. H.J., Villaseñor R.F.J., Rueda S.A., Sigala R.J.A. Y Prieto R.J.A. 2010. Diagnóstico de calidad de planta en los viveros forestales del estado de Colima. Folleto Técnico Núm.
- Paredes, M. 2003. Manual de cultivo de cacao. Programa para el desarrollo de la Amazonía, Ministerio de Agricultura. Lima. Perú. 100 p.
- Pina, J. 2008. Propagación de plantas. Editorial de la UPV. 415pp.
- Quiroz, J., Agama, J. 2006. Programa de capacitación en la cadena de cacao. Módulo Producción. Quito, Ecuador.
- Raspeño, N., Cuniolo, M. 1996. Compost lombrices. *Lombricultura*. Revista Procampo. Madrid, España. 27 p.
- Rimache, M. 2008. Cultivo del cacao. Empresa Editora Macro. Perú. 43-48pp.
- Rodríguez-Trejo, D. A. 2008. Indicadores de planta forestal. Ed. Mundi- Prensa. México, D.F., México. pp. 13-17.
- Rosas, M. 2003. Agricultura orgánica práctica: Alternativas tecnológicas para la agricultura del futuro. Bogotá, Colombia; ICA. 286 p.
- Rufino, L. 2008. Fortalecimiento de la cadena productiva de cacao, en las provincias de San Ignacio, Jaén y Celendín. Expediente técnico. Cajamarca.
- Santos R., 1994. Qualidade de Alface Cultivada com Composto Orgânico. *Hort. Bras.*12(1).
- Soubes, M. 1994. Biotecnología de la digestión anaerobia. pp. 136-148. In: III Taller y Seminario Latinoamericano “Tratamiento de Aguas Residuales”. Montevideo, Uruguay.

- Suárez, A. 2005. Aromáticas y medicinales. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. [En línea]: INTA, <http://www.inta.gov.ar/manfredi/info/boletines/extension/villadolores/an1n3oregano.htm> documento, marzo del 2021).
- Tarigo, A., Repetto, C., Acosta, D. 2004. Evaluación agronómica de biofertilizantes en la producción de lechuga (*Lactuca sativa*) a campo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 169 p.
- Thompson, B. 1985. Seedling morphological evaluation. What can you tell by looking? In: Evaluating seedling quality: principles, procedures and predictive abilities of mayor test. Forest Research Lab. Oregon University Corvallis. 59-69.
- Trinidad, S.A., Manjarrez, D.A. 2000. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. TERRA. 17 (3) : 246 – 256.
- Vairo Dos Santos C. 1992. Biofertilizante Líquido: o Defensivo Agrícola da Natureza. Niteroi: EMATER- RÍO 16P. Agropecuaria Fluminense, 8p.
- Valencia, G. 2005. Fisiología, nutrición y fertilización del cafeto. Consultor privado. Colombia. 10 p.
- Valverde, F.; Córdova, J.; Parra, R. 1998. Fertilización del cultivo de la papa. [En línea:] CIPOTATO, (cipotato.org/región-quito/información/inventario-de-tecnologia/manualfertilizacion_bajo.pdf). Documento del el 13 /06 /2021).
- Whitkus, R., De La Cruz, M., Mota, L., Gomez, A. 1998. Genetic diversity and relationships of cacao (*Theobroma cacao* L.) in southern Mexico. Theor Appl Genet 96:621-627.
- Wood, R. 1982. Cacao. Editorial continental S.A., México. 363 p.
- YARA. 2019. Nutrición vegetal, herramientas y servicios. En línea (<https://www.yara.com.pe/nutricion-vegetal/herramientas-y-servicios/yara-checkit/>, 2 de enero del 2021).

ANEXOS

Anexo 1. Datos generales

Tabla 19. Datos originales de altura de planta (cm) cada 15 días

Tiempo (Días)	Altura de planta									Prom.
	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	
15	15.98	17.71	17.98	18.29	18.03	17.96	18.58	18.21	19.24	18.00
30	17.12	19.63	20.26	20.53	22.88	19.16	18.68	19.13	19.72	19.68
45	18.62	20.34	20.79	20.97	22.78	19.64	18.95	19.87	20.32	20.25
60	19.54	22.77	23.43	23.55	23.73	22.22	21.98	24.16	24.82	22.91
75	21.70	25.65	25.78	26.05	25.95	24.10	24.14	28.51	30.99	25.87
90	22.71	26.96	26.26	26.87	26.06	23.96	24.80	30.11	35.55	27.03
105	28.26	31.95	29.40	30.80	29.43	26.84	28.47	33.85	43.11	31.35
120	29.03	33.01	30.58	32.04	30.91	28.56	29.07	34.80	45.99	32.66
135	30.94	33.52	31.02	32.34	30.62	28.49	30.17	36.15	47.89	33.46

Tabla 20. Datos originales de diámetro de planta (mm) cada 15 días

Tiempo (Días)	Diámetro de planta									Prom.
	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	
15	3.05	3.29	3.41	3.40	3.35	3.25	3.32	3.26	3.30	3.29
30	3.65	3.66	3.63	3.78	3.70	3.64	3.40	3.50	3.52	3.61
45	3.94	4.53	4.38	4.42	4.35	4.10	4.11	4.37	4.41	4.29
60	4.54	5.26	5.02	5.34	5.17	5.00	4.86	5.23	5.29	5.08
75	4.86	5.73	5.63	6.06	5.88	5.85	5.77	6.23	6.28	5.81
90	6.48	6.78	6.20	6.77	6.43	6.37	6.48	6.99	6.96	6.61
105	6.48	7.49	7.04	7.76	7.28	7.06	7.26	7.92	8.16	7.38
120	7.39	8.48	7.87	8.46	8.10	7.97	8.01	9.46	9.68	8.38
135	8.43	9.45	8.73	10.30	8.72	8.52	9.09	10.07	11.36	9.41

Tabla 21. Datos originales de altura de planta (cm) a los 135 días

Repeticiones	Tratamientos									Prom.
	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	
R1	34.35	34.54	32.17	32.58	32.38	30.13	31.63	38.02	43.85	34.41
R2	26.98	33.65	31.23	26.98	33.04	29.06	29.92	34.38	54.41	33.29
R3	35.50	32.33	30.85	34.29	27.67	26.88	29.65	35.92	45.21	33.14
R4	26.94	33.56	29.83	35.51	29.38	27.88	29.46	36.29	48.10	32.99
Prom	30.94	33.52	31.02	32.34	30.62	28.49	30.17	36.15	47.89	133.84

Tabla 22. Datos originales de diámetro (mm) de planta a los 135 días

Repeticiones	Tratamientos									Prom.
	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	
R1	8.41	9.03	8.57	9.07	8.99	8.71	9.73	9.83	11.28	9.29
R2	8.70	10.27	8.91	8.91	9.32	8.71	8.65	10.57	11.81	9.54
R3	8.59	8.98	8.77	9.13	7.91	7.88	8.94	9.70	10.94	8.98
R4	8.02	9.52	8.65	14.08	8.67	8.76	9.05	10.19	11.42	9.82
Prom	8.43	9.45	8.73	10.30	8.72	8.52	9.09	10.07	11.36	37.63

Tabla 23. Datos originales de peso fresco aéreo (g) de planta a los 135 días

Repeticiones	Tratamientos									Prom.
	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	
R1	35.67	33.67	31.67	42.08	39.08	44.83	38.83	39.17	77.67	42.52
R2	35.42	33.33	32.08	41.83	39.00	44.92	38.92	39.58	77.58	42.52
R3	35.83	33.75	31.58	42.50	39.08	45.00	39.08	39.00	77.92	42.64
R4	35.42	33.42	31.50	41.50	39.17	44.67	38.75	38.83	78.00	42.36
R5	35.58	33.17	32.00	42.00	39.25	44.83	39.17	39.58	77.92	42.61
R6	35.75	32.92	31.83	42.42	39.00	45.00	39.00	39.33	77.50	42.53
R7	35.83	34.00	31.58	41.67	39.33	45.08	38.83	39.08	77.33	42.53
R8	35.42	34.08	32.17	41.75	38.83	44.58	39.08	39.00	77.92	42.54
R9	35.33	34.00	30.83	42.83	39.25	44.58	38.50	39.25	77.67	42.47
R10	36.00	34.08	31.92	42.50	39.17	44.92	38.75	39.17	77.42	42.66
R11	36.25	33.92	31.42	41.83	39.08	44.92	38.58	39.00	77.25	42.47
R12	35.50	33.67	31.42	42.08	38.75	44.67	38.50	39.08	77.83	42.39
Prom	35.67	33.67	31.67	42.08	39.08	44.83	38.83	39.17	77.67	510.23

Tabla 24. Datos originales de peso fresco radicular (g) de planta a los 135 días

Repeticiones	Tratamientos									Prom.
	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	
R1	26.42	27.75	26.92	27.75	27.50	32.92	27.25	40.42	45.17	31.34
R2	26.58	27.50	26.67	27.67	27.08	33.08	27.58	40.67	45.58	31.38
R3	26.25	27.42	27.25	27.92	27.58	32.75	27.42	39.92	45.00	31.28
R4	26.50	28.17	26.58	27.92	27.67	33.00	27.17	41.00	44.92	31.44
R5	26.67	27.92	27.75	28.08	27.42	33.00	27.17	40.08	45.42	31.50
R6	26.58	27.83	26.58	27.83	27.25	32.83	27.67	40.33	45.67	31.40
R7	26.25	27.67	26.75	27.67	27.83	32.67	26.58	41.00	45.00	31.27
R8	26.17	27.33	27.42	27.33	27.67	32.83	27.58	40.83	44.75	31.32

R9	26.33	27.33	26.75	27.42	27.33	33.00	27.25	40.00	45.08	31.17
R10	26.83	28.00	26.67	28.00	27.58	32.67	27.42	40.17	45.17	31.39
R11	26.17	27.83	26.75	27.83	27.50	32.50	27.08	39.83	45.75	31.25
R12	26.33	28.25	26.92	27.58	27.58	33.75	26.83	40.83	44.58	31.41
Prom	26.42	27.75	26.92	27.75	27.50	32.92	27.25	40.42	45.17	376.14

Tabla 25. Datos originales de peso seco aéreo (g) a los 135 días

Repeticiones	Tratamientos									Prom.
	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	
R1	10.49	10.99	10.40	15.32	12.58	12.42	13.07	15.33	26.58	14.13
R2	10.30	10.89	10.43	15.35	12.41	12.59	13.19	15.35	26.76	14.14
R3	10.58	10.99	10.30	15.47	12.95	12.51	12.98	15.30	26.46	14.17
R4	10.49	10.94	10.41	15.22	12.72	12.11	12.75	15.49	26.52	14.07
R5	10.39	11.01	10.30	15.29	12.74	12.02	13.09	15.61	26.50	14.11
R6	10.58	11.09	10.43	15.41	12.28	12.64	13.01	15.59	26.76	14.20
R7	10.46	10.91	10.56	15.33	12.74	12.45	12.88	15.06	26.53	14.10
R8	10.40	11.10	10.43	15.20	12.36	12.73	13.15	15.01	26.70	14.12
R9	10.57	11.08	10.30	15.49	12.47	12.52	13.07	15.17	26.39	14.12
R10	10.48	10.93	10.41	15.39	12.52	12.45	13.20	15.17	26.47	14.11
R11	10.49	11.01	10.44	15.31	12.63	12.34	13.30	15.41	26.59	14.17
R12	10.63	10.98	10.40	15.07	12.57	12.26	13.16	15.43	26.67	14.13
Prom	10.49	10.99	10.40	15.32	12.58	12.42	13.07	15.33	26.58	169.57

Tabla 26. Datos originales de peso seco radicular (g) a los 135 días

Repeticiones	Tratamientos									Prom.
	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	
R1	7.33	8.75	8.67	10.75	9.58	9.75	9.92	10.50	16.25	10.17
R2	7.25	8.67	8.33	10.67	9.67	9.67	10.08	10.75	16.33	10.16
R3	7.58	8.92	8.50	10.92	9.50	9.92	10.00	10.42	16.17	10.21
R4	7.08	8.83	8.75	10.75	9.33	9.83	9.83	10.67	16.50	10.17
R5	7.17	9.00	8.58	10.67	9.67	9.58	9.75	10.50	16.00	10.10
R6	7.50	8.92	8.50	11.00	9.58	9.92	10.00	10.50	15.92	10.20
R7	7.25	8.29	8.67	10.58	9.75	9.75	9.67	10.83	16.42	10.13
R8	7.33	8.67	8.83	10.50	9.50	9.67	10.42	10.17	16.08	10.13
R9	7.58	8.83	8.25	10.67	9.67	9.92	10.50	10.58	16.50	10.28
R10	7.42	8.83	8.75	10.75	9.83	9.75	9.50	10.08	16.25	10.13
R11	7.33	8.75	9.00	10.92	9.50	9.58	9.58	10.58	16.08	10.15
R12	7.17	8.58	9.17	10.83	9.42	9.67	9.83	10.42	16.50	10.18
Prom	7.33	8.75	8.67	10.75	9.58	9.75	9.92	10.50	16.25	122.01

	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	
R1	109.28	97.15	109.27	133.35	105.98	95.36	118.36	127.36	195.36	121.27
R2	108.39	99.36	105.60	128.29	104.23	91.55	119.74	128.66	192.77	119.84
R3	110.81	94.88	102.44	131.45	111.64	97.64	115.95	128.51	198.46	121.31
R4	105.68	101.57	108.64	135.36	108.97	92.14	119.27	130.55	190.04	121.36
R5	106.98	100.64	107.36	132.71	108.36	93.44	120.05	130.05	194.93	121.61
R6	110.83	99.13	102.55	132.58	102.55	91.58	118.68	125.99	195.36	119.92
R7	111.52	97.45	106.24	133.47	106.76	99.46	117.82	125.77	197.12	121.73
R8	112.96	96.38	107.12	135.66	107.12	92.03	118.32	131.54	198.77	122.21
R9	109.62	98.11	105.99	131.54	105.38	94.21	118.87	128.12	194.38	120.69
R10	108.47	98.08	106.78	130.88	104.22	92.45	119.34	128.47	195.66	120.48
R11	107.99	98.01	104.99	134.17	109.52	91.27	120.45	127.63	193.54	120.84
R12	108.88	97.46	107.87	133.11	106.42	90.11	119.64	129.44	192.78	120.63
Prom	109.28	98.19	106.24	132.71	106.76	93.44	118.87	128.51	194.93	1451.91

Anexo 2. Panel fotográfico



Figura 14. Vista del campo experimental.



Figura 15. Elaboración de los biofertilizantes a base de Microorganismos E.



Figura 16. Efecto de la biofertilización edáfica en el crecimiento y desarrollo de los plantones de cacao.



Figura 17. Efecto de la fertilización convencional en el crecimiento y desarrollo de los plantones de cacao.



Figura 18. Efecto de la biofertilización foliar en el crecimiento y desarrollo de los plantones de cacao.



Figura 19. Efecto de la biofertilización foliar frente a la fertilización convencional en el crecimiento y desarrollo de los plantones de cacao.

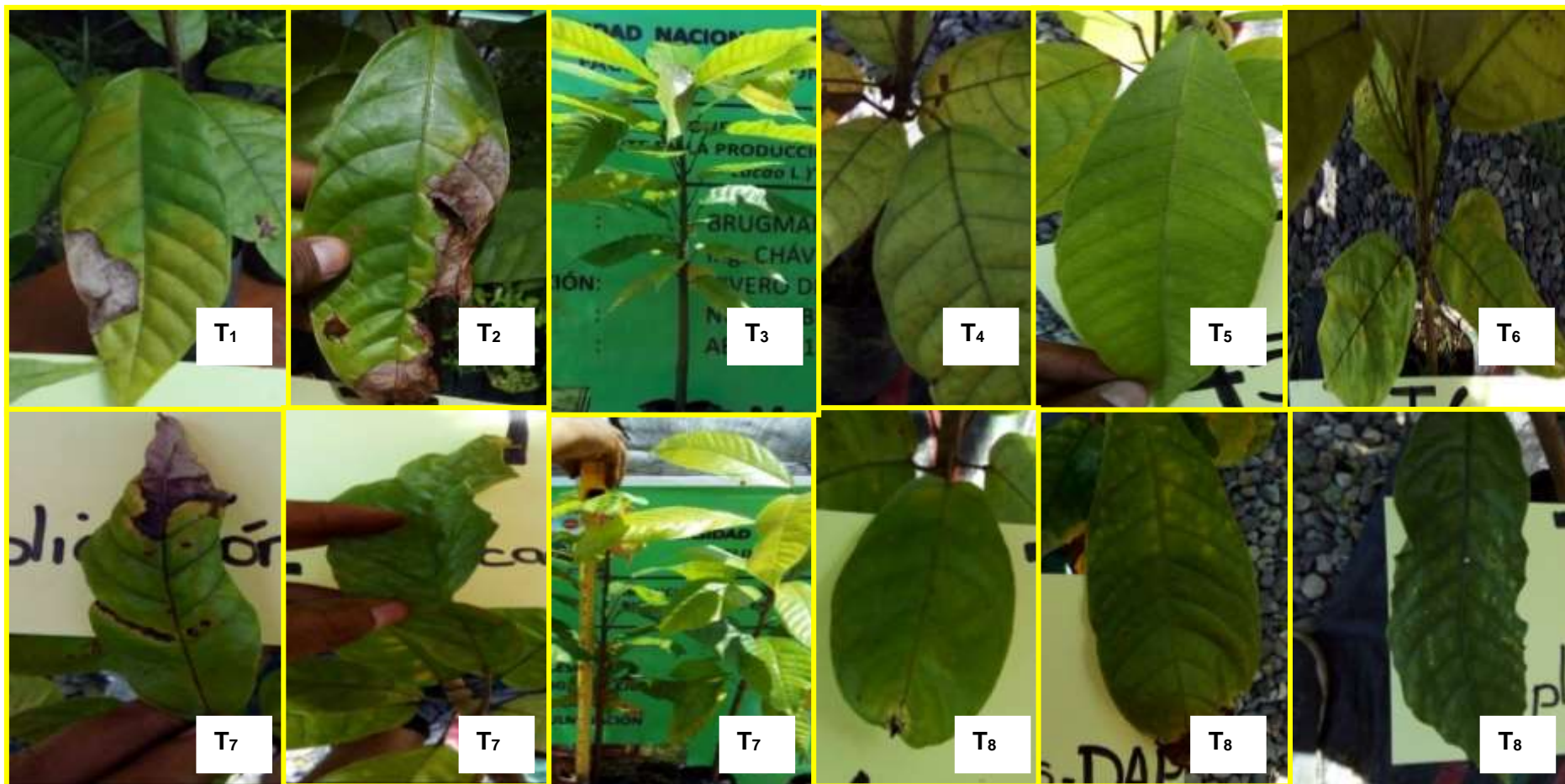


Figura 20. Deficiencias nutricionales: T₁ (Potasio), T₂ (Potasio), T₃ (Nitrógeno), T₄ (Nitrógeno), T₅ (Nitrógeno), T₆ (Nitrógeno), T₇ (Potasio, Zinc y Nitrógeno) y T₈ (Boro, Potasio y zinc).



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

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

Carretera Central Km 1.21 - Tingo Maria - Celular 941531359

analisisdesuelos@unase.edu.pe

ANALISIS ESPECIAL



SOLICITANTE		BRUGMAN DAVILA JUAN JOSÉ					PROCEDENCIA		TINGO MARIA									
DATOS DE LA MUESTRA		ANALISIS PROXIMAL					RESULTADOS EN BASE SECA											
Senecio collinus		Humedad Hd (%)	EN BASE HUMEDA		EN BASE SECA		PORCENTAJE (%)						PARTES POR MILLON (ppm)					
Código	Tipo		MATERIA SECA		Materia Organica (%)	Cenizas (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	Ca (%)	Mg (%)	K (%)	Na (%)	Cd ppm	Pb ppm	Cu ppm	Fe ppm	Zn ppm	Mn ppm
ME2019_0195	BIOFERTILIZANTE	98.11	0.77	1.12	40.67	59.33	3.10	0.50	1.59	1.93	15.72	3.69	16.64	15.64	9446	1764	11698	10885

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

TINGO MARIA, 25 DE JUNIO DEL 2019

RECIBO N° 0584014

VND: VALOR NO DETECTABLE



Ing. Luis G. Mancilla Minayo
JEFE



Figura 21. Análisis físico químico del biofertilizante utilizado.

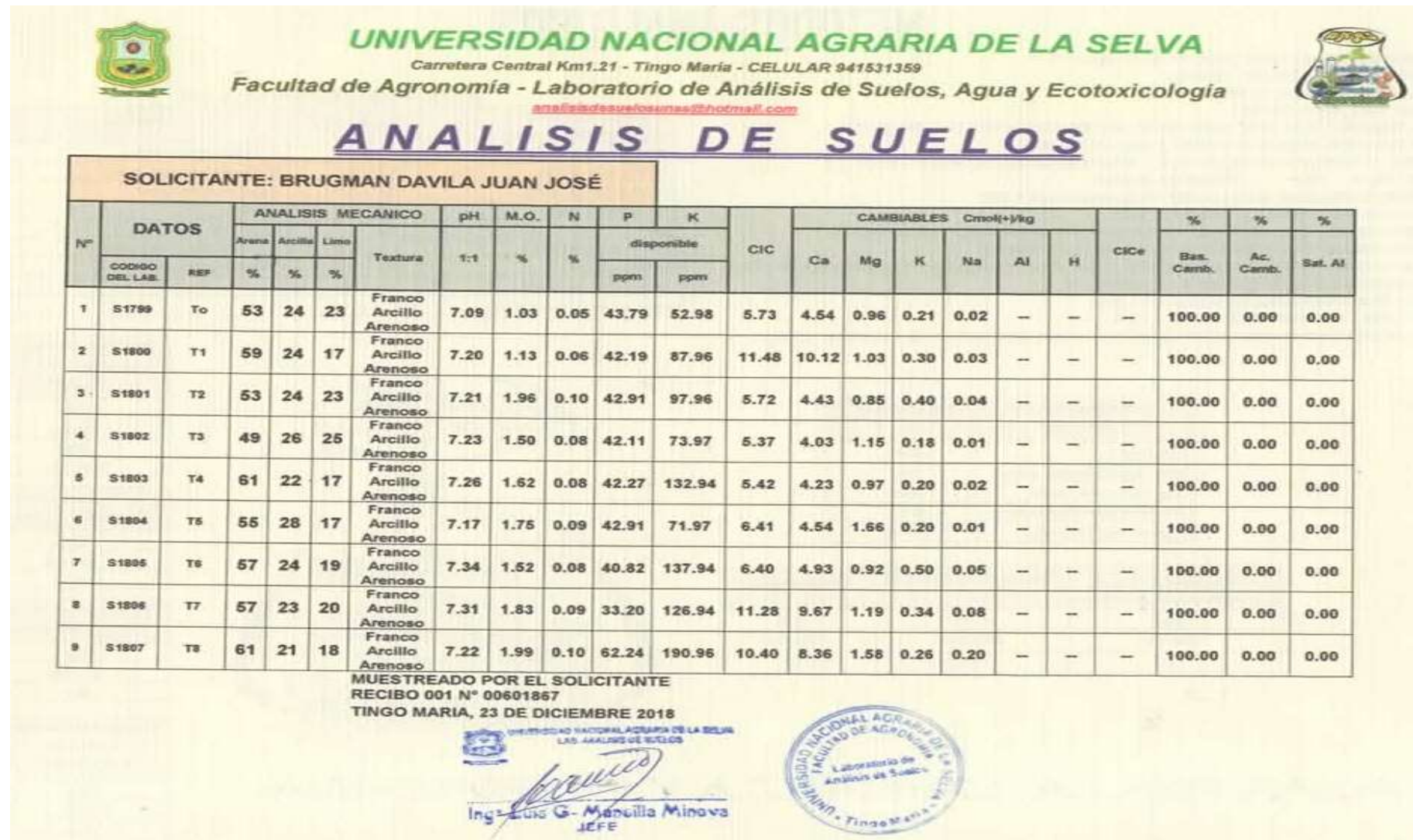


Figura 22. Análisis físico químico final de los tratamientos.

Tabla 30. Costo de producción del biofertilizante.

Insumos	Cantidad	Precios/unidad	Total
Timbo 1 (Activación de microorganismos eficientes)			
10 kilogramos de estiércol fresco de ganado.	10	0.5	5
5 kilogramos de melaza de caña.	5	2	10
5 litros de leche fresca de vaca o suero de leche	5	0.5	2.5
Levadura	10	0.5	5
mucilago de cacao	20	0.5	10
Polvillo de arroz	1	0.5	0.5
5 litros de microorganismos eficientes.	5	5	25
Timbo 2 (Sulfato de Potasio y Nitrógeno)			
10 kilogramos de estiércol fresco de ganado.	10	0.5	5
5 kilogramos de melaza de caña.	5	2	10
5 litros de leche fresca de vaca o suero de leche	5	0.5	2.5
5 litros de microorganismos eficientes.	5	1	5
Sulfato de potasio	1	2.4	2.4
Timbo 3 (Roca Fosfórica)			
10 kilogramos de estiércol fresco de ganado.	10	0.5	5
5 kilogramos de melaza de caña.	5	2	10
5 litros de leche fresca de vaca o suero de leche	5	0.5	2.5
5 litros de microorganismos eficientes.	5	1	5
1 kg Roca fosfórica	1	0.8	0.8
1 kg ulexita	1	3	3
Timbo 4 (Sulfato de Cobre y de zinc)			
10 kilogramos de estiércol fresco de ganado.	10	0.5	5
5 kilogramos de melaza de caña.	5	2	10
5 litros de leche fresca de vaca o suero de leche	5	3	15
5 litros de microorganismos eficientes.	5	1	5
1 kg sulfato de zinc	1	5	5
1 kg sulfato de cobre	1	14	14
Timbo 5 (Sulfato de Magnesio y Manganeseo)			
10 kilogramos de estiércol fresco de ganado.	10	0.5	5
5 kilogramos de melaza de caña.	5	2	10
5 litros de leche fresca de vaca o suero de leche	5	3	15
5 litros de microorganismos eficientes.	5	1	5
1 kg Sulfato de Magnesio	1	5	5
1 kg Sulfato de Manganeseo	1	5	5
Materiales			

Timbos	5	60	300
Válvulas	4	2	8
Manguera	4	0.5	2
Costo total			518.2
Litros de biofertilizante a producir			240
Costo soles / L de Biofertilizante (1 ra producción)			2.159
Costo soles / L de Biofertilizante (2 da producción)			0.626

Tabla 31. Costo de producción de los plantones de cacao por efecto del biofertilizante.

ACTIVIDADES	Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
1. Instalación del Vivero												
Germinación	Jomal	0.5	30.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Vivero	Jomal	3.0	30.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0
Preparación del sustrato	Jomal	2.0	30.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0
Embolsado	Jomal	4.0	30.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0
Acomodo de bolsas	Jomal	1.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
Siembra	Jomal	0.5	30.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Construcción de tinglado	Jomal	2.0	30.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0
2. Manejo del vivero												
Riego	Jomal	1.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
Control de malezas	Jomal	2.0	30.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0
Aplicación insecticidas	Jomal	2.5	30.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0
Aplicación biofertilizantes	Jomal	3.0	30.0	0.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	0.0	0.0
Fertilización	Jomal	1.0	30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	30.0
Control de enfermedades	Jomal	2.5	30.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0
3. Insumos												
Semilla	kg	5.0	15.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0
Cipermetrina	L	0.3	90.0	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5
Compost	Kg	282.3	0.5	0.0	141.1	141.1	141.1	141.1	141.1	141.1	141.1	141.1
Tierra	Kg	2283.7	0.05	0.0	102.8	102.8	102.8	102.8	102.8	102.8	102.8	102.8
Parachupadera	kg	0.3	100.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
Suelo franco	Kg	2500.0	0.05	112.5								
250 ml de bio. /20 L - vía suelo	L	4.4	0.6		2.7							
250 ml de bio. /20 L - vía foliar	L	4.4	0.6			2.7						
500 ml de bio. /20 L - vía suelo	L	8.7	0.6				5.4					
500 ml de bio. /20 L- vía foliar	L	8.7	0.6					5.4				
750 ml de bio. /20 L - vía suelo	L	13.1	0.6						8.2			

750 ml de bio. /20 L - vía foliar	L	13.1	0.6									8.2
01 aplicación de 2 g de fosfato diamónico/planta	kg	2.2	2.0									4.4
02 aplicaciones de 2 g de fosfato diamónico/planta c/u	kg	4.4	2.0									8.8
Costo de aplicación				0.0	92.7	92.7	95.4	95.4	98.2	98.2	19.4	38.8
Costo de mantenimiento				790.0	921.4	921.4	921.4	921.4	921.4	921.4	921.4	921.4
TOTAL				790.0	1014.1	1014.1	1016.8	1016.8	1019.6	1019.6	940.8	960.2

Tabla 32. Cantidad de elemento incorporado según dosis de biofertilizante y fosfato diamónico utilizado.

Elementos	Base seca (%)	250 ml de BF (gramos elemento)		500 ml de BF (gramos elemento)		750 ml de BF (gramos elemento)		Fosfato Diamónico (2 g)	
		g/ aplicación	g/6 aplicaciones	g/ aplicación	g/6 aplicaciones	g/ aplicación	g/6 aplicaciones	gramos/ aplicación	g/2 aplicaciones
N %	3.100	0.146	0.87885	0.293	1.7577	0.439	2.63655		
P ₂ O ₅ %	0.500	0.024	0.14175	0.047	0.2835	0.071	0.42525		
Ca %	1.590	0.075	0.450765	0.150	0.90153	0.225	1.352295	-	-
Mg%	1.930	0.091	0.547155	0.182	1.09431	0.274	1.641465	-	-
K%	15.720	0.743	4.45662	1.486	8.91324	2.228	13.36986	-	-
Na%	3.690	0.174	1.046115	0.349	2.09223	0.523	3.138345	-	-
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm		
Cd ppm	16.640	0.079	0.471744	0.157	0.943488	0.236	1.415232	-	-
Pb ppm	15.640	0.074	0.443394	0.148	0.886788	0.222	1.330182	-	-
Fe ppm	9446.000	44.632	267.7941	89.265	535.5882	133.897	803.3823	-	-
Zn ppm	1764.000	8.335	50.0094	16.670	100.0188	25.005	150.0282	-	-
Mn ppm	11698.000	55.273	331.6383	110.546	663.2766	165.819	994.9149	-	-