

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Departamento Académico de Ciencias Agrarias



**EFFECTO DEL BIOFERMENTO DEL ESTIÉRCOL DE VACUNO EN
EL CRECIMIENTO DE PLANTONES DE CACAO (*Theobroma
cacao* L.)**

TESIS

Para optar el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

PEDRO LUDGER VÁSQUEZ HIDALGO

Tingo María – Perú

2018



CARGO

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE AGRONOMÍA



Av. Universitaria Km 1.5 Telf. (062) 562341 (062) 561136 Fax. (062) 561156 E.mail: fagro@unas.edu.pe.

"Año del dialogo y la Reconciliación Nacional"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Nº 001-2018-FA-UNAS

BACHILLER : **VASQUEZ HIDALGO, PEDRO LUDGER**

TÍTULO : "EFECTO DEL BIOFERMENTO DEL ESTIERCOL DE VACUNO EN EL CRECIMIENTO DE PLANTONES DE CACAO (*Theobroma cacao*. L.) EN VIVERO."

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
 VOCAL : ING. M.SC. JORGE LUIS ADRIAZOLA DEL ÁGUILA
 VOCAL : Ing. JAIME JOSSEPH CHÁVEZ MATÍAS

ASESOR : DR. JOSÉ WILFREDO ZAVALA SOLÓRZANO

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 10 DE ENERO DE 2018

HORA DE SUSTENTACIÓN : 10:00 A.M.

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

CALIFICATIVO : BUENO

RESULTADO : APROBADO

OBSERVACIONES A LA TESIS : EN HOJA ADJUNTA

TINGO MARÍA, 10 DE ENERO DE 2018.

.....
 Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
 PRESIDENTE

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

.....
 Ing. JAIME JOSSEPH CHÁVEZ MATÍAS
 VOCAL

.....
 Dr. JOSÉ WILFREDO ZAVALA SOLÓRZANO
 ASESOR



.....
 AS246605

.....
 DNI-45216605
 22/01/18

DEDICATORIA

A Dios, se celestial por estar siempre en mi camino y me permita realizarme profesionalmente y, su presencia me acompaña a donde quiera que vaya.

A mis queridos padres, Celestino Vásquez Panduro y Kelly Hidalgo Ríos, que con su esfuerzo y ejemplo me apoyaron en toda mi formación académica e impulsarme el deseo constante de verme realizado como profesionalmente.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva y a todo el personal que la conforman, por su apoyo y confianza, en especial a los docentes de la Facultad de Agronomía que contribuyeron en mi formación profesional.
- A los miembros del jurado de tesis Dr. Huamaní Yupanqui Hugo Alfredo, Ing. M. Sc. Adriaola del Águila Jorge y al Ing. Chávez Matías Jaime Josseph, por su valiosa colaboración en el desarrollo del presente trabajo de investigación.
- Al Dr. Zavala Solórzano José Wilfredo, asesor de la presente tesis, por su apoyo en la elaboración, ejecución, culminación y corrección de la investigación científica.
- A mis queridos padres por su apoyo moral y económico que hicieron durante todo el desarrollo del trabajo de investigación.
- A mis compañeros de estudios Cieza Rodríguez Roly, Tolentino Duran Yuler y Larico Mamani Kenny Engels, por su apoyo incondicional en la ejecución del trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	12
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	14
2.1. Generalidades sobre el cacao.....	14
2.2. Vivero de cacao.....	14
2.3. Biofertilizante.....	16
2.3.1. Preparación del biofermento en un biodigestor.....	20
2.3.2. Ventajas del uso del biol.....	23
2.3.3. Uso del bioabono.....	24
2.4. Rentabilidad.....	25
2.5. Ensayos experimentales realizados en biofermentos.....	26
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
3.1. Campo experimental.....	27
3.1.1. Ubicación.....	27
3.1.2. Análisis físico – químico del suelo utilizado como sustrato.....	27
3.2. Componentes en estudio.....	29
3.3. Tratamientos en estudio.....	29
3.4. Diseño experimental.....	30

3.5.	Características del campo experimental	31
3.5.1.	Tratamientos	31
3.5.2.	Parcelas.....	31
3.5.3.	Campo experimental	31
3.6.	Ejecución del experimento.....	32
3.6.1.	Preparación del sustrato	32
3.6.2.	Llenado y ubicación de las bolsas en el vivero.....	32
3.6.3.	Obtención y pre germinado de la semilla.....	32
3.6.4.	Siembra de las semillas en las bolsas.....	33
3.6.5.	Riego y sombra a los plántones.....	33
3.6.6.	Control de malezas.....	33
3.7.	Características evaluadas.....	34
3.7.1.	Altura del plantón.....	34
3.7.2.	Diámetro de tallo.....	34
3.7.3.	Número de hojas	34
3.7.4.	Área foliar	34
3.7.5.	Longitud del sistema radicular.....	35
3.7.6.	Volumen del sistema radicular	35
3.7.7.	Peso fresco y seco	35
3.7.8.	Contenido de humedad de los sustratos.....	35
3.7.9.	Diagnóstico visual de las hojas	35

3.7.10.	Análisis químico de los tratamientos	36
3.7.11.	Análisis foliar	36
3.7.12.	Análisis de beneficio y costo (B/C)	36
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1.	Características biométricas del plantón de cacao	37
4.1.1.	Altura del plantón de cacao	37
4.1.2.	Diámetro de tallo.....	42
4.1.3.	Número de hojas	45
4.1.4.	Área foliar	48
4.1.5.	Longitud y volumen del sistema radicular	51
4.1.6.	Peso fresco y seco de los plantones de cacao.....	55
4.2.	Contenido de humedad de los sustratos	60
4.3.	Diagnostico visual de los plantones de cacao y análisis foliar ..	64
4.4.	Análisis químico del sustrato al final del experimento.....	70
4.5.	Análisis de beneficio/costo (B/C).....	79
V.	CONCLUSIONES	81
VI.	RECOMENDACIONES	83
VII.	RESUMEN	84
VIII.	ABSTRACT	85
IX.	BIBLIOGRAFÍA	86
X.	ANEXO	96

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
1. Contenido de nutrientes de purines producidos de cerdos y vacas en los andes ecuatoriales.	19
2. Análisis físico - químico del suelo experimental.	28
3. Análisis químico del Biosol.	29
4. Descripción de los tratamientos en estudio.	30
5. Modelo del análisis de variancia de DCA.	31
6. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la altura de los plantones de cacao a los 120 días después de la siembra en fase de vivero.	37
7. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el diámetro de tallo del plantón de cacao a los 120 días después de la siembra en fase de vivero.....	43
8. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el número de hojas por plantón de cacao a los 120 días después de la siembra en la fase de vivero.	46
9. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el área foliar de la plantón de cacao a los 120 días después de la siembra en la fase de vivero.	49
10. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la longitud de raíz de la planta de cacao a los 120 días después de la siembra en la fase de vivero.	52
11. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el volumen radicular de la planta de cacao a los 120 días después de la siembra en la fase de vivero... ..	54
12. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para peso fresco y seco de la planta de cacao a los 120 días después de la siembra en la fase de vivero.	56

13. Análisis foliar de los plantones de cacao y rangos de comparación de los tratamientos en estudio por el método de analysis handbook II (1996).	67
14. Análisis químico de los sustratos al final del experimento.	71
15. Análisis de beneficio y costo de los tratamientos en estudio.	80
16. Análisis de variancia para la altura del plantón a los 120 dds.	97
17. Análisis de variancia para el diámetro de tallo a los 120 dds.	97
18. Análisis de variancia para el número de hojas a los 120 dds.	97
19. Análisis de variancia para el área foliar a los 120 dds.	98
20. Análisis de variancia para la longitud radicular a los 120 dds.	98
21. Análisis de variancia para el volumen radicular a los 120 dds.	98
22. Análisis de variancia para el peso fresco del plantón de cacao.	99
23. Análisis de variancia para el peso seco del plantón de cacao.	99

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1. Tasa de crecimiento del plantón del cacao desde la siembra hasta los 120 días después de la siembra.	38
2. Represión del porcentaje de nitrógeno del sustrato final (X) y altura del plantón (Y) a los 120 días después de la siembra.	41
3. Comportamiento del diámetro de tallo del plantón de cacao desde los 30 hasta los 120 días después de la siembra.....	45
4. Emisión del número de hojas por plantón de cacao desde la siembra hasta los 120 días después de la siembra.....	47
5. Regresión de las variables porcentaje de nitrógeno del sustrato final (X) y área foliar del plantón (Y) a los 120 días después de la siembra.....	50
6. Regresión del porcentaje de Biosol (X) y longitud radicular del plantón (Y) los 120 días después de la siembra.....	53
7. Peso fresco y seco de los tratamientos en estudio.....	56
8. Regresión del porcentaje de Biosol y peso fresco del plantón	57
9. Regresión del porcentaje de Biosol y peso seco del plantón.....	58
10. Regresión de las variables porcentaje de nitrógeno del sustrato final (X) y peso seco del plantón (Y) a los 120 días después de la siembra.....	59
11. Porcentaje de humedad del sustrato de los tratamientos en estudio....	60
12. Regresión de las variables porcentaje de humedad (X) y porcentaje de nitrógeno (Y) de los sustratos de los tratamientos en estudio.	61

13. Regresión de las variables porcentaje de Biosol del sustrato final (X) y porcentaje de humedad de los sustratos (Y).	64
14. Diagnóstico visual del plantón de cacao por tratamiento en estudio a los 120 días después de la siembra en fase de vivero.	65
15. Contenido de hierro en las hojas de los plantones de cacao.....	68
16. Contenido de nitrógeno en las hojas de los plantones de cacao.....	68
17. pH de los sustratos de los tratamientos en estudio.	72
18. Fósforo de los sustratos de los tratamientos en estudio.....	73
19. Regresión polinómica de entre las variables pH y porcentaje de N en el sustrato.....	74
20. Materia orgánica y nitrógeno de los sustratos de los tratamientos en estudio.....	75
21. Regresión lineal entre las variables porcentaje de Biosol y contenido de potasio en el sustrato final.	78
22. Regresión lineal entre las variables porcentaje de Biosol y contenido de Ca y Mg en el sustrato final.	78
23. Preparación del biofermento.....	99
24. Preparación del sustrato.....	100
25. Mezcla del sustrato con el Biosol.....	100
26. Distribución de las bolsas.....	101
27. Germinación de las semillas de cacao.	101
28. Siembra de las semillas de cacao.	102
29. Evaluación de la altura del plantón de cacao.	102
30. Evaluación del diámetro del plantón de cacao.	103

31. Hojas cloríticas del tratamiento T4.....	103
32. Análisis físico – químico del suelo experimental.....	104
33. Análisis químico del Biosol.	105
34. Análisis foliar de los plantones de cacao de los tratamientos en estudio.....	106
35. Análisis físico – química del sustrato de los tratamientos en estudio. ..	107

I. INTRODUCCIÓN

El uso excesivo de fertilizantes sintéticos en la agricultura, está teniendo sus consecuencias negativas como degradación de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo; razón por el cual, estos cambios negativos nos induce a hacer un cambio a una agricultura ecológica y sostenible, con el uso de recursos y elementos orgánicos disponibles localmente; estos residuos naturales que se pueden usar como fuente de materia orgánica, ya que su aplicación a estos, puede mejorar o dar equilibrio sus propiedades ya mencionadas.

Asimismo, una de las actividades de importancia en las zonas cacaoteras, es la obtención de plántones de cacao en vivero; por eso, con el fin de establecer plantaciones buenas de cacao, es necesario obtener plántones de calidad para así asegurar buena productividad y esto, se logra con un adecuado manejo de los plántones en el vivero, como la utilización de un sustrato con alto contenido de nutrientes y complementadas con fuentes de abonos provenientes de restos orgánicos, como el biofermento de estiércol de ganado (Biosol).

Por eso, la aplicación de abonos orgánicos o del biofermento del estiércol de ganado vacuno en el crecimiento de plántones de cacao en fase de vivero, puede ser una alternativa en la agricultura sostenible, ya que estos biofermentos poseen un alto contenido de materia orgánica y entre otros componentes, que influyen en mejorar la calidad nutricional del sustrato. El contenido de materia orgánica es el factor más contribuyente en la fertilidad del suelo, ya que es una de las fuentes de nutrientes para la planta y alimento para los microorganismos en el suelo encargados de airear, mantener su porosidad, facilitar la penetración del agua y mantener la humedad. Aunque el biofermento presente componentes

óptimos para mejorar la calidad nutricional de un sustrato, es importante saber de la cantidad idónea a aplicar, para evitar una intoxicación de los plantones por el exceso de sales, sustancias húmicas u otra razón negativa que se puede dar por el exceso y déficit del biofermento en el sustrato.

Por eso, es necesario investigar el efecto de la aplicación del biofermento de estiércol de ganado (Biosol) a diferentes concentraciones al sustrato, en la producción de plantones de cacao en fase de vivero en Tingo María, ya que es posible que una concentración mayor al 10 % y menor a un 50% del biofermento en el sustrato, puede generar plantones de cacao de buena calidad; basándonos en esta hipótesis, nos planteamos los siguientes objetivos:

Objetivo general

1. Evaluar el efecto del biofermento de estiércol de vacuno en el crecimiento de plantones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en fase de vivero.

Objetivos específicos

1. Determinar que tratamiento del biofermento de estiércol de vacuno, causa mejor efecto en las características biométricas de los plantones de cacao.
2. Determinar el nivel de fertilidad del sustrato inicial, después de la aplicación del biofermento en sus diferentes niveles.
3. Determinar la relación de beneficio costos (B/C) de los tratamientos en estudio.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades sobre el cacao

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una especie umbrófila, ya que requiere de protección de otras plantas como sombra para su normal desarrollo en vivero o campo (SANCHEZ, 2006); asimismo, es considerado como una planta leñosa, alógama y que difícilmente soporta el trasplante a raíz desnuda (ADRIAZOLA, 2003); tiene un sistema radicular bastante desarrollado, con una raíz pivotante que puede alcanzar hasta 1.5 m o más; los suelos más apropiados y más adecuados para el cultivo de cacao, son los suelos aluviales, y los suelos francos (MINAG, 2000). La planta de cacao, crece en altitudes desde el nivel del mar, hasta más de 1400 msnm y se conduce en temperaturas que fluctúa entre 20 y 24 °C (SÁNCHEZ, 2006). Asimismo se desarrollan eficientemente en suelos cuando el pH se encuentra en el rango de 5.5 a 6.5 (PAREDES, 2003), ya que puede desarrollarse en suelos ácidos (pH igual a 5.0) o ligeramente ácidos (pH igual a 6.5) o neutros (pH igual a 7,0); los suelos deben tener un contenido adecuado de materia orgánica no menor a 3.0 % (ARVELO *et al.*, 2017).

2.2. Vivero de cacao

El vivero es el lugar donde se realiza la producción de plantones de cacao, en él se producen las plántulas en calidad y cantidad necesaria para la plantación en el sitio definitivo (REYES, 2015). El vivero debe estar ubicado aledaño a una vía, donde se facilite la entrada de insumos, materiales y el cargue directo de las plántulas y, debe haber una fuente de agua cercana (PALENCIA *et al.*, 2007). El tamaño del vivero depende principalmente del número de plantas que se va a producir (WALLE, 2003), se construirá cercas para independizar el área de vivero

y restringir la entrada de animales que puedan estropear la producción ocasionando graves daños; debe tener caminos principales y secundarios, para la movilización propia de las actividades de producción (TRUJILLO, 2002).

Los sustratos debe ser una mezcla o compuestos de materiales activos y/o inertes (VILLEGAS *et al.*, 2017), los sustratos, proporcionan humedad y aireación a las semillas durante el proceso de germinación; además la textura del sustrato influye directamente en el porcentaje de semillas germinadas (JIMÉNEZ, 2017); la preparación de sustrato se necesita de una parte de suelo franco (oscuro) y una parte de materia orgánica descompuesta del biofermentos, es decir esta labor se realiza con un mes de anticipación a la siembra (SUQUILANDA, 2001). El embolsado se realiza cuando el sustrato está preparado utilizando bolsas de polietileno negro de 12 a 14 cm de diámetro, 20 a 25 cm de alto y dejando 2 cm. del borde de la bolsa (VILLEGAS *et al.*, 2017).

Para la siembra de semillas de cacao, se eligen las mazorcas maduras y bien constituidas, ubicadas en el tercio superior del tronco donde se encuentran las semillas más grandes para que el patrón crezca vigoroso y posteriormente sea injertada. Después de extraídas las semillas de las mazorcas y eliminado el mucílago a través de la frotación con ceniza, aserrín, arena fina, cal apagada o costales de yute, se dispone a orearlas bajo sombra durante 8 horas, después se desinfecta con cal apagada estando ya aptas para ser sembradas. Para la siembra se coloca una semilla por bolsa en posición vertical a una profundidad aproximada de 2.5 cm y se cubre con el sustrato (PAREDES, 2003).

Uno de los factores importante para el estímulo del desarrollo de las plantas es la humedad adecuada, se debe regar por lo menos tres veces por semana,

en horas de la mañana o al caer la tarde (SALAZAR, 2003). Las malas hierbas requieren de un especial seguimiento y control en todas las etapas de producción del vivero; se pueden controlar por métodos manuales y químicos (CORNELIUS, 2001). A partir de un mes de edad y cada 15 días, para controlar las plagas y enfermedades se debe aplicar el Biol enriquecido con microelementos, sobre todo óxido de zinc y cobre, que esté enriquecido más microorganismos eficientes o bacterias benéficas; a dosis de 75 ml/L de agua para los hongos que afectan las hojas como *Phytophthora sp.*, *Fusarium sp.*, y otros (GÓMEZ *et al.*, 2014).

2.3. Biofertilizante

Los biofertilizantes son abonos líquidos con mucha energía equilibrada y en armonía mineral, preparados a base de estiércol de vaca muy fresca, disuelta en agua y enriquecida con leche, melaza y ceniza, y se ha colocado a fermentar por varios días en toneles o tanques de plástico, bajo un sistema anaeróbico (sin la presencia de oxígeno) y muchas veces, son enriquecidos con harina de rocas molidas o algunas sales minerales como los sulfatos de magnesio, zinc, etc., que sirven para nutrir, recuperar y reactivar la vida del suelo, fortalecer la fertilidad de las plantas, al mismo tiempo sirven para estimular la protección de los cultivos contra el ataque de insectos y enfermedades (RESTREPO, 2007).

Comúnmente se les llama biofermentos y en algunos lugares se les conoce con el nombre de bioles o biofertilizantes. Se cree que contienen sustancias que favorecen el crecimiento vegetal, que a la vez que contribuyen a mejorar la vida microbiana del suelo (RESTREPO, 2007). Los biofermentos en su mayoría son fabricados a partir de estiércol de animales de granja, melaza, microorganismos y agua, para después ser sometidos a un proceso de fermentación antes de

aplicarlos, en los cultivos (URIBE *et al.*, 2004). La utilización de estiércoles es una forma de mantener la fertilidad del suelo, ya que se ha demostrado que en suelos pedregosos existe muy poca respuesta a la fertilización química, cuando ésta se hace en forma tradicional (Soria *et al.*, 1994; citados por SORIA *et al.*, 2001), sólo cuando se dosifica en el agua de riego se han observado muy buenos resultados (Soria *et al.*, 2000; citados por SORIA *et al.*, 2001).

Asimismo, se define como los abonos líquidos fermentados al producto que se origina a partir de la fermentación de materiales orgánicos como el estiércol, plantas verdes y frutos. Al preparar los biofermentos se mezcla agua con alguna fuente de nitrógeno como estiércol o leguminosas y una fuente energética como melaza o jugo de caña. Dicha mezcla puede llegar a ser enriquecida con harinas de rocas molidas y sales minerales. Finalmente, para la fabricación del biofermento es necesario adicionar alguna fuente de los microorganismos (levaduras, leche, suero) que se encargarán de la transformación de los materiales orgánicos; esto nos servirá para sustituir los fertilizantes químicos altamente solubles de la industria, los que son muy caros (RESTREPO, 2007).

El biofertilizante funciona principalmente al interior de las plantas, activando el fortalecimiento del equilibrio nutricional como un mecanismo de defensa de las mismas, a través de ácidos orgánicos, las hormonas de crecimiento, antibióticos, vitaminas, minerales, enzimas y coenzimas, carbohidratos, proteínas y azúcares complejas, entre otros, presentes en la complejidad de las relaciones biológicas, químicas, físicas y energéticas que se establecen entre las plantas y la vida del suelo (RESTREPO, 2007). El biofertilizante, es también llamado biol, tiene dos componentes: una parte sólida y una líquida; por lo tanto la primera es conocida

como biosol y se obtiene como producto de la descarga del biodigestor donde se elabora el biol y la parte líquida es conocida como abono foliar. Por eso en su elaboración se puede usar cualquier tipo de residuos, dependiendo de la actividad ganadera y la diversidad vegetal de la parcela o comunidad (ENRÍQUEZ, 2004).

SIURA (2001), afirma que cuando se tiene algún tipo de estiércol a la mano, se puede preparar un abono líquido (foliar o para el suelo) llamado purín, de la siguiente forma; es decir en 200 litros de agua fresca, colocar de 30 a 40 kg de estiércol fresco, de preferencia mezclado con los orines de equinos, de vacuno o de aves, donde no se hayan usado hormonas o agroquímicos contaminantes, luego cerrar herméticamente el recipiente y dejar reposar por 30 a 45 días; sin embargo, el número de días puede variar ligeramente, dependiendo del lugar donde se lo fabrique; por lo tanto hasta 25 días en climas muy calurosos y 50 días en lugares más frescos; después se debe filtrar y aumentar un volumen igual del agua que haya perdido por evaporación, para el caso del estiércol de vacuno; cuando el estiércol es de porcino y de aves, adicionar a más de igualar el volumen, un 50 % más de agua.

SUQUILANDA (1998); citado por SAJAMI (2013), hace referencia que el biofermento si se deja más concentrado se puede poner directamente al suelo, especialmente si ya se han probado las dosis de aplicación, teniendo en cuenta de no poner muy cerca del tronco principal de la planta porque se podría quemar; además, la aplicación debe hacerse un poco separado del tronco y no más allá de la proyección de la sombra. Por su parte, Campos (1998); citado por SAJAMI (2013), recomienda que se debe tener presente que una concentración muy fuerte de sales en el fertilizante, llega a incrementar la conductividad eléctrica, lo

cual también puede quemar las raíces. Asimismo, el autor da una idea de la calidad de los purines de los animales en el Cuadro 1, que se da un ejemplo del contenido de nutrientes.

Cuadro 1. Contenido de nutrientes de purines producidos de cerdos y vacas en los andes ecuatoriales.

Nutrientes	Cerdos (ppm)	Vacas (ppm)
Nitrógeno	0.91	0.46
Fosforo	0.29	0.07
Potasio	0.28	0.07
pH	8.00	9.00

Fuente: ENRIQUEZ (1985); citado por SAJAMI (2013)

Campos (1998); citado por SAJAMI (2013), hace mención que con estas cifras (Cuadro 1) se pueden hacer estimaciones para las aplicaciones prácticas, aunque lo más lógico es que se hagan análisis de cada lugar y cada cierto tiempo para así tener certeza los nutrientes que acarrear esos purines a los abonos líquidos. Por su parte, SIURA (2001), manifiesta que los bioles deben ser manejados con mucho cuidado, pues en algunos casos dependiendo del origen de ellos, pueden tener elementos pesados que causan un poco de acidez en los suelos, por lo que debería ser neutralizado; asimismo, afirma que uno de los elementos que más hay que tener cuidado son los nitratos, que pueden tener un impacto ambiental, hay que hacer una evaluación detallada de ellos, para no tener un problema de contaminación del ambiente.

SUQUILANDA (2013), recomienda que hay que tener cuidado de que las plantas seleccionadas para fabricar el biol, sean sanas, pues puede haber la posibilidad de transmitir alguna enfermedad, especialmente la virosis. SIURA

(2001), hace referencia que en el cultivo de café, se usa este abono, que puede también servir para el cultivo de cacao. RESTREPO (2007), recomienda una serie de bioles y otros tipos de abonos que pueden ser utilizados en cacao, el abono orgánico líquido puede servir para asperjar al follaje, en esos casos, será muy necesario estimar adecuadamente la proporción que hay que diluir, caso contrario se puede dañar la planta por cuanto el biol tiene muchas sustancias concentradas.

2.3.1. Preparación del biofermento en un biodigestor

La digestión anaerobia es un proceso complejo desde el punto de vista microbiológico; al estar enmarcado en el ciclo anaerobio del carbono, hace posible en ausencia de oxígeno, transformar la sustancia orgánica en biomasa y compuestos inorgánicos que en su mayoría son volátiles: CO₂, NH₃, H₂S, N₂ y CH₄ (Soubes, 1994; citado por SORIA *et al.*, 2001). Naturalmente ocurre en el tracto digestivo de los animales y debajo de aguas estancadas o pantanos, pero también puede realizarse en depósitos cerrados herméticamente, los llamados digestores. Estos se usan cuando se quiere captar todos los productos obtenidos de la descomposición anaerobia (gases y sólidos), ya que al haber en su interior un ambiente oscuro y sin aire, favorece el medio óptimo para el cultivo intensivo de bacterias anaerobias (SÁNCHEZ, 2009).

En un digestor, cuando se acumulan polímeros naturales orgánicos como proteínas, carbohidratos, celulosa, etc., se produce un rápido consumo de oxígeno, del nitrato y del sulfato por los microorganismos, llegando producir la metanogénesis; en estas condiciones, el nitrato se transforma en amonio y el fósforo queda como fosfato. También se reducen los iones férrico y mangánico,

debido a la ausencia de oxígeno. El método es alimentar al digester con materiales orgánicos y agua, dejándolos un período de semanas o meses, en condiciones ambientales y químicas idóneas; el proceso bioquímico y acción bacteriana se desarrolla de forma simultánea y gradualmente, de modo tal, descomponiendo la materia orgánica hasta producir grandes burbujas que fuerzan su salida a la superficie donde se acumula el gas (SORIA *et al.*, 2001).

La digestión anaerobia, a partir de polímeros naturales y en ausencia de compuestos inorgánicos se realiza en tres etapas: a) hidrólisis y fermentación, en la que la materia orgánica es descompuesta por la acción de un grupo de bacterias hidrolíticas anaerobias que hidrolizan las moléculas solubles en agua, como grasas, proteínas, carbohidratos, y las llegan a transformar en monómeros y compuestos simples solubles., b) acetogénesis y deshidrogenación, donde los alcoholes, ácidos grasos y compuestos aromáticos se degradan produciendo ácido acético, CO₂ e hidrógeno, provenientes de los sustratos de las bacterias metanogénicas., c) metanogénica en la que se produce metano a partir de CO₂ e hidrógeno, a partir de la actividad de bacterias metanogénicas (Marty, 1984; citado por SORIA *et al.*, 2001).

SORIA *et al.* (2001), afirma que la concentración de hidrógeno juega un rol en la regulación del flujo del carbono en la biodigestión; para que las bacterias aseguren su ciclo biológico en el proceso de digestión anaerobia es necesario que se presenten en condiciones óptimas los siguientes factores:

➤ **Temperatura:** Las bacterias mesófilas llegan a completar su ciclo biológico en el ámbito de 15 a 40 °C con una temperatura óptima de 35 °C.

Las bacterias termofílicas cumplen sus funciones en el ámbito de 35 a 60 °C con una temperatura óptima de 55 °C.

➤ **Hermetismo:** Para que el proceso de digestión se lleve a cabo en forma eficiente y el tanque de fermentación tiene que estar herméticamente cerrado.

➤ **Presión:** La presión subatmosférica de 6 cm de agua dentro del biodigestor se considera la presión óptima.

➤ **Tiempo de retención:** Es el tiempo promedio en que la materia orgánica es degradada por los microorganismos. Se ha llegado a observar que a un tiempo corto de retención se produce mayor cantidad de biogás, pero un residuo de baja calidad fertilizante por haber sido parcialmente digerido. Pero para tiempos largos de retención se obtendrá un rendimiento bajo de biogás, pero con un efluente (residuo) más degradado y con excelentes características como fuente de nutrimentos.

➤ **Relación C/N:** La relación óptima de C/N es de 30:1, cuando la relación es muy estrecha (10:1) hay pérdidas de nitrógeno asimilable, lo cual reduce la calidad del material digerido. Si la relación es muy amplia (40:1) se inhibe el crecimiento debido a falta de nitrógeno.

➤ **Porcentaje de sólidos:** El porcentaje óptimo de sólidos en la mezcla a digerir es de 7 a 9 y se consigue al diluir el material orgánico con agua.

➤ **pH:** En digestores operados con estiércol de bovino, los valores óptimos de operación oscilan entre 6.7 y 7.5 con límites de 6.5 a 8.0.

➤ **Agitación:** Esta práctica es importante para establecer un mejor contacto de las bacterias con el sustrato.

2.3.2. Ventajas del uso del biol

INIAP (1993), afirma las siguientes ventajas:

➤ La aplicación del biol en el suelo, permite un mejor intercambio catiónico con el suelo, se llega a ampliar la disponibilidad de nutrientes del suelo, también ayuda a mantener la humedad y la creación de un microclima en el suelo adecuada para las plantas. El biol se puede emplear como fertilizante líquido, es decir que se aplica por rocío, junto con el agua del riego en los sistemas automáticos de riego.

➤ Siendo el biol una fuente orgánica de fitoreguladores en pequeñas cantidades, es capaz de promover actividades fisiológicas y llegar a estimular el desarrollo de las plantas, sirviendo para enraizamiento (aumenta y fortalece la base radicular), acción sobre el follaje (amplía la base foliar), aumenta la floración y activa el vigor y poder germinativo de las semillas, traduciéndose todo esto en un aumento significativo de las cosechas.

➤ De las pruebas realizadas con distintos cultivos, se puede usar biol solo sería suficiente para lograr la misma o mayor productividad del cultivo que empleando fertilizantes químicos. Es ecológico compatible con el ambiente y no contamina el suelo, conserva mejor el N, P, K, Ca debido al proceso de descomposición anaeróbica lo cual permite aprovechar totalmente los nutrientes. El nitrógeno que contiene se encuentra en forma amoniacal que es asimilable.

➤ Los biofermentos son incorporados de forma directa, a través del sistema de riego o foliarmente, a los diferentes cultivos y favorecer la nutrición de la planta y la fertilidad del suelo. Además es una fuente de inóculo o semilla

de microorganismos benéficos que les permita a los cultivos obtener de manera rápida, diferentes minerales y proteger contra hongos y bacterias causantes de enfermedades en los cultivos y el suelo donde se aplican.

2.3.3. Uso del bioabono

Además de generar gas combustible, la fermentación anaerobia de la materia orgánica produce un residuo orgánico con excelentes propiedades fertilizantes, evitando en esta forma la competencia que se podría presentar con el aprovechamiento tradicional de los residuos animales y agrícolas, y con fines fertilizantes o como combustibles. La composición del bioabono en promedio tiene 8.5 % de materia orgánica, 2.6 % de nitrógeno, 1.5% de fósforo, 1.0% de potasio y un pH de 7.5 (BOTERO y THOMAS, 1987; SORIA *et al.*, 2001).

El bioabono sólido o líquido no posee un mal olor, a diferencia del estiércol fresco, tampoco atrae moscas y puede aplicarse directamente al campo en forma líquida, pero en las cantidades recomendadas (McCaskey, 1990; citado por SORIA *et al.*, 2001); o el bioabono sólido puede deshidratarse y almacenarse para usarlo posteriormente en el entendido de que al deshidratarse puede haber pérdidas por volatilización hasta 60 % sobre todo de nitrógeno (Day, 1987; citado por SORIA *et al.*, 2001).

De acuerdo con MANDUJANO (1981); citado por SORIA *et al.* (2001) un metro cúbico de bioabono producido y aplicado diariamente, puede fertilizar más de 2 ha de tierra por año y proporcionar hasta 200 kg N/ha de los que estarán disponibles en el primer año entre 60 y 70 kg; el bioabono no deja residuos tóxicos en el suelo, eleva la calidad del mismo y puede considerarse

como un buen fertilizante que puede competir o complementarse con los fertilizantes químicos.

2.4. Rentabilidad

La evaluación económica es un proceso continuo y permanente, las principales técnicas son, el valor actual neto, la tasa interna de retorno, la relación beneficio costo y el período de recuperación del capital. Todas ellas nos conducen a determinar si un proyecto es rentable y en qué grado. La relación costo/beneficio resulta de tomar los ingresos (beneficios) y egresos netos (costos) presentes en el estado de resultado y determinar el beneficio por cada sol invertido en el proyecto. Costo-beneficio adicionalmete sirve como un indicador que mide el grado de desarrollo y bienestar que un proyecto pueda generar a una comunidad. La regla de decisión es que es rentable si la relación es mayor o igual que 1, esto significa que genera mayores beneficios que los costos incurridos (Carbonel, 2001; citado por CASAVERDE 2014).

Es necesario evaluar cada una de las características que contienen los diferentes sistemas de costos, de esta manera se ajusta al tipo proceso productivo del cacao de acuerdo a las necesidades. La producción de plántones de cacao se adecua el sistema de costos por proceso, puesto que por sus características se ajustaba a lo que se requería para el cálculo de los mismos, debido a que el cacao en su fase agrícola debe pasar por una serie de procesos o etapas las cuales se evaluaron al momento del reconocimiento de las fases de la cadena productiva (PRADA *et al.*, (2015)

2.5. Ensayos experimentales realizados en biofermentos

En vista a que no se realizó trabajos experimentales sobre aplicaciones de biofermentos en la producción de plántones de cacao para patrones en la zona de Tingo María, podemos mencionar algunos antecedentes del uso y aplicación de biofermentos en otros cultivos: PINHEIRO (2007), afirma que las ventajas y los resultados más comunes que se logran con los biofertilizantes: es la utilización de recursos locales, fáciles de conseguir (estiércol de vaca, maleza, leche, suero, etc.), inversión muy baja (tanques o barriles de plástico, botellas descartables, etc.), tecnología de fácil apropiación por los, resultados a corto plazo, independencia de la asistencia técnica viciada y mal intencionada, aumento de la resistencia contra el ataque de insectos y enfermedades, aumento de la precocidad en todas las etapas del desarrollo vegetal del cultivo; los cultivos perennes tratados con biofertilizantes se recuperan más rápidamente del estrés post cosecha y pastoreo, la longevidad de los cultivos perennes es mayor. Tejada (1996); citado por SAJAMI (2013), trabajando en soya (*Glycine max* L.) en suelo coluvio-aluvial en Tingo María, donde concluyó que el purín derivado de la gallinaza es el biofertilizante más efectivo que el purín derivado de la vacasa, en el crecimiento y producción de la soya, con un promedio de producción, altura de planta y con cobertura foliar de 1899.5 kg/ha, 51.5 cm y 67.7 % respectivamente. Las mejores respuestas en el crecimiento y desarrollo de la soya, corresponden a los efectos del purín de aves en los niveles de 10000, 7500 y 5000 L/ha. La rentabilidad estimada, de fertilizar el cultivo de soya con 10000 y 7500 L/ha del purín de aves es significativamente superior al obtenido con el testigo convencional (N-P-K/40-50-40).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Campo experimental

3.1.1. Ubicación

El presente trabajo de tesis se llevó a cabo en el vivero de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicado en el km 12 de la margen derecha del río Huallaga, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, cuyas coordenadas se determinó en UTM, con el equipo GPS navegador Garmin 12XL, y son las siguientes:

Longitud este : 410645 m E

Latitud norte : 8983244 m N

Altitud : 640 msnm.

La zona de Tingo María pertenece a un bosque húmedo subtropical con una temperatura media de 24.8 °C.

3.1.2. Análisis físico – químico del suelo utilizado como sustrato

En el Cuadro 2, se muestra los resultados del análisis físico - químico del suelo, observándose que es un suelo franco arcilloso, con un valor 3.82 de pH, según MANSILLA (2013), un pH entre valores 3.6 a 4.4 se califica como un suelo extremadamente ácido, que presenta problemas de toxicidad del aluminio, fijación, absorción y baja disponibilidad de fósforo; además este valor del pH es muy perjudicial para las plantas de cacao, ya que según PAREDES (2003), las plantas de cacao se desarrollan eficientemente cuando el pH se encuentra en el rango de 5.5 a 6.5.

Cuadro 2. Análisis físico - químico del suelo experimental.

Parámetros	Valores	Método empleado
Análisis físico:		
Arena (%)	35.68	Hidrómetro
Arcilla (%)	33.04	Hidrómetro
Limo (%)	31.28	Hidrómetro
Clase textural	Franco arcilloso	Triangulo textural
Análisis químico:		
pH (1:1)	3.82	Potenciómetro
M. O. (%)	2.05	Walkey y Black
N - total (%)	0.10	% M.O. x 0.05
P disponible (ppm)	16.94	Olsen Modificado
K disponible (ppm)	162.18	Ácido sulfúrico
Ca cambiable (Cmol ⁽⁺⁾ /kg)	4.07	EAA
Mg cambiable (Cmol ⁽⁺⁾ /kg)	1.74	EAA
K cambiable (Cmol ⁽⁺⁾ /kg)	-	EAA
Na cambiable (Cmol ⁽⁺⁾ /kg)	-	EAA
Al cambiable (Cmol ⁽⁺⁾ /kg)	0.67	EEA
H cambiables (Cmol ⁽⁺⁾ /kg)	0.32	EEA
CICe	6.79	Suma de cationes
Bases cambiables (%)	85.50	-
Acidez cambiable (%)	14.50	-
Saturación del aluminio (%)	9.86	-

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

El contenido de materia orgánica es 2.05 %, para MANSILLA (2013), el porcentaje de materia orgánica a niveles entre 2 y 4 % en el suelo, se califica con contenido medio de materia orgánica y nitrógeno en el suelo; por su parte, ARVELO *et al.* (2017), hace referencia que los suelos para el cultivo de cacao deben tener un contenido de materia orgánica no menor a 3.0 %. El contenido de fósforo disponible en el suelo fue de 16.94 ppm, para MANSILLA (2013), el contenido de fósforo disponible en el suelo por encima de 14 ppm, se califica como un suelo con alto contenido de fósforo. El contenido de potasio

disponible es 162.18 ppm en el suelo, según MANSILA (2013), el contenido de K_2O entre 100 a 240 ppm en el suelo, se califica como un suelo con contenido medio de potasio disponible.

Cuadro 3. Análisis químico del Biosol.

Parámetros	Valores	
	Porcentaje (%)	mg/kg (ppm)
Cenizas (base seca)	30.96	-
Materia orgánica (base seca)	69.00	-
Humedad	10.78	-
N (base seca)	10.78	-
P_2O_5	0.63	-
Ca	0.65	-
Mg	0.74	-
K	2.24	-
Na	-	0.05
Cu	-	28.87
Fe	-	2669.29
Zn	-	161.48
Mn	-	538.73

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva - Tingo María

3.2. Componentes en estudio

- Biosol (abono al suelo).
- Plantones de cacao (IMC- 67).
- Tierra franco.

3.3. Tratamientos en estudio

En el Cuadro 3, se presenta la descripción de los diferentes tratamientos en estudio, observándose los porcentajes de biosol y tierra franco arcilloso para 80.0 kg de sustrato para 40 plantones de cacao por tratamiento en estudio.

Cuadro 4. Descripción de los tratamientos en estudio.

Tratamientos	
Clave	Descripción
T ₁	50 % de Biosol + 50 % franco arcilloso
T ₂	40 % de Biosol + 60 % franco arcilloso
T ₃	30 % de Biosol + 70 % franco arcilloso
T ₄	20 % de Biosol + 80 % franco arcilloso
T ₅	10 % de Biosol + 90 % franco arcilloso
T ₆	100 % franco arcilloso

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Diseño experimental

Se utilizó el diseño completamente al azar (DCA), con seis tratamientos y diez repeticiones; y al final del experimento se realizó el análisis de variancia y el coeficiente de variabilidad de los ensayos para cada característica evaluada; además, se determinó las diferencias de las medias de las características evaluadas mediante la prueba de Duncan ($\alpha= 0.05$) (FALLAS, 2012).

Modelo aditivo lineal:

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

Dónde:

Y_{ij} = Respuesta del i-ésimo tratamiento en la j-ésima repetición.

μ = Efecto de la media general.

σ_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

ϵ_{ij} = Efecto aleatorio del error experimental.

Para:

i = 1, 2,..., 6 Tratamientos.

j = 1, 2,..., 10 Repeticiones.

Cuadro 5. Modelo del análisis de variancia de DCA.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.Cal.	F.Tab.
Tratamientos	t-1	SC _{trat}	CM _{trat}	CM _{trat} /CM _{ee}	F α (gl _{trat} ,gl _{ee})
Error experimental	(t)(r-1)	SC _{ee}	CM _{ee}		
Total	tr-1	SC _{total}			

3.5. Características del campo experimental

3.5.1. Tratamientos

Número de tratamientos	6
Número de plántulas/tratamiento	40
Número de plantas/repetición	4
Número de plántulas evaluadas	240
Total de plántulas en todo experimento	240

3.5.2. Parcelas

Número total de parcelas	1
Largo de parcela	15 m
Ancho de parcela	5 m ²
Área de la parcela	75 m ²
Área neta de parcela	60 m ²

3.5.3. Campo experimental

Largo	25 m
Ancho	6 m
Área total del experimento	150 m ²

3.6. Ejecución del experimento

3.6.1. Preparación del sustrato

Para la preparación del sustrato se utilizó tierra franco arcilloso del bosque de reserva de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS) de la capa superficial del suelo (0 a 10 cm); y se mezcló con el biosol en las siguientes proporciones: 50 % Biosol (40kg): 50% tierra (40 kg), 40 % Biosol (32 kg): 60 % tierra (48 kg), 30 % Biosol (24 kg): 70 % tierra (56 kg), 20 % Biosol (16 kg): 80% tierra (64 kg), 10 % Biosol (8 kg): 90 % tierra (72 kg).

3.6.2. Llenado y ubicación de las bolsas en el vivero

Una vez obtenida la mezcla se procedió a llenar las 240 bolsas de 6x12" (capacidad para 1 kg) con las manos, se presionó el sustrato ligeramente, quedando compactas y rígidas, y así se acomodaron en las camas del vivero, de acuerdo al orden de los tratamientos en estudio. Posteriormente del llenado de las bolsas, estas fueron ubicadas según los tratamientos en estudio en la cama del vivero.

3.6.3. Obtención y pre germinado de la semilla

Las semillas se extrajeron de los frutos de cacao grandes, sanos y maduros, seleccionados de la parcela de cacao de un socio de la Cooperativa Agraria Cafetalera Divisoria (Tingo María); estos frutos fueron ubicados en el tercio superior, del tronco y de las ramas primarias. La apertura de los frutos se realizó con mucho cuidado y así se evitó dañar la semilla. Para ello se escogió los granos más gruesos, sanos y normales, es decir las semillas centrales; luego se procedió a limpiar el mucilago de las semillas frotando con aserrín. Luego se seleccionó 2 kg de semillas que fueron sometidas a pre germinado con aserrín

fino durante cuatro días, durante este lapso se realizó el riego diario empapando el aserrín con agua.

3.6.4. Siembra de las semillas en las bolsas

Una vez realizado el pre germinado de las semillas, se escogió 240 semillas que tenían una buena radícula, después se procedió a depositar una semilla pregerminada por bolsa con la radícula perpendicular al sustrato a una profundidad de dos dedos, luego se cubrió cada semilla al ras del sustrato.

3.6.5. Riego y sombra a los plantones

El riego se realizó cada dos días con una manguera de presión, para mantener la humedad de la bolsa; ya que durante el periodo de ejecución del experimento no se presentaron precipitaciones, por lo que se hizo necesario la aplicación de agua y se promovió el buen desarrollo de los plantones de cacao. El vivero contó con una malla de color negro que proporciono 60 % de sombra, con fines de brindar mejor uniformidad en la captación de la radiación solar por los plantones de cacao.

3.6.6. Control de malezas

El primer control de malezas se realizó de forma manual una semana después de la siembra de las semillas pregerminadas, inmediatamente después, se aplicó aserrín cuidadosamente en cada bolsa y en las calles, con la finalidad de que siempre los plantones estén libres de malezas, evitando la competencia por luz, espacio y nutrientes. Asimismo, sí había presencia de malezas durante el experimento, el control se realizaba de forma manual.

3.7. Características evaluadas

3.7.1. Altura del plantón

Se midió desde la base hasta la parte apical de la planta, es decir hasta el último brote del tallo; esta medida se hizo a los 30 días después de la siembra y se midió cada 30 días con una wincha a los plantones, disminuyendo así el error de muestreo, las medidas fueron registradas en unidades métricas (cm), y fueron registrados hasta cumplir los 4 meses de edad de los plantones de cacao.

3.7.2. Diámetro de tallo

Esta característica fue evaluada a los 30 días después de la siembra y se midió cada 30 días, se tomaron las medidas del cuello de la planta a 3 cm del sustrato contenido en las bolsas plásticas; para esta medida se empleó un vernier digital. La unidad de medida fue en mm.

3.7.3. Número de hojas

Esta característica se evaluó cada 30 días, la primera evaluación fue a los 15 días después de la siembra, contabilizando el número de hojas maduras en cada planta.

3.7.4. Área foliar

Se determinó a través del dibujo de la silueta de las hojas en papel milimetrado, contabilizando el área en mm², la evaluación de esta característica se realizó al final del experimento.

3.7.5. Longitud del sistema radicular

Se tuvo que extraer plantas teniendo cuidado de no maltratar las raíces, éstas se cortaron y lavaron y luego fue medido con una regla milimétrica. La unidad de medida de la longitud de las raíces fue en cm.

3.7.6. Volumen del sistema radicular

El volumen del sistema radicular de los plantones se determinó en probetas graduadas con agua de volumen conocido, a la cual se le introdujo el sistema radicular y por diferencia del volumen incrementado menos el volumen inicial se obtuvo el volumen de la raíz. La unidad de medida para el volumen de la raíz, fue en cm³.

3.7.7. Peso fresco y seco

Al final del experimento se tomaron diez plantas por cada tratamiento en estudio para realizar el peso fresco en una balanza digital, y posteriormente la muestra fresca fue llevada a una estufa para ser secado a temperatura de 90°C y, posteriormente se pesó la muestra seca.

3.7.8. Contenido de humedad de los sustratos

Se midió al final del experimento. Se extrajo 10 kg del sustrato por tratamiento y se puso a secar por diez días, después de secar el suelo se aplicó 5 litros de agua y se midió el contenido de humedad por un lapso de 5 días y, se observó cuál de los tratamientos tuvo mayor retención de humedad.

3.7.9. Diagnóstico visual de las hojas

Esta evaluación se realizó al final del experimento, en la que se llegó a observar visualmente a todos los tratamientos en estudio; además,

algunos de los plantones de los tratamientos poseían hojas con clorosis, estas hojas se les determinó que deficiencia nutricional está ocasionando esa clorosis.

3.7.10. Análisis químico de los tratamientos

Al final del experimento se tomaron muestras de suelo de cada tratamiento y se realizó el análisis químico respectivo para determinar la riqueza del sustrato. El análisis fue realizado en el laboratorio de análisis de suelos de la facultad de Agronomía - UNAS

3.7.11. Análisis foliar

Al final del experimento se tomaron muestras foliares por tratamiento y se realizó el análisis químico respectivo para determinar el contenido nutricional de los tratamiento. Este análisis fue realizado en el laboratorio de suelos de la facultad de Agronomía - UNAS.

3.7.12. Análisis de beneficio y costo (B/C)

La evaluación de la rentabilidad de los diferentes tratamientos en estudio, se realizó por el método "análisis comparativo de ingresos y costos de producción". El índice de rentabilidad (B/C) en cada tratamiento, se determinó mediante la siguiente fórmula:

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

El ingreso bruto de todos los tratamientos en estudio, para ello se determinó multiplicando el número de plantones producidos para 1 ha por el precio del plantón; los costos de producción serán determinados proyectando a 1 ha (1300 plantones) y obedeciendo a la diferencia en la cantidad de materia orgánica y tierra utilizada.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características biométricas del plantón de cacao

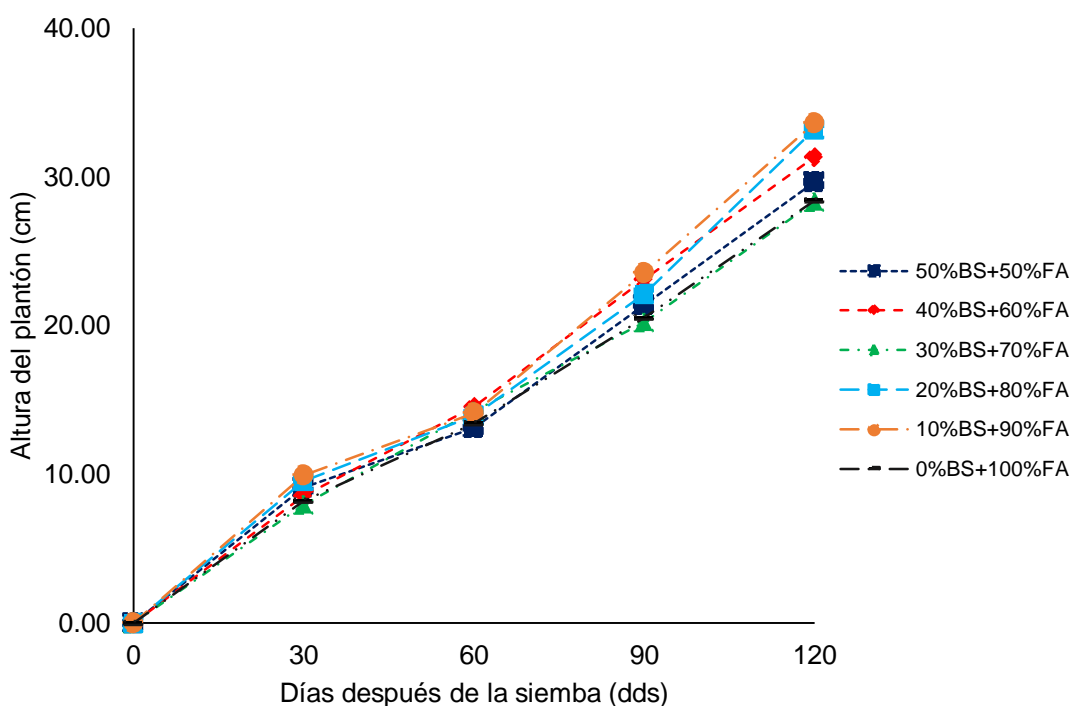
4.1.1. Altura del plantón de cacao

En el cuadro 6, se muestra la prueba de Duncan ($\alpha=0.05$), para la característica altura del plantón de cacao en fase de vivero, observándose que la altura obtenida por los tratamientos T₅ (10 % de Biosol + 90 % franco arcilloso) y T₄ (20 % de Biosol + 80 % franco arcilloso) se ubicaron en el primer lugar y diferenciándose estadísticamente de los demás tratamientos en estudio, con una altura de 33.60 cm y 33.19 cm respectivamente. La altura del plantón obtenido por los tratamientos T₂, T₁ (50 % de Biosol + 50 % franco arcilloso), T₆ (0 % de Biosol + 100 % franco arcilloso) y T₃ (30 % de Biosol + 70 % franco arcilloso), alcanzaron una altura estadísticamente igual, ambos tratamientos alcanzaron una altura de 31.31, 29.65, 28.41 y 28.33 cm respectivamente.

Cuadro 6. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la altura de los plantones de cacao a los 120 días después de la siembra en fase de vivero.

Tratamientos		Altura de planta	
Clave	Descripción	(cm)	Sig.
T ₅	10 % de Biosol + 90 % franco arcilloso	33.60	a
T ₄	20 % de Biosol + 80 % franco arcilloso	33.19	a
T ₂	40 % de Biosol + 60 % franco arcilloso	31.31	a b
T ₁	50 % de Biosol + 50 % franco arcilloso	29.65	b
T ₆	100 % franco arcilloso	28.41	b
T ₃	30 % de Biosol + 70 % franco arcilloso	28.33	b

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



Leyenda:

BS = Biosol

FA = Franco arcilloso

Figura 1. Tasa de crecimiento del plantón del cacao desde la siembra hasta los 120 días después de la siembra.

Los tratamientos T₅ y T₄ con 10 y 20 % de Biosol, respectivamente en el sustrato alcanzaron una altura de plantón estadísticamente mayor a los demás tratamientos en estudio, posiblemente se debe al efecto del Biosol. Medina (1992); citado por CABOS (2014) hace referencia que el Biosol presenta una cantidad bastante equilibrada de nutrientes los cuales influye significativamente en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Ya que al aplicar Biosol aporta macronutrientes (Espinoza, 1987; citado por CABOS, 2014), además de mejorar la estructura del suelo y aumentar la comunidad de microorganismos beneficiosos que ayudan a descomponer la materia orgánica del Biosol. VÁSQUEZ (2008) refiere que el compost, te de estiércol y biol

presentan cargas de microorganismos de 11750 UPC/g., 5667 UPC/g. y 5333 UPC/g. y el bocashi presenta una carga de 32000 UPC/g. en tal sentido podemos decir que haya la posibilidad del Biosol aumente la carga de microorganismos en los sustratos. Al respecto, RAMOS y TERRY (2014), llegan a sustentar que los abonos orgánicos activan y aumentan la cantidad de microorganismos benéficos del suelo, para posteriormente llegar a mejorar las condiciones nutricionales, facilitando la absorción de los nutrientes y así producir efectos positivos en la multiplicación celular de los plantones de cacao.

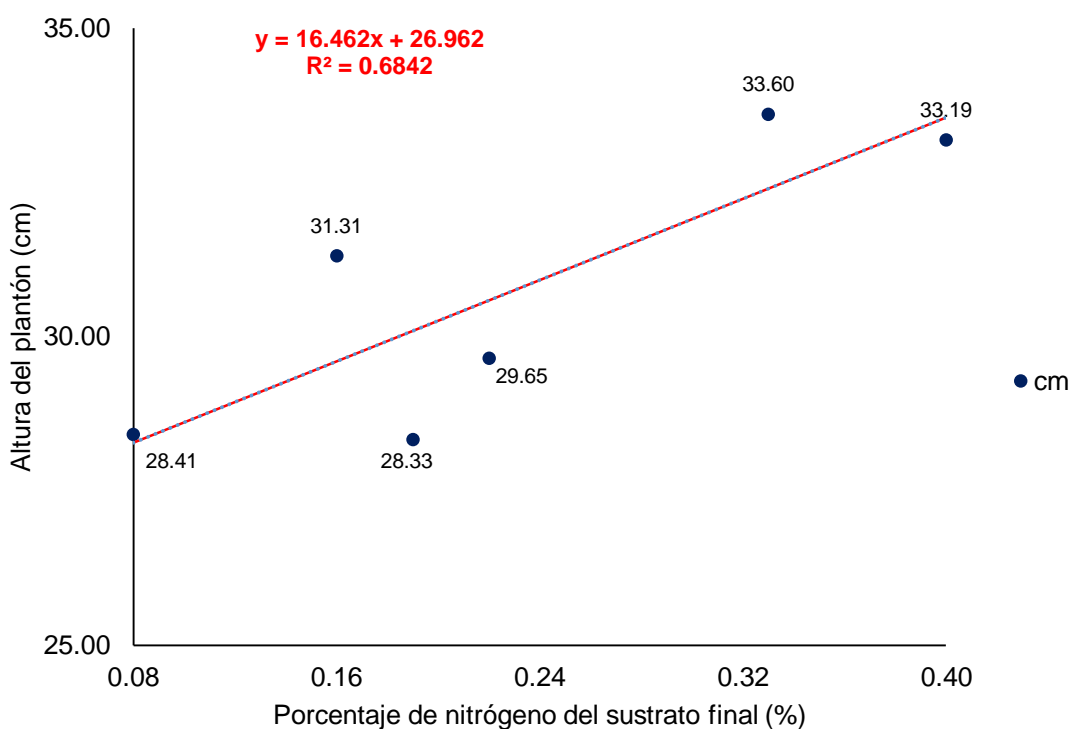
A excepción de los tratamientos T₅ (10 % de Biosol + 90 % franco arcilloso) y T₄ (20 % de Biosol + 80 % franco arcilloso), los demás tratamientos con Biosol, presentaron plantones de cacao con una altura estadísticamente igual al tratamiento sin Biosol (T₆); es decir, que no existió un efecto positivo del Biosol sobre el sustrato, dando como resultado plantones con una altura igual a la altura obtenido por el tratamiento T₆. Lo que se entiende, es que al aumentar el contenido de Biosol por encima de un 20 % en el sustrato como se muestra en el Cuadro 7, llega a producir un efecto negativo en el sustrato y esto hace que la los plantones de cacao presente una altura inferior, además de presentar otras características negativas, como la clorosis en las hojas (Figura 19).

Los efectos negativos que se producen en el sustrato por el exceso Biosol, se deba posiblemente como menciona MELÉNDEZ y SOTO (2003), que la aplicación de una mayor cantidad de materia orgánica origina diversos problemas, como la inmovilización del nitrógeno y una altísima concentración de sustancias húmicas durante la descomposición; estas sustancias húmicas según KONONOVA (1982), son procedentes de la materia orgánica, que cuando están

en pequeñas dosis ejercen una influencia positiva sobre las plantas, pero su efecto es contrario cuando las dosis son altas; asimismo; estudios realizados por Hernández (1996), citado por JULCA *et al.* (2002), reportaron que trabajando con diversas sustancias húmicas, encontraron que una concentración de 10 mg de carbono/L, favorecían el crecimiento de la planta de cebada; pero cantidades mayores lo inhibían. Esto explica, el porqué de plantones con una altura menor.

Otra posible causa del efecto negativo que sucedió al aumentar la dosis de Biosol en el sustrato, es el aumento de humedad a la vez en el sustrato, ya que en el análisis de humedad de los sustratos por tratamiento en el enciso 4.2, Figura 16, muestra que el contenido de humedad de los tratamientos T₅ y T₄ fueron menores al contenido de humedad de los demás tratamientos en estudio; y esto porque al incrementar la humedad en el sustrato, disminuye el contenido de oxígeno y los compuestos del sustrato que están oxidados se pueden reducir y cambiar sus propiedades, como el nitrato que se reduce a nitrito, ya que según AGRO ESTRATEGIAS (2017), la acumulación de nitritos en el suelo son tóxicos para las raíces de las plantas. Esta toxicidad distorsiona el papel de la raíces en la absorción de nutrientes vitales en el desarrollo del plantón y en consecuencia, obteniendo plantones de menor altura.

Es decir, el exceso de humedad en el sustrato debido al incremento del Biosol, reduce el oxígeno y por ende muchos compuestos químicamente se reducen como en el caso de los sulfatos SO_4^{2-} que es la forma oxidada, pasa a S^- (en una reducción) y de ahí a H_2S que es una forma más reducida aún y según INTAGRI (2017), el H_2S es tóxica para la planta. Al existir compuestos tóxicos en el sustrato, hay un efecto negativo en el crecimiento del plantón.



% de N T ₁ = 0.22 %	% de N T ₄ = 0.40 %	Altura del T ₁ = 29.65 cm	Altura del T ₄ = 33.19 cm
% de N T ₂ = 0.16 %	% de N T ₅ = 0.33 %	Altura del T ₂ = 31.31 cm	Altura del T ₅ = 33.60 cm
% de N T ₃ = 0.19 %	% de N T ₆ = 0.08 %	Altura del T ₃ = 28.33 cm	Altura del T ₆ = 28.41 cm

Figura 2. Regresión del porcentaje de nitrógeno del sustrato final (X) y altura del plantón (Y) a los 120 días después de la siembra.

Las características biométricas como la altura de planta, siempre se relaciona con el contenido nutricional del sustrato, tal como lo afirman SOTO y MELÉNDEZ (2004), que el nitrógeno es frecuentemente utilizado como indicador de la calidad nutricional de los abonos. Además es posible que exista relación específica de un elemento con alguna característica biométrica con la planta, así como el nitrógeno en el sustrato con la altura de la planta; por eso, en la Figura 2, se muestra que el valor del R^2 fue igual 0.6842, este valor nos indica que la variación de la altura del plantón es explicada por la cantidad de nitrógeno en el sustrato en un 68.42 %, valor que indica que no hay dependencia entre ambas variables, aunque esta variación es mayor a 50 %, por lo que es posible

que el nitrógeno disponible por el exceso de humedad se pierden a la atmósfera por la reducción química del nitrógeno.

Las plantas de cacao respondieron al alto contenido de materia orgánica, alto contenido de húmeda y por ende a los limitantes nutricionales y, a través de la restricción del crecimiento de la raíz, por lo tanto la estructuras aéreas de las plantas, se observa menor cuando el contenido de biosol es mayor (GUTIÉRREZ, 2011)

4.1.2. Diámetro de tallo

En el cuadro 7; se muestra la prueba de Duncan ($\alpha=0.05$), para la característica diámetro de tallo del plantón de cacao en fase de vivero a los 120 dds, observando que los tratamientos T₅ (10 % de Biosol + 90 % franco arcilloso) y T₃ (30 % de Biosol + 70 % franco arcilloso) alcanzaron un diámetro de tallo de 8.83 y 6.89 mm, respectivamente; asimismo, el diámetro promedio de ambos tratamientos fueron estadísticamente mayor al diámetro de tallo obtenido por los tratamientos T₄ (20 % de Biosol + 80 % franco arcilloso), T₁ (50 % de Biosol + 50 % franco arcilloso) y T₆ (100 % franco arcilloso). Además, no existen diferencias significativas entre los tratamientos T₂ (40 % de Biosol + 60 % franco arcilloso), T₄, T₁ y T₆; el promedio del diámetro de tallo del plantón de cacao de estos tratamientos fue 6.88 mm, 6.76 mm, 6.38 mm y 6.00 mm respectivamente.

La importancia del diámetro de tallo para platonos de cacao que son usados como patrones radica en el soporte cuando éstos son utilizados como portainjertos, por eso, según LÓPEZ (2011), que en la etapa de vivero de cacao, el potainjerto deberá alcanzar un diámetro promedio del tallo de 10.0 a 15.0 mm para poder iniciarse el proceso de injertación; además, Inifap (2011),

citado por CUVI *et al.* (2013), afirma que el grosor del tallo de cacao para portainjerto debe ser superior a 10 mm de diámetro; mientras, Mejía y Palencia (2005), citado por PINCHI (2008), afirman que el diámetro del plantón de cacao debe ser entre 8.0 a 10.0 mm siendo el estado óptimo para realizar el injerto. Esta bibliografía no coincide con nuestros resultados (Cuadro 8), ya que la media del diámetro de tallo varió de 6.00 a 8.83 mm.

Cuadro 7. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el diámetro de tallo del plantón de cacao a los 120 días después de la siembra en fase de vivero.

Tratamientos		Diámetro de tallo	
Clave	Descripción	(mm)	Sig.
T ₅	10 % de Biosol + 90 % franco arcilloso	8.83	a
T ₃	30 % de Biosol + 70 % franco arcilloso	6.89	a
T ₂	40 % de Biosol + 60 % franco arcilloso	6.88	a b
T ₄	20 % de Biosol + 80 % franco arcilloso	6.76	b
T ₁	50 % de Biosol + 50 % franco arcilloso	6.38	b
T ₆	100 % franco arcilloso	6.00	b

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

En base al párrafo anterior, otras referencias bibliográficas coinciden con nuestros resultados; tal como reportan Shepherd *et al.* (1981), citado por PINCHI (2008), quienes afirman que el diámetro del portainjerto de cacao debe presentar entre 5.0 a 8.0 mm; asimismo, Lorena (2005), citado por CUVI *et al.* (2013), afirman que el diámetro debe oscilar entre 7 a 8 mm. Estas diferencias del diámetro de tallo adecuado para injerto o para el establecimiento en campo definitivo, varía según la variedad de cacao u otras razones, como el

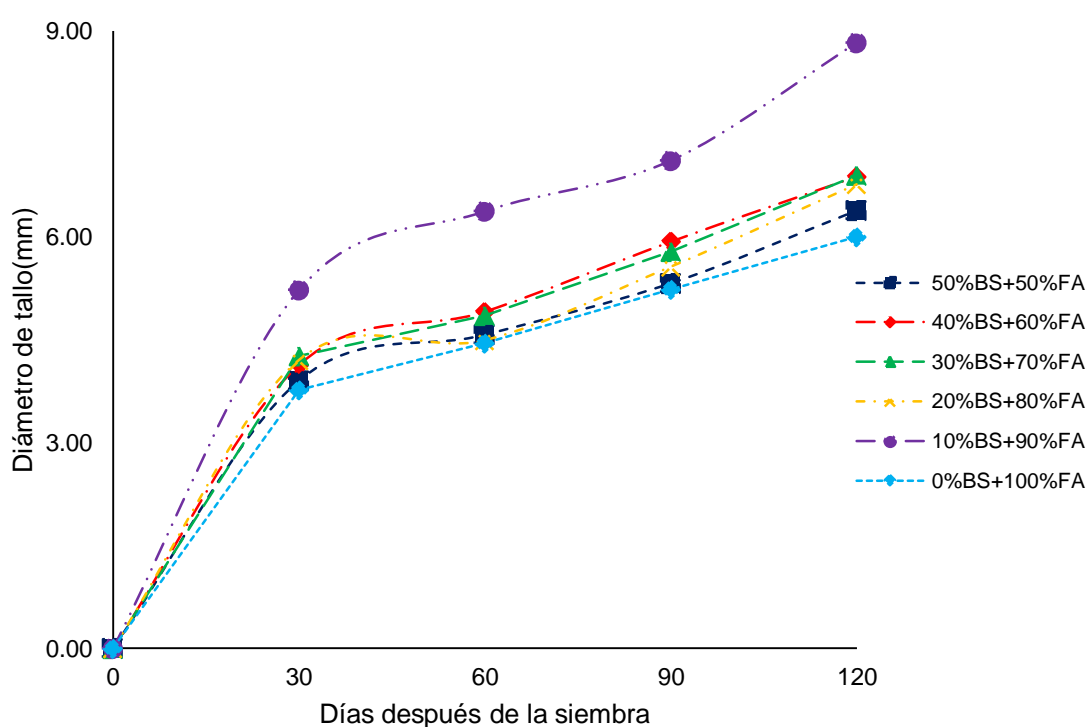
manejo en el vivero, entre ellas se puede incluir la calidad del sustrato o la fuente de abono que se puede complementar en el sustrato para la nutrición de la planta.

Existen reportes sobre el diámetro del tallo de plántones de cacao para portainjertos, por efecto de una fuente de abono orgánico en el sustrato; aclarando que nuestros resultados varió de 6.83 a 8.83 en plántones abonados con Biosol a los 120 dds, casi coincidiendo con CABRERA (2009), quién reportó un diámetro de tallo por influencia de sustratos con compost y gallinaza, a los 150 dds, entre 7.20 y 7.20 mm respectivamente. Y asimismo, nuestros resultados fueron superiores a lo alcanzado por MORE (2014), quién reportó una media de 6.66, 6.62, 6.51 y 6.17 mm de diámetro de tallo a los 134 dds, por efecto del bocashi, gallinaza, estiércol de cuy y gaicashi, respectivamente.

Sin embargo, SAJAMI (2013), reportó que a los 90 dds por influencia de seis biofermentos en el crecimiento de los plántones de cacao, el diámetro del tallo varió entre 12.36 mm a 12.80 mm; medidas superiores a lo obtenido en nuestros resultados y esto pueda deberse a la riqueza nutricional de las fuentes orgánicas u otro factor que haya influido en el sustrato de los plántones de cacao en fase de vivero. Asimismo, en la Figura 3, se muestra la tasa de desarrollo del diámetro de tallo desde la siembra hasta los 120 días después de la siembra.

Del párrafo anterior, también podemos agregar que MATHEUS *et al.* (2007), encontraron respuestas estadísticamente diferentes para el diámetro de tallo, ya que este carácter está asociado con el gran contenido de nitrógeno y fósforo asimilable de los abonos orgánicos; asimismo, CABRERA (2009),

afirma que el nitrógeno está directamente relacionado con el desarrollo del tallo. Es posible que se relacione en condiciones adecuadas, porque el exceso de Biosol en el sustrato incrementó el contenido de humedad, químicamente el nitrógeno se reduce en nitrito, compuesto que es tóxico para las raíces de las plantas, por lo que la circulación de nutrientes del suelo a la planta de cacao es bloqueada, así obteniendo plantones con menor altura y diámetro de tallo.



Leyenda:

BS = Biosol

FA = Franco arcilloso

Figura 3. Comportamiento del diámetro de tallo del plantón de cacao desde los 30 hasta los 120 días después de la siembra.

4.1.3. Número de hojas

En el Cuadro 8, se muestra la prueba de Duncan ($\alpha=0.05$), para el número de hojas del plantón de cacao a los 120 días después de la siembra en

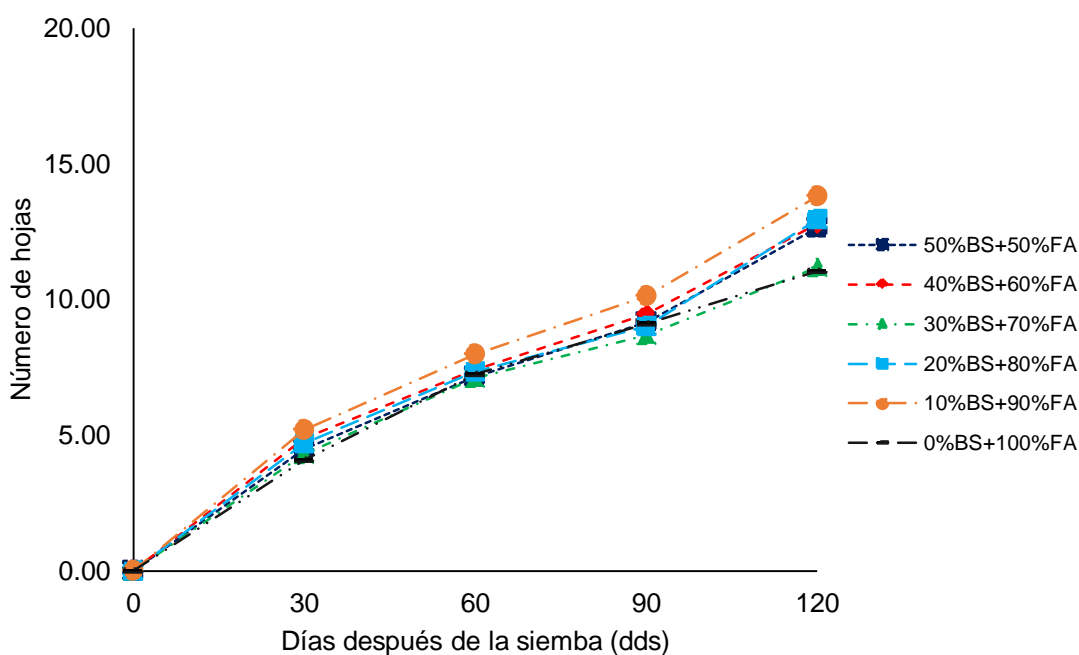
vivero, observándose estadísticamente que el diámetro de tallo del plantón del tratamiento T₆ (100 % franco arcilloso) fue menor en comparación a los demás tratamientos en estudio.

Cuadro 8. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el número de hojas por plantón de cacao a los 120 días después de la siembra en la fase de vivero.

Tratamientos		Número de hojas	
Clave	Descripción	(unidad)	Sig.
T ₅	10 % de Biosol + 90 % franco arcilloso	13.80	a
T ₄	20 % de Biosol + 80 % franco arcilloso	12.96	a
T ₂	40 % de Biosol + 60 % franco arcilloso	12.79	a
T ₁	50 % de Biosol + 50 % franco arcilloso	12.65	a
T ₃	30 % de Biosol + 70 % franco arcilloso	12.20	a
T ₆	100 % franco arcilloso	11.05	b

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

Estadísticamente el número de hojas de los tratamientos en base a Biosol fueron iguales y mayores al tratamiento T₆, y esto posiblemente porque al agregar esta fuente de materia orgánica (Biosol), incrementa la población de microorganismos en el sustrato, que a su vez, algunas bacterias específicas o protozoos liberan nitrógeno disponible (NO₃⁻) para la planta, ya que el nitrógeno es muy importante en la síntesis de clorofila en las hojas en las plantas y además, la que determina la producción de fotosintatos la cual determina la emisión de hojas en la plantas.



Leyenda:

BS = Biosol

FA = Franco arcilloso

Figura 4. Emisión del número de hojas por plantón de cacao desde la siembra hasta los 120 días después de la siembra.

El Biosol contiene alto contenido de nitrógeno (Cuadro 4), al respecto ESTRADA (2002), afirma que la formación de los tejidos vegetales (formación de las yemas) está relacionada al nitrógeno; coincidiendo con CABRERA (2009), quién afirma que el nitrógeno estimula el desarrollo vegetativo, da color verde oscuro a las plantas y está directamente relacionado con el desarrollo de las hojas; pero, dosis inadecuadas de fuentes orgánicas de nitrógeno puede generar plantas cloróticas, pálidas o con síntomas de marchitez y esto posiblemente se deba al alto contenido de humedad de la alta concentración de Biosol en el sustrato.

Haciendo hincapié sobre la emisión de hojas por plantón, se muestra que no existió una interferencia en el desarrollo de la planta en fase de vivero, ya que en la Figura 4, se muestra que la tasa de emisión del número de hojas por planta de cacao desde la siembra hasta los 120 días después de la siembra, fue lineal.

4.1.4. Área foliar

En el cuadro 9, se muestra la prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el área foliar del plantón de cacao a los 120 dds, observándose que el tratamiento T₅ (10 % de Biosol + 90 % franco arcilloso) estadísticamente obtuvo mayor área foliar que los demás tratamientos en estudio. Los tratamientos T₁ (50 % de Biosol + 50 % franco arcilloso) y T₆ (100 % franco arcilloso) fueron estadísticamente iguales menores en área foliar a los demás tratamientos en estudio. Asimismo, se observa que al incrementar el Biosol en el sustrato no incrementó el área foliar de la planta, ya que posiblemente el exceso de humedad que se da al aumentar el Biosol en el sustrato, disminuyó el contenido de oxígeno y bajo esa condición las hojas no completan su desarrollo fisiológico, ya que según INTAGRI (2017), las hojas más maduras envejecen prematuramente debido a la redistribución de los elementos móviles por el floema (N, P, K) hacia las hojas más jóvenes.

Por otra parte, el área foliar por plantón del sustrato sin Biosol (T₆) fue estadísticamente menor al área foliar obtenido por los demás tratamientos con Biosol, con excepción del tratamiento T₁, y es posible a las ventajas de estos abonos orgánicos, como nos afirma Pacousky (1988); citado por SAJAMI (2013), que los biofermentos estimulan el desarrollo de las plantas ya que son

reguladores de los azúcares y almidones en las plantas, favoreciendo el equilibrio nutricional de estas y a la vez la resistencia a ataques de plagas.

Cuadro 9. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el área foliar de la plantón de cacao a los 120 días después de la siembra en la fase de vivero.

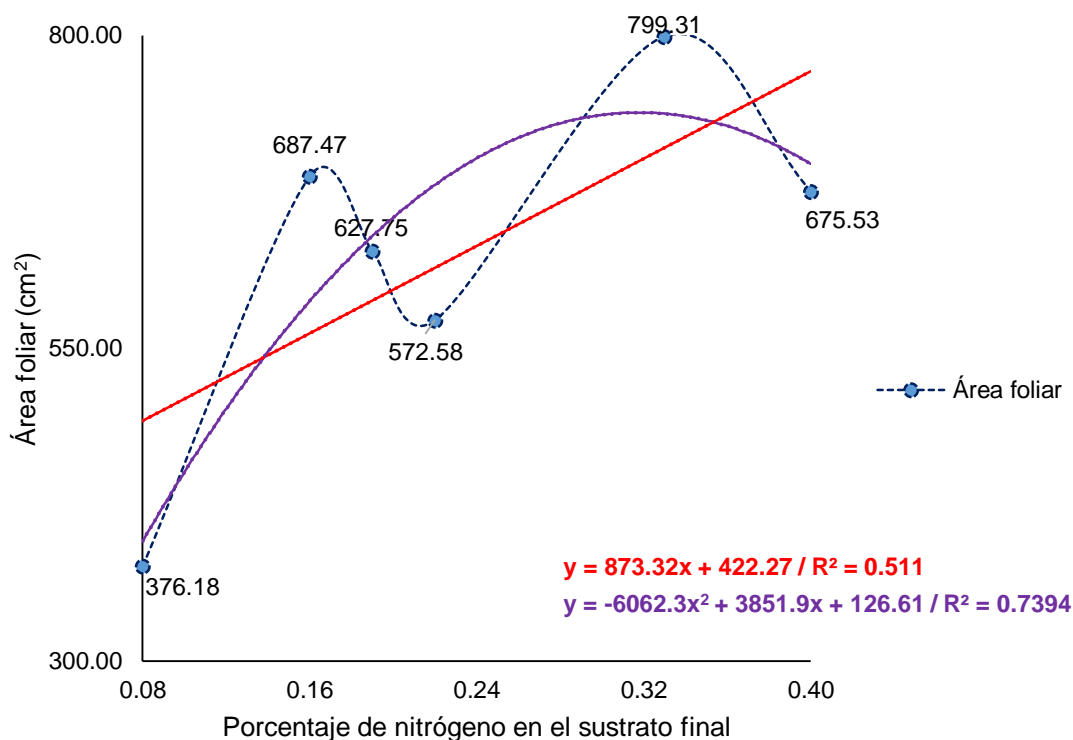
Tratamientos		Área foliar	
Clave	Descripción	(cm ²)	Sig.
T ₅	10 % de Biosol + 90 % franco arcilloso	799.31	a
T ₂	40 % de Biosol + 60 % franco arcilloso	687.47	b
T ₄	20 % de Biosol + 80 % franco arcilloso	675.53	b
T ₃	30 % de Biosol + 70 % franco arcilloso	627.75	b
T ₁	50 % de Biosol + 50 % franco arcilloso	572.58	c
T ₆	100 % franco arcilloso	376.18	c

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

Sin embargo, altas concentraciones de Biosol en el sustrato incrementando la humedad y reduciendo el contenido de oxígeno en el mismo, está comprobado que la reducción del oxígeno por exceso de humedad en un medio de crecimiento según CIRES (2010), afecta el crecimiento de muchas especies vegetales, con reducción del área foliar y marchitamiento.

Respecto a los demás características por ahora discutidos, como la altura del plantón, diámetro de tallo y número de hojas, sólo el tratamiento T₅ (10 % de Biosol + 90 % franco arcilloso) estadísticamente obtuvo mejores resultados que los demás tratamientos en estudio. Estas características se relacionan entre sí, estos plantones con mayor altura fueron más vigorosos y con un mayor área foliar; coincidiendo con Pineda (2004), citado por MEDINA *et al.*

(2010), quién afirma que cuando la cantidad de hojas en la planta se incrementa, va a existir mayor área foliar y por consiguiente mayor producción de fotoasimilados, que son responsables del crecimiento tanto en altura y de cualquier otro órgano de la planta; y esto se puede concluir según ANGULO (2009), quién afirma que a mayor número de hojas, existe mayor actividad fotosintética y por ende mayor crecimiento de la planta y otros órganos de la planta.



% de N T ₁ = 0.22 %	% de N T ₄ = 0.40 %	ÁF del T ₁ = 572.58 cm ²	AF del T ₄ = 675.53 cm ²
% de N T ₂ = 0.16 %	% de N T ₅ = 0.33 %	AF del T ₂ = 787.47 cm ²	AF del T ₅ = 799.31 cm ²
% de N T ₃ = 0.19 %	% de N T ₆ = 0.08 %	AF del T ₃ = 627.75 cm ²	AF del T ₆ = 376.18 cm ²

Figura 5. Regresión de las variables porcentaje de nitrógeno del sustrato final (X) y área foliar del plantón (Y) a los 120 días después de la siembra.

En la Figura 5, se muestra que la variable dependiente Y (área foliar por plantón) en función de la variable independiente X (porcentaje de nitrógeno

en el sustrato), no se ajusta a un modelo de predicción lineal, ya que los valores de R^2 fueron iguales a 0.511 y 0.7394 respectivamente, valores de R^2 lejanos a 1, indica que no nos sirve para hacer pronósticos del área foliar en función al porcentaje de nitrógeno en el sustrato, ya que no existe dependencia entre las dos variables. Asimismo, nuestros resultados no coincidieron con los resultados de MONSALVE *et al.* (2009), quienes observaron un incremento significativo del área foliar a medida que llegó a aumentar la concentración de nitrógeno en el medio de crecimiento; y esto posiblemente porque al disminuir el oxígeno en el sustrato por exceso de la humedad, existe la reducción del nitrato (NO_3^-) a nitrito (NO_2^-) o a óxido nitroso (N_2O) y nitrógeno molecular (N_2), sólo son tóxicos como el nitrito para las raíces, los gases como el N_2O y N_2 se pierden a la atmósfera, por lo que los plantones emiten hojas con menor área foliar.

4.1.5. Longitud y volumen del sistema radicular

En el cuadro 10, se muestra la prueba de Duncan ($\alpha=0.05$), para la longitud de la raíz de la planta de cacao a nivel de vivero, observando que el tratamiento T_6 (100 % franco arcilloso) alcanzó plantas con una longitud radicular promedio de 40.90 cm, longitud radicular que es significativamente mayor a lo obtenido por los tratamientos T_5 (10 % de Biosol + 90 % franco arcilloso), T_4 (20 % de Biosol + 80 % franco arcilloso), T_2 (40 % de Biosol + 60 % franco arcilloso), T_1 (50 % de Biosol + 50 % franco arcilloso) y T_3 (30 % de Biosol + 70 % franco arcilloso); y además, la longitud radicular promedio de los tratamientos T_5 , T_4 , T_2 , T_1 y T_3 , midieron estadísticamente iguales.

Teniendo en cuenta que el suelo sin Biosol contenía un contenido alto de materia orgánica (Cuadro 3), y que al incorporar Biosol al sustrato, se

mineralizó por acción de los microorganismos y facilitó la absorción de elementos como el nitrógeno, fósforo, potasio, entre otros, por la planta de cacao; pero a un 10 % de Biosol en el sustrato (T₅), se alcanzó plantones más vigorosos y de buen porte; los demás plantones abonados por encima de 10 % de Biosol, presentaron hojas pálidas, blancas y marchitadas como los plantones del tratamiento T₆, que estadísticamente presentó plantones con mayor longitud radicular. MONSALVE *et al.* (2009), afirman que el potencial del crecimiento de la raíz, para el número de nuevas raíces, es superior en medida que aumenta la concentración de nitrógeno en el medio de crecimiento; sin embargo, en nuestros resultados el contenido de nitrógeno en el sustrato del tratamiento T₆ fue aritméticamente menor al contenido de los demás sustratos (Cuadro 15), discrepando de dicho material bibliográfico.

Cuadro 10. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la longitud de raíz de la planta de cacao a los 120 días después de la siembra en la fase de vivero.

Tratamientos		Longitud de raíz	
Clave	Descripción	\bar{X} (cm)	Sig.
T ₆	100 % franco arcilloso	40.90	a
T ₅	10 % de Biosol + 90 % franco arcilloso	37.40	b
T ₄	20 % de Biosol + 80 % franco arcilloso	35.50	b
T ₂	40 % de Biosol + 60 % franco arcilloso	34.60	b
T ₁	50 % de Biosol + 50 % franco arcilloso	34.40	b
T ₃	30 % de Biosol + 70 % franco arcilloso	32.30	b

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

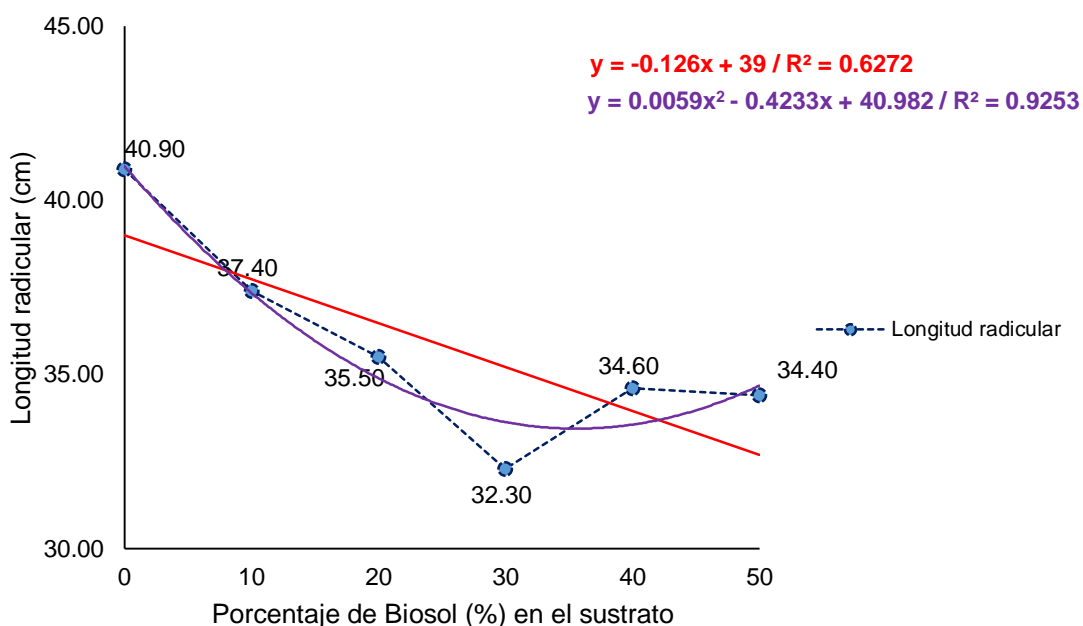


Figura 6. Regresión del porcentaje de Biosol (X) y longitud radicular del plantón (Y) los 120 días después de la siembra.

En la Figura 6, se muestra que la variable dependiente Y (longitud radicular) en función de la variable independiente X (concentración de abono en el sustrato), no se ajusta a un modelo de ecuación lineal. Sin embargo, la relación se ajusta a una ecuación polinómica de predicción, además el valor de R^2 fue 0.9253; este valor de R^2 indica que la variación de la longitud radicular del plantón es explicada por la cantidad de Biosol en el sustrato final en un 92.53 %; pero esta diferencia es aritmética, ya que la longitud radicular de los plantones que crecieron en el sustrato con Biosol fueron estadísticamente iguales y menores a la longitud radicular donde no se aplicó Biosol,

Esto posiblemente se deba a la humedad excesiva en el sustrato que dificultó el crecimiento de las raíces o alta concentración de sales, ya que el tratamiento T_6 alcanzó una longitud radicular mayor que los demás tratamientos en estudio, a pesar de tener un alto porcentaje de humedad.

Cuadro 11. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el volumen radicular de la planta de cacao a los 120 días después de la siembra en la fase de vivero.

Tratamientos		Volumen radicular	
Clave	Descripción	(cm ³)	Sig.
T ₅	10 % de Biosol + 90 % franco arcilloso	8.15	a
T ₆	100 % franco arcilloso	6.15	b
T ₄	20 % de Biosol + 80 % franco arcilloso	5.55	b c
T ₂	40 % de Biosol + 60 % franco arcilloso	5.50	b c
T ₁	50 % de Biosol + 50 % franco arcilloso	5.00	c d
T ₃	30 % de Biosol + 70 % franco arcilloso	4.60	d

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

En el Cuadro 11, se muestra la prueba de Duncan ($\alpha=0.05$), para la características volumen radicular del plantón de cacao en fase de vivero a los 120 dds, observándose que el tratamiento T₅ (10 % de Biosol + 90 % franco arcilloso) alcanzó 8.15 cm³ en volumen radicular por plantón de cacao; además, este volumen radicular fue estadísticamente mayor a los volúmenes radiculares de los tratamientos T₆ (100 % franco arcilloso), T₄(20 % de Biosol + 80 % franco arcilloso), T₂(40 % de Biosol + 60 % franco arcilloso), T₁ (50 % de Biosol + 50 % franco arcilloso) y T₃ (30 % de Biosol + 70 % franco arcilloso).

Existen referencias que el desarrollo de las raíces puede ser más influenciado por las condiciones físicas del sustrato, como nos afirma BATISTA (2008), que el desarrollo de las raíces del cacao llega a depender principalmente de la textura, estructura y consistencia del suelo; sin embargo, el tratamiento T₅ según el análisis físico final del sustrato (Cuadro 15) presenta una clase textural

franco arcilloso, para MANSILLA (2013), es un suelo pesado, excesiva retención de agua y escasa aireación; lo cual nos da entender según nuestros resultados (Cuadro 12), que el volumen del sistema radicular fue influenciado por el exceso de humedad; además, según CIRES (2010), la tasa respiratoria y el metabolismo de las raíces se ven afectados por la reducción del oxígeno debido al exceso de humedad en el medio de crecimiento de la planta.

El tratamiento T₅ (10 % de Biosol + 90 % franco arcilloso), obtuvo plantones de cacao con mayor volumen radicular, además, obtuvo plantones con superior altura, diámetro de tallo, número de hojas por planta y área foliar en comparación a los demás tratamientos en estudio, y esto nos corrobora MORE (2014), que la importancia de plantones con un buen sistema radical grande, favorece la mejor absorción de agua y los nutrientes, manteniendo un adecuado balance hídrico, además, nos afirma que con un buen sistema radical deberá ser abundante y ramificado y con raíces laterales en crecimiento; y ventajas según CANO y CETINA (2004), que las plantas con mayor volumen radicular logran tolerar adecuadamente el estrés hídrico al trasplantar en el campo. Sin embargo, el tratamiento T₆ (100 % franco arcilloso) ocupó el segundo lugar con plantas con más volumen radicular pero inferiores en la medición de los demás caracteres que los demás tratamientos en estudio, lo que contradice y discrepa con dichos materiales bibliográficos y esto es porque no se aplicó Biosol al 10 %.

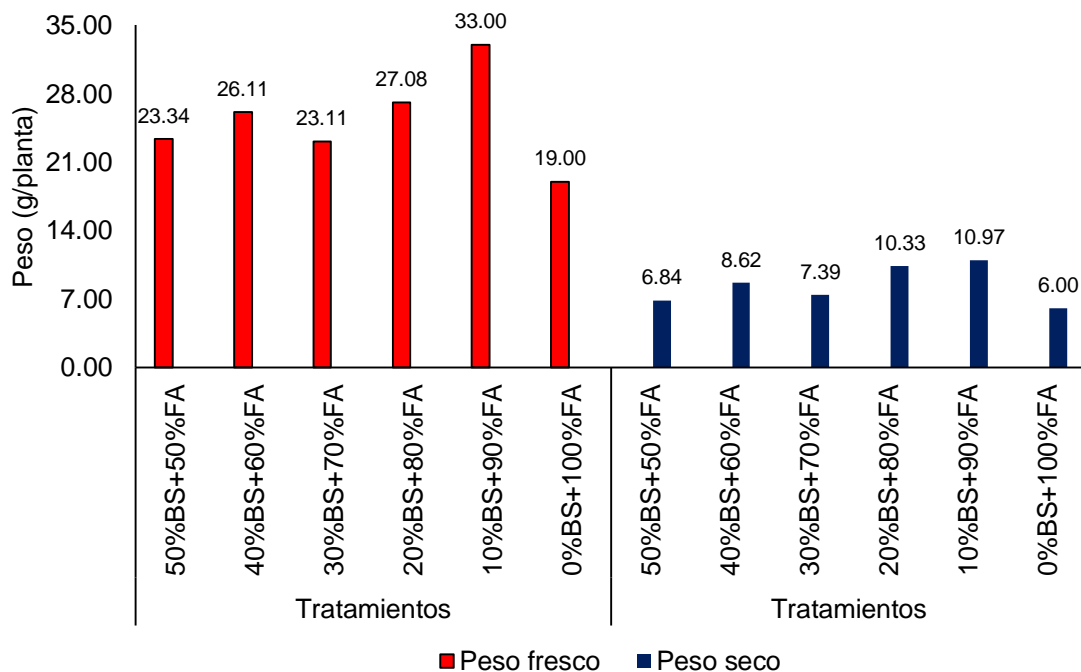
4.1.6. Peso fresco y seco de los plantones de cacao

En el cuadro 12, se muestra que el tratamiento T₅ (10 % de Biosol + 90 % franco arcilloso) estadísticamente obtuvo plantones de cacao con mayor peso fresco en comparación a lo obtenido por los demás tratamientos en estudio.

Cuadro 12. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para peso fresco y seco de la planta de cacao a los 120 días después de la siembra en la fase de vivero.

Peso fresco			Peso seco		
Clave	(g)	Sig.	Clave	(g)	Sig.
T ₅	33.00	a	T ₅	10.97	a
T ₄	27.08	b	T ₄	10.33	a
T ₂	26.11	b	T ₂	8.62	a
T ₁	23.34	c	T ₃	7.39	b
T ₃	23.11	c	T ₁	6.84	b c
T ₆	19.00	c	T ₆	6.00	c

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



Leyenda:

BS = Biosol
FA = Franco arcilloso

Figura 7. Peso fresco y seco de los tratamientos en estudio.

Estadísticamente en segundo lugar con plántones de mayor peso fresco fueron los tratamientos T₄ (20 % de Biosol + 80 % franco arcilloso) y T₂ (40 % de Biosol + 60 % franco arcilloso).

Asimismo, los tratamientos T₅, T₄ y T₂, estadísticamente obtuvieron plántones con mayor peso seco en comparación a lo obtenido por los demás tratamientos en estudio. El tratamiento T₆ (100 % franco arcilloso) obtuvo plántones con menor peso fresco y seco que los demás tratamientos en estudio.

En las Figuras 8 y 9, se muestran que la variable dependiente Y (peso fresco y seco por plánton de cacao a los 120 días después de la siembra) en función de la variable independiente X (porcentaje de abono en el sustrato), no se ajusta a un modelo de predicción, ya que los R² fueron lejanos a 1.

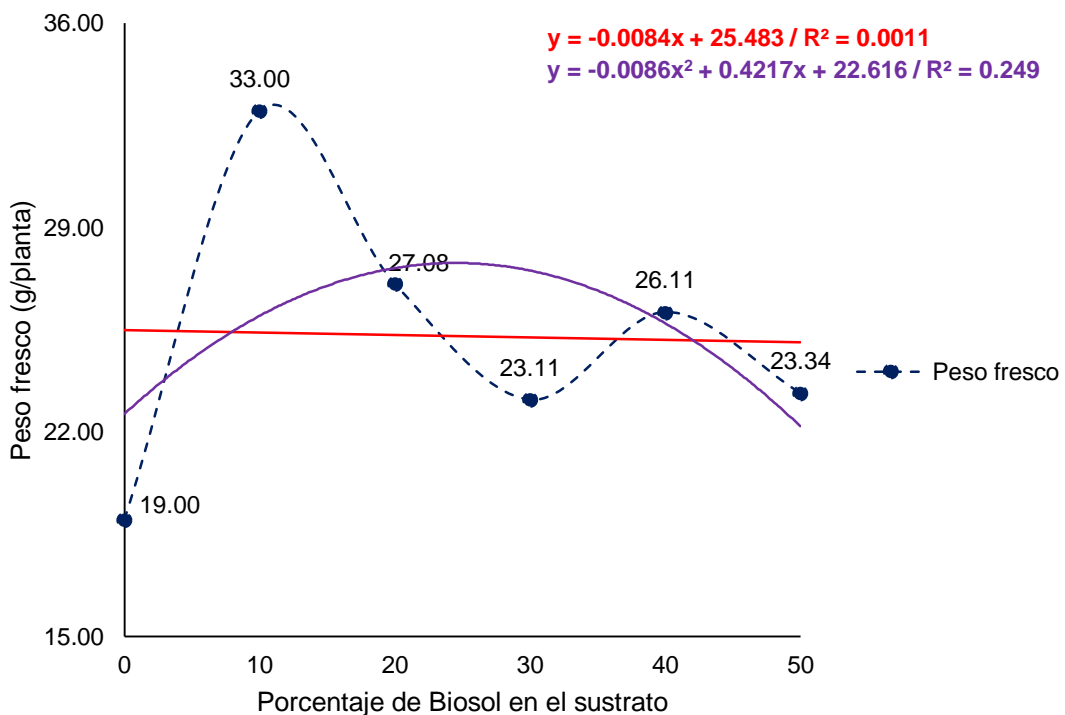


Figura 8. Regresión del porcentaje de Biosol y peso fresco del plánton

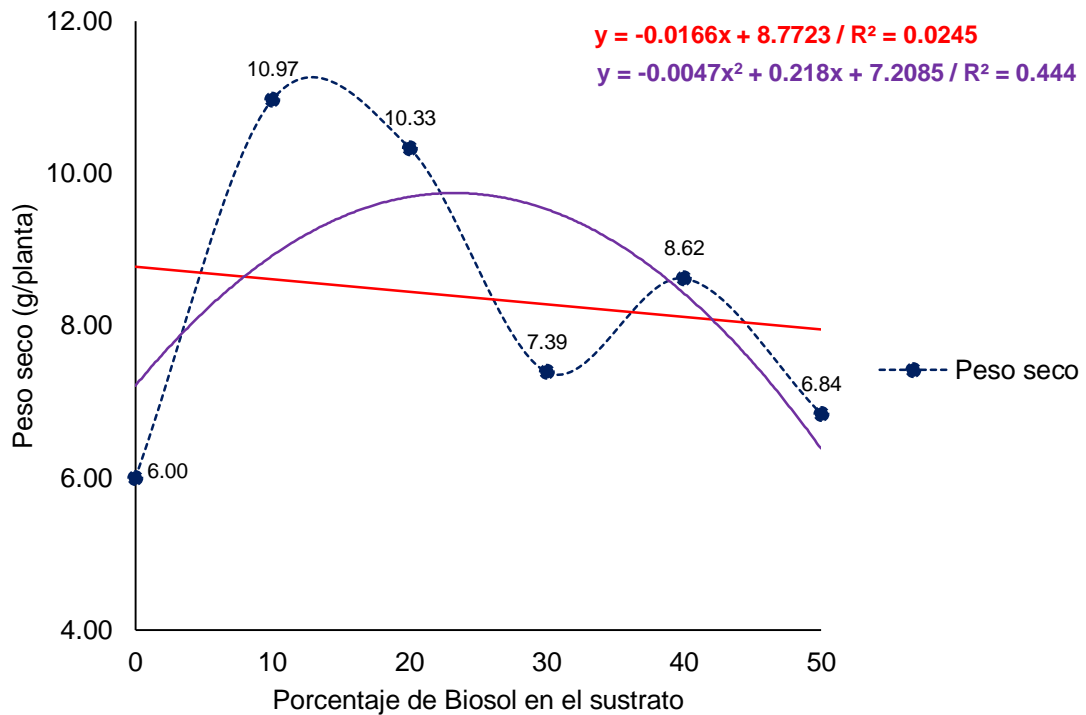
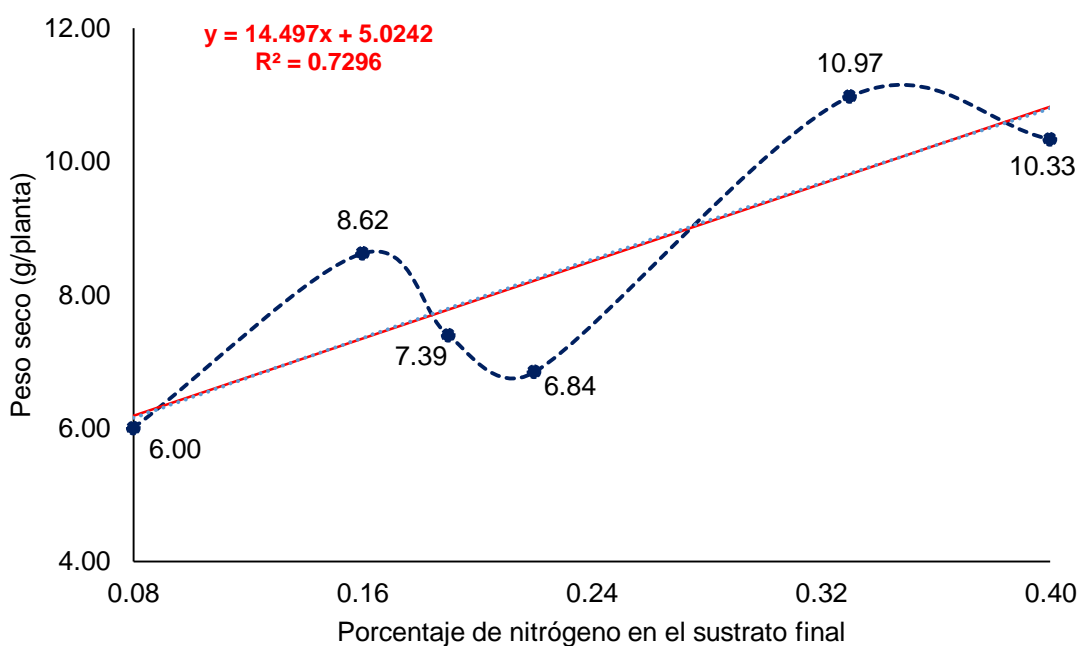


Figura 9. Regresión del porcentaje de Biosol y peso seco del plantón.

Según GUTIÉRREZ y DE LA VARRA (2012), que valores de R^2 cercanos 0, de una ecuación de predicción, indica que no existe dependencia entre dos variables; es decir, que los modelos de regresión lineal y cuadrática, no nos sirve para hacer pronósticos del peso fresco y seco por plantón en función al porcentaje del abono en el sustrato, es posible que se producen interacciones entre dos iones, que dificultan o facilitan la absorción de uno de ellos y no exista una tendencia en la respuesta de estos caracteres respecto al contenido de Biosol. Los plantones de cacao del tratamiento T_5 (10 % de Biosol + 90 % franco arcilloso) presentó mejores características biométricas y asimismo, con mayor biomasa que lo obtenido por los demás tratamientos en estudio.



T₁: 6.84 g/planta.
T₄: 10.33 g/planta.

T₂: 8.62 g/planta.
T₅: 10.97 g/planta.

T₃: 7.39 g/planta.
T₆: 6.00 g/planta.

Figura 10. Regresión de las variables porcentaje de nitrógeno del sustrato final (X) y peso seco del plantón (Y) a los 120 días después de la siembra.

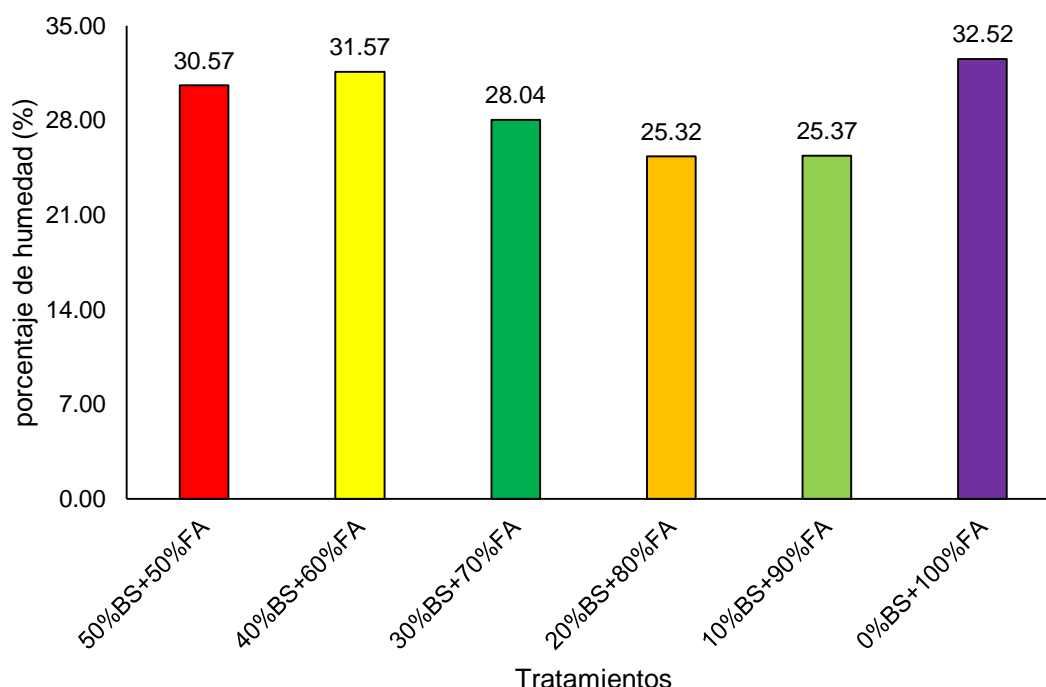
Según Martínez (s.f.), citado por MORE (2014), afirma que la producción de biomasa, está directamente relacionado con el contenido de los nutrientes; es decir que a un nivel de 10 % de Biosol en el sustrato es una fuente adecuada de nutrientes para los plantones de cacao en fase de vivero. En la Figura 10, se muestra el valor del $R^2 = 0.7296$; valor de R^2 que indica que la variación del peso seco del plantón es explicada por el contenido de nitrógeno en el sustrato en un 72.96 %, coincidiendo con ZEBALLOS (2015), quienes afirman que la extracción de nitrógeno es proporcional a la acumulación de materia seca en la planta.

De la Figura 10, Generalmente, el contenido de nitrógeno en el suelo está relacionado aritméticamente con el número de hojas, área foliar,

número de ramas, y a la vez esté relacionado con la altura del plantón, tal como se muestra en el Cuadro 7. Por lo tanto, un sustrato con 10 % de Biosol, es recomendable para los plantones de cacao, ya que los abonos orgánicos a niveles idóneos, favorece un mejor desarrollo de la plantón en fase de vivero; según Martínez (2004), citado por SAJAMI (2013), que los abonos orgánicos, llegan a aumentar la cantidad de microorganismos benéficos; ya que éstos son los encargados de mineralizar el nitrógeno. Mengel y Kirkby (2000) citado por CABRERA (2009), afirman que para la asimilación del nitrógeno por las plantas, es necesario que se encuentre en la forma amoniacal o nítrica.

4.2. Contenido de humedad de los sustratos

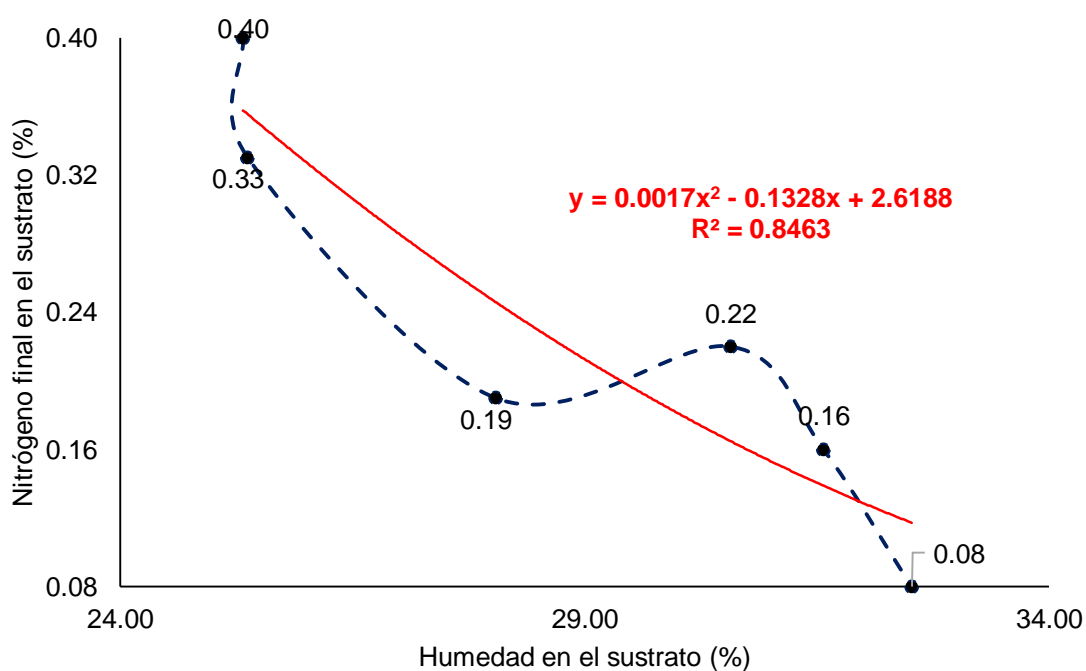
En la Figura 11, se muestra la humedad de los sustratos de los tratamientos en estudio.



Leyenda:
BS = Biosol
FA = Franco arcilloso

Figura 11. Porcentaje de humedad del sustrato de los tratamientos en estudio.

Al final del experimento, observándose que los sustratos T₁ (50 % de Biosol + 50 % franco arcilloso), T₂ (40 % de Biosol + 60 % franco arcilloso), T₃ (30 % de Biosol + 70 % franco arcilloso), T₄ (20 % de Biosol + 80 % franco arcilloso), T₅ (10 % de Biosol + 90 % franco arcilloso) y T₆ (100 % franco arcilloso), fueron 30.57 %, 31.57 %, 28.04 %, 25.32 %, 25.37 % y 32.52 % respectivamente. El tratamiento testigo T₆ obtuvo mayor contenido de humedad en el sustrato en comparación a los demás tratamientos en estudio; por su parte, los sustratos de los tratamientos T₄ y T₅ obtuvieron un contenido de humedad inferior a los demás tratamientos.



T₁: 30.57 %
T₂: 31.57 %

T₃: 28.04 %
T₄: 25.32 %

T₅: 25.37 %
T₆: 32.52 %

Figura 12. Regresión de las variables porcentaje de humedad (X) y porcentaje de nitrógeno (Y) de los sustratos de los tratamientos en estudio.

En la Figura 12, se muestra la ecuación polinómica del porcentaje de humedad del sustrato final de cada tratamiento y porcentaje de nitrógeno del sustrato final de los tratamientos en estudio a los 120 días después de la siembra (dds), observándose que el coeficiente de determinación R^2 es 0.8463, según GUTIÉRREZ y DE LA VARRA (2012), que valores de R^2 iguales a 1, indica una correlación es positiva muy fuerte entre ambas variables; lo que indica que la dependencia entre ambas variables es muy fuerte, ya que el modelo de regresión nos sirve para hacer pronósticos exactos; además, se entiende que el contenido de nitrógeno en el sustrato depende de la concentración de Biosol en un 84.63 %; y esto porque al agregar más Biosol al sustrato, que contiene restos orgánicos se van descomponiendo y se mineralizando el nitrógeno.

Los platonos de cacao que crecieron en sustrato del tratamiento T_6 (100 % franco arcilloso) estadísticamente y aritméticamente presentaron características biométricas menores en comparación a los demás tratamientos en estudio, cuyo sustrato presentó un alto porcentaje de humedad en comparación a los demás tratamientos en estudio y su contenido de nitrógeno fue menor a los tratamientos en estudio. Los plantones de cacao que crecieron en el sustrato del tratamiento T_5 (10 % de Biosol + 90 % franco arcilloso), estadísticamente obtuvo las mejores características biométricas a los 120 dds en fase de vivero, asimismo presento menor contenido de humedad y mayor porcentaje de nitrógeno en el sustrato en comparación a los demás tratamientos en estudio.

Se puede concluir que el porcentaje de humedad en el sustrato puede influir en el contenido de nitrógeno del mismo sustrato y esto influir en el desarrollo de los plantones de cacao en fase de vivero, ya que posiblemente al disminuir el

oxígeno en el sustrato por exceso de la humedad, existe la reducción del nitrato (NO_3^-) a nitrito (NO_2^-) o a óxido nitroso (N_2O) y nitrógeno molecular (N_2), donde los gases como el N_2O y N_2 se pierden a la atmósfera; asimismo, Hernández y CRUZ (1993); citado por AGÜERO (2010), hacen referencia que uno de los nutrientes más variables es la proteína cruda, la cual es afectada por la humedad que contenga, ya que las bacterias presentes en el material desdoblan el ácido úrico y lo convierten en amoníaco, el cual se evapora.

En la Figura 13, se muestra que los valores de R^2 nos indican que la variación de la humedad en el sustrato es explicada por la cantidad de Biosol en el sustrato final por debajo de un 55 %; lo que nos indica, que no se ajusta a ni una de las ecuaciones, ya que la dependencia entre ambas variables es débil. Esto explica porque los resultados de los tratamientos con mayor contenido de humedad en su sustrato final fueron significativamente menores en comparación a los resultados del tratamiento T_5 (10 % de Biosol + 90 % franco arcilloso), cuyo sustrato tenía menor porcentaje de humedad; según ÁVILA *et al.* (2010), se puede relacionar principalmente con dos factores, primero por el aumento de la acidez del sustrato, y segundo, por la retención de humedad de estos materiales orgánicos. Asimismo, en un medio de crecimiento con exceso de humedad según CIRES (2010), los microorganismos anaerobios reducen Fe^{3+} a Fe^{2+} y debido a cambios y la actividad oxidativa por transformación de redox, el Fe^{2+} puede alcanzar concentraciones tóxicas cuando los suelos están en condiciones anaeróbicas durante muchas semanas y otros microorganismos anaerobios pueden reducir sulfatos (SO_4^{2-}) a sulfuro de hidrógeno (H_2S), un veneno que afecta la respiración de las plantas.

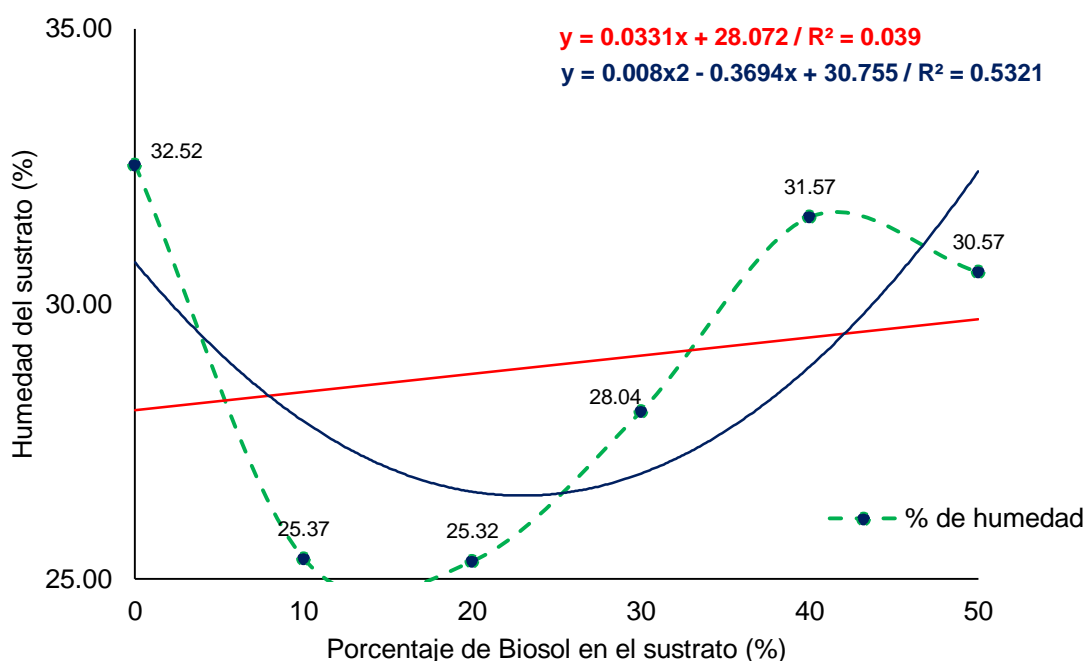
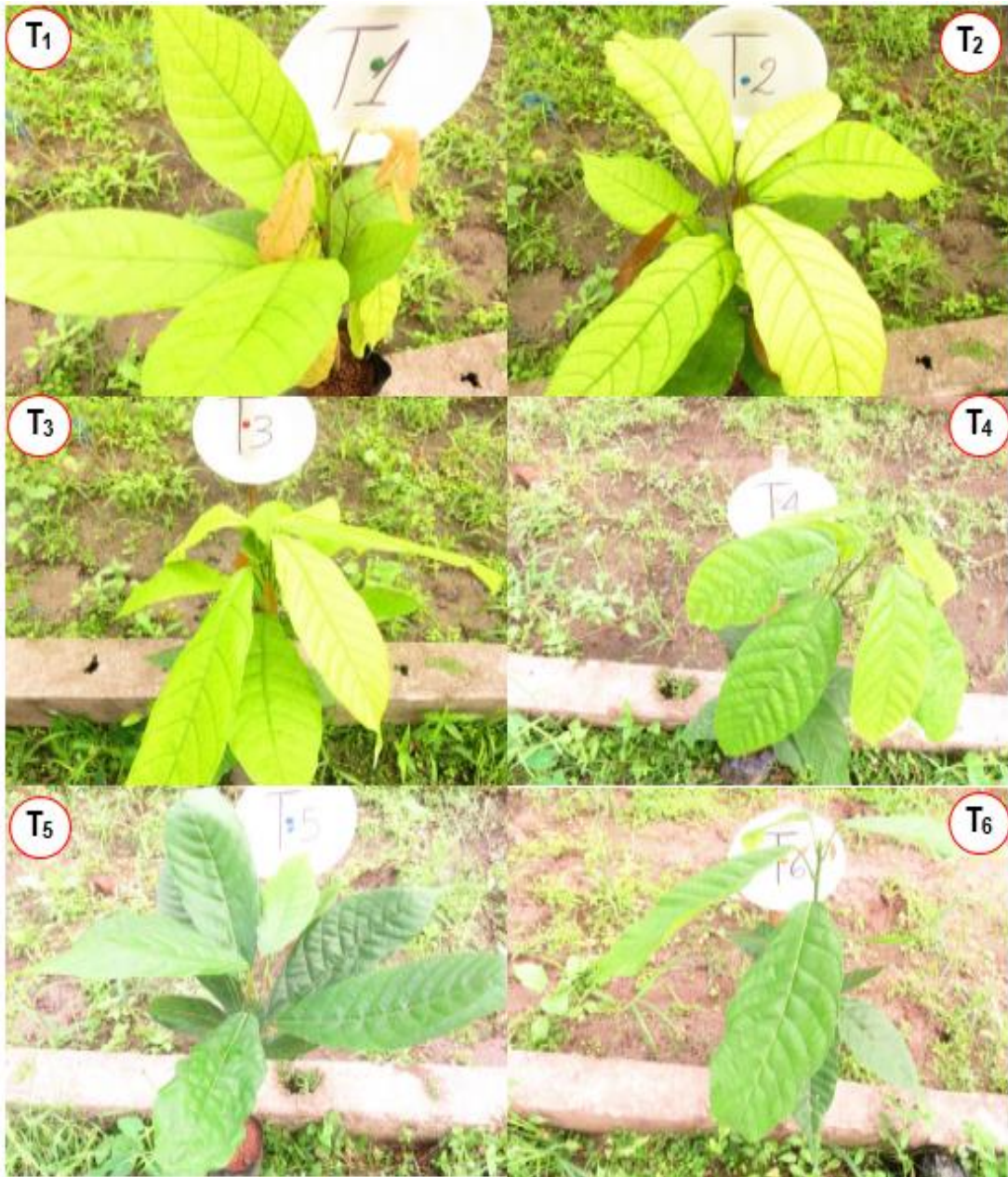


Figura 13. Regresión de las variables porcentaje de Biosol del sustrato final (X) y porcentaje de humedad de los sustratos (Y).

4.3. Diagnóstico visual de los plántones de cacao y análisis foliar

En la Figura 14, se muestra el diagnóstico visual del plánton de cacao por tratamiento en estudio a los 120 días después de la siembra (dds) en fase de vivero, observándose que los plántones de cacao de los tratamientos T₁ (50 % de Biosol + 50 % franco arcilloso), T₂ (40 % de Biosol + 60 % franco arcilloso), T₃ (30 % de Biosol + 70 % franco arcilloso) y T₄ (20 % de Biosol + 80 % franco arcilloso), presentaron plántones con hojas con la llamada clorosis férrica, donde la tonalidad clorótica o amarillenta se reduce según el porcentaje de Biosol en el sustrato, ya que los tratamientos T₅ (10 % de Biosol + 90 % franco arcilloso) y T₆ (100 % franco arcilloso) presentaron plántones con hojas sin clorosis; aunque las hojas del plánton del tratamiento T₆ fueron pálidas con menos área foliar y hojas.



Leyenda:

T₁: 50 % de Biosol + 50 % franco arcilloso
T₃: 30 % de Biosol + 70 % franco arcilloso
T₅: 10 % de Biosol + 90 % franco arcilloso

T₂: 40 % de Biosol + 60 % franco arcilloso
T₄: 20 % de Biosol + 80 % franco arcilloso
T₆: 100 % franco arcilloso

Figura 14. Diagnóstico visual del plantón de cacao por tratamiento en estudio a los 120 días después de la siembra en fase de vivero.

Elementos menores se pueden ver afectados negativamente al aumentar el pH del suelo, como el hierro, ya que la deficiencia de hierro en las plantas

usualmente se puede detectar por la clorosis, ÁVILA *et al.* (2010), reportaron que el incremento del pH hasta niveles básicos en el suelo causó deficiencias de elementos menores, especialmente de hierro, pues en la mayor proporción de abonos orgánicos se presentaron síntomas de deficiencia de este nutriente en la hoja; coincidiendo con el análisis foliar del elemento hierro como se muestra en la Figura 15, ya que los contenidos menores de hierro en la hoja lo obtuvieron los tratamientos T₁, T₂, T₃ y T₄ y son los que presentaron hojas cloróticas; por su parte el tratamiento T₅ que no presentó hojas cloróticas, obtuvo alto contenido de hierro en las hojas que los demás tratamientos en estudio.

LEIVA (s f), refiere que el rango de suficiencia en tejidos foliares para el cultivo de cacao con respecto a los macronutrientes es: P 0.13-0.35 %, Ca 0.30-0.60 %, Mg 0.20-0.50 % y k 1.20-2.20 %; con respecto a los micronutrientes los valores son: Cu 8-12 ppm, Fe 20-300 ppm, Zn 20-100 ppm y Mn 50-300 ppm. Tomando estas referencia se observa (Cuadro 14) que el contenido de fosforo (P) es bajo para los tratamientos T₅ y T₆, adecuado contenido de Ca y Mg, pero con respecto al contenido de K T₁, T₂ y T₆ está debajo de la referida cita. Para los valores de macronutrientes se observa alto contenido de Cu en todos los tratamientos, alto contenido de Fe para todos los tratamientos, destacando el T₅ con un valor de 2547.99 ppm, asimismo se observa alto contenido en Zn y alto contenido en Mn. Asimismo, LORA (2001), quienes relacionan que la deficiencia de hierro es por la presencia de carbonatos, los cuales mitigan la disponibilidad de hierro para la planta; exceso de carbono por las sustancias húmicas formadas por el Biosol en el sustrato, lo que generó la deficiencia de hierro en los plantones de cacao.

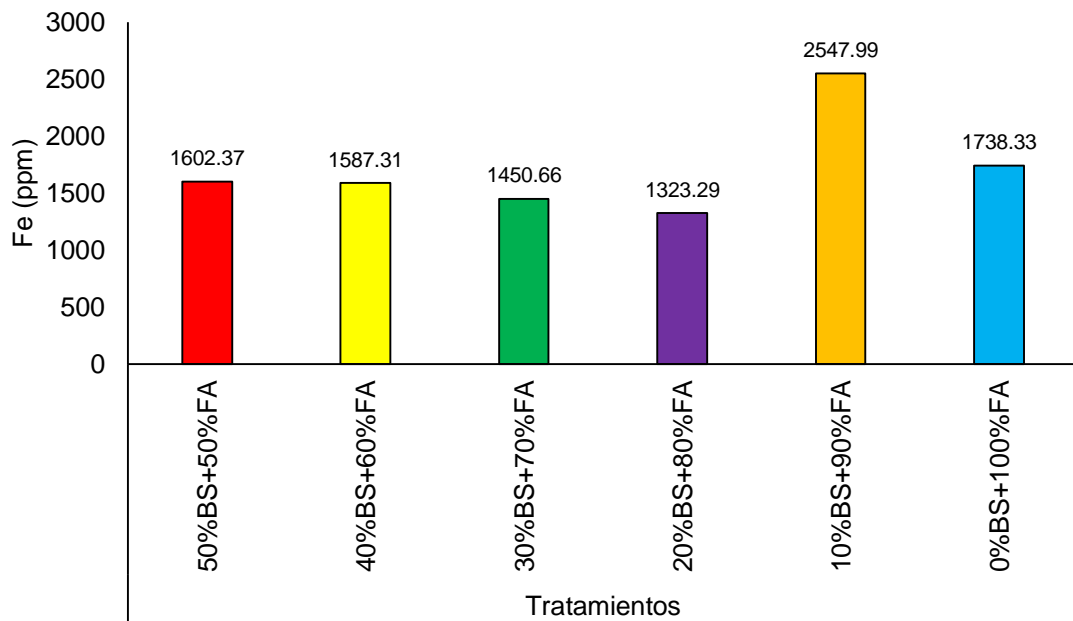
Cuadro 13. Análisis foliar de los plantones de cacao y rangos de comparación de los tratamientos n estudio por el método de analysis handbook II (1996).

Clave	Porcentaje (%)									Nutrientes (ppm)			
	Cenizas en base seca	Materia orgánica en base seca	Humedad	N (base húmeda)	P ₂ O ₅	Ca	Mg	K	Na	Cu	Fe	Zn	Mn
T ₁	12.39	87.61	8.17	2.80	0.16	0.41	0.29	0.72	0.02	26.82	1602.37	258.45	274.77
T ₂	12.00	88.00	7.60	2.62	0.16	0.37	0.27	0.91	0.02	23.78	1587.31	244.83	211.86
T ₃	13.48	86.52	8.50	2.70	0.18	0.37	0.30	1.57	0.02	26.34	1450.66	246.97	194.51
T ₄	10.67	89.33	8.82	2.78	0.16	0.46	0.37	1.32	0.03	30.25	1323.29	363.84	191.84
T ₅	10.70	89.30	7.87	2.92	0.13	0.43	0.30	1.08	0.02	31.45	2547.99	374.15	195.75
T ₆	8.00	92.00	7.94	2.49	0.10	0.35	0.36	0.95	0.02	29.66	1738.33	185.44	28.74

Leyenda:

T₁: 50 % de Biosol + 50 % franco arcilloso
T₃: 30 % de Biosol + 70 % franco arcilloso
T₅: 10 % de Biosol + 90 % franco arcilloso

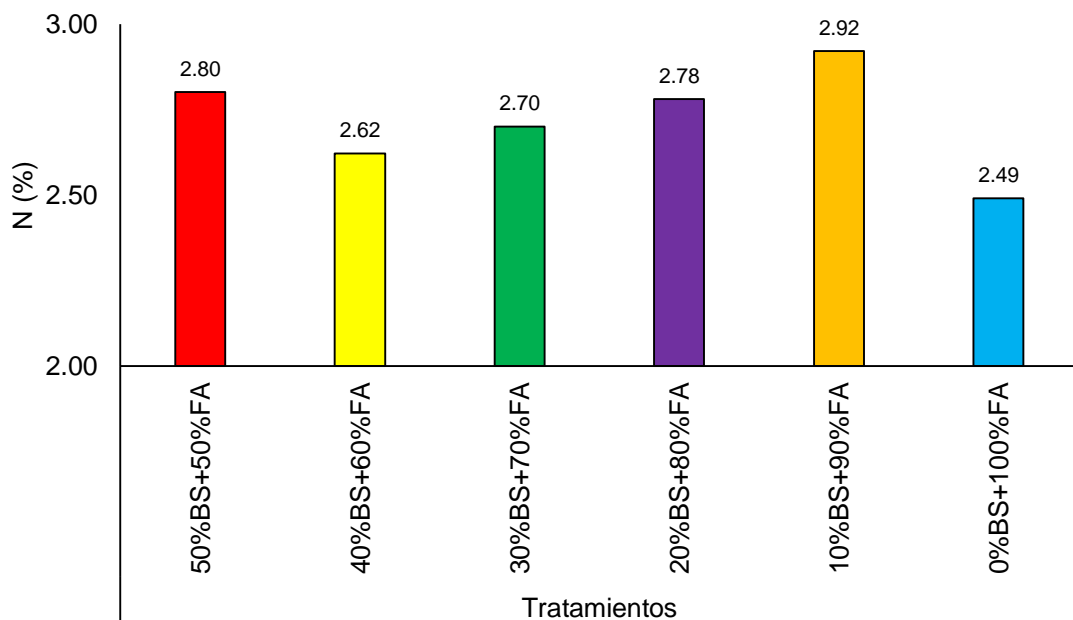
T₂: 40 % de Biosol + 60 % franco arcilloso
T₄: 20 % de Biosol + 80 % franco arcilloso
T₆: 100 % franco arcilloso.



Leyenda:

BS = Biosol
FA = Franco arcilloso

Figura 15. Contenido de hierro en las hojas de los plantones de cacao.



Leyenda:

BS = Biosol
FA = Franco arcilloso

Figura 16. Contenido de nitrógeno en las hojas de los plantones de cacao.

En la Figura 16, se muestra el contenido de nitrógeno en las hojas de los tratamientos en estudio, observándose que las hojas de los plantones de cacao del tratamiento T₅ (10 % de Biosol + 90 % franco arcilloso), presentaron mayor contenido de nitrógeno en sus hojas que los demás tratamientos en estudio; cabe mencionar que el nitrógeno está relacionado con la biomasa, hojas y área foliar de las plantas, como se muestran en nuestros resultados en las evaluaciones realizadas, donde el tratamiento T₅ obtuvo mejores características, tal como observaron MONSALVE *et al.* (2009), que el aumento significativo del área foliar fue a medida que aumentó la concentración de nitrógeno en el sustrato; Agrios (1997), citado por JULCA *et al.* (2002), afirman que el nitrógeno favorece más el crecimiento de las plantas jóvenes. Los plantones de cacao de los tratamientos con 20%, 30 %, 40 % y 50 % de Biosol en el sustrato presentaron hojas cloróticas (Figura 14), menor número de hojas y área foliar, y presentar otras características biométricas menores al tratamiento T₅; al emplear proporciones de Biosol mayor al 20 %, aumentó del pH y retención de la humedad del sustrato, reduciendo elementos menores como el hierro o como el azufre.

Según SALAS (2003), afirma que el magnesio afecta el índice del área foliar, así como como las unidades de clorofila existentes, así mismo menciona que el menor tamaño y menor número de células en la hoja y por lo tanto disminución en el área foliar en plantas es el resultados de deficiencia de azufre, ya que la mineralización del azufre es afectada por la relación C/S, la temperatura y la humedad. La presencia de carbono es mayor a mayor contenido de Biosol en el medio de crecimiento, el carbono que se encuentra en las sustancias húmicas que a altas concentraciones inhibe elementos como el

azufre; JULCA *et al.*, (2001), trabajando con diversas sustancias húmicas, encontró que una concentración de 10 mg de carbono/L, favorecían el crecimiento de la planta de cebada; pero cantidades mayores lo inhibían; asimismo coincidiendo con KONONOVA (1982), citado por JULCA *et al.* (2002), quién afirma que las sustancias húmicas procedentes de la materia orgánica, cuando se encuentran en pequeñas dosis, ejercen una influencia positiva sobre las plantas; pero su efecto es contrario cuando las dosis son muy altas. Se llega a concluir que a cantidades mayores al 20 % de Biosol en el sustrato, perjudica el desarrollo de plantones de cacao en fase de vivero, por el exceso de carbono procedente de las sustancias orgánicas como los ácidos húmicos.

Castellanos *et al.* (2000); citado por ACEVEDO *et al.* (2004) refieren que el hierro es un elemento necesario en la síntesis de clorofila y forma parte esencial del citocromo, el cual actúa como portador de electrones en la fotosíntesis y en la respiración. Su movilidad en la planta es muy baja y su contenido total varía de 20 a 3000 ppm, es absorbido por la raíz en forma activa como Fe^{2+} y Fe^{3+} o como quelato y como tal se transporta vía xilema. (Castellanos *et al.*, 2000). Tomando esta referencia concuerda con los resultados de nuestra investigación, ya que en el Cuadro 14 observamos que el contenido de hierro es bajo menos de 3000 ppm y el valor más alto se observa en el T₅ valor de 2547.99 ppm, asimismo se observa en la figura 14 la clorosis de plantas, la cual estaría obedeciendo al alto contenido de hierro según la referencia

4.4. Análisis químico del sustrato al final del experimento

En el Cuadro 14, se muestra el análisis químico de los sustratos al final del experimento, comparado con el suelo inicial (SI).

Cuadro 14. Análisis químico de los sustratos al final del experimento.

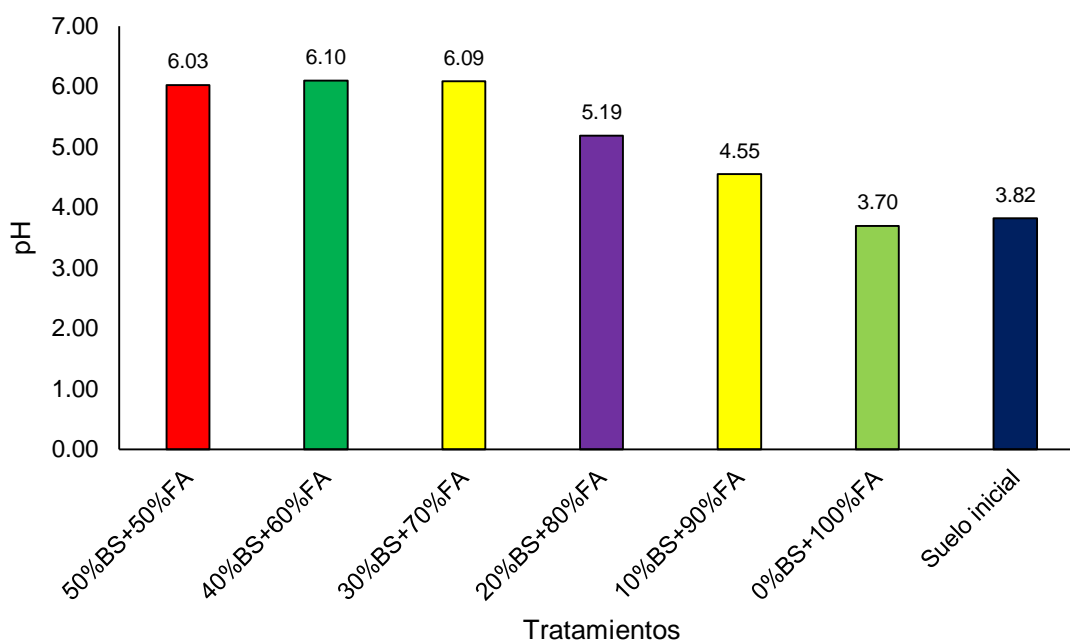
Clave	Textura	pH	%		ppm		CIC	Cmol (+)/kg						CICe	%		
			MO	N	P	K		Ca	Mg	K	Na	Al	H		BC*	AC*	SA*
T ₁	Franco ar.	6.03	4.95	0.22	7.82	322.42	27.18	21.40	5.07	0.62	0.09	xxx	xxx	xxx	100.00	0.00	0.00
T ₂	Franco	6.10	3.54	0.16	6.77	309.04	15.60	20.40	4.51	0.58	0.11	xxx	xxx	xxx	100.00	0.00	0.00
T ₃	Franco	6.09	4.24	0.19	4.57	241.33	13.37	18.50	4.16	0.64	0.77	xxx	xxx	xxx	100.00	0.00	0.00
T ₄	Franco arc.	5.19	8.84	0.40	4.67	222.03	xxx	8.25	2.68	xxx	xxx	0.40	0.20	11.53	94.79	5.21	3.47
T ₅	Franco arc.	4.55	7.42	0.33	6.77	178.02	xxx	7.70	2.27	xxx	xxx	0.50	0.30	10.77	92.57	7.43	4.64
T ₆	Franco arc.	3.70	1.77	0.08	2.66	91.33	xxx	3.75	0.78	xxx	xxx	4.10	0.70	9.33	48.57	51.43	43.93
SI	Franco arc.	3.82	2.05	0.10	16.94	162.18	xxx	4.07	1.74	xxx	xxx	0.67	0.32	6.79	85.50	14.50	9.86

BC* = Bases cambiables., AC* = Acidez cambiabile., SA = Saturación de aluminio., ar. = Arenoso., arc. = Arcilloso

Leyenda:

T₁: 50 % de Biosol + 50 % franco arcilloso
T₃: 30 % de Biosol + 70 % franco arcilloso
T₅: 10 % de Biosol + 90 % franco arcilloso
SI: Suelo inicial.

T₂: 40 % de Biosol + 60 % franco arcilloso
T₄: 20 % de Biosol + 80 % franco arcilloso
T₆: 100 % franco arcilloso



Leyenda:

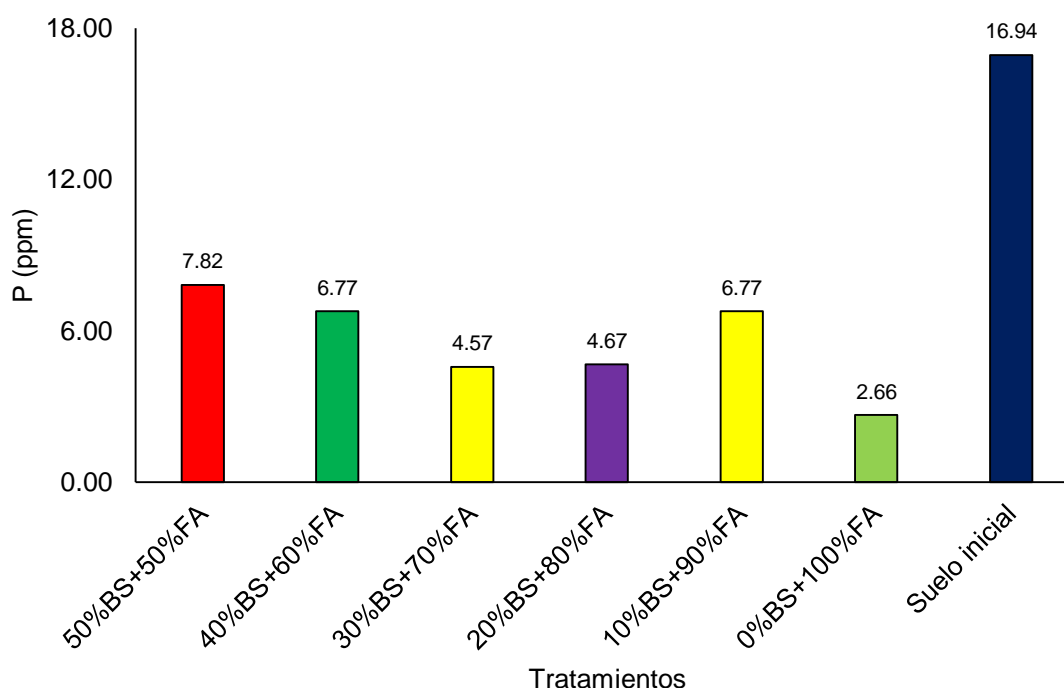
BS = Biosol
FA = Franco arcilloso

Figura 17. pH de los sustratos de los tratamientos en estudio.

En la Figura 17, se muestra los valores de pH de los sustratos al final del experimento comparado con el pH del suelo inicial, observándose que los niveles de pH aumentaron al agregar Biosol en el suelo, ya que el pH inicial era 3.82, y alcanzó niveles de 4.55 a 6.03, según Igac (1995) citado por SERRANO y VARGAS (2005), que la interpretación del pH del suelo es muy ácido cuando sus valores son menores a 4.5, además, que el pH es prácticamente neutro cuando tiene un rango de 6.0 a 7.3. Los mejores resultados con características biométricas del plantón de cacao se obtuvieron con un pH de 4.55 del tratamiento T₅ (10 % de Biosol + 90 % franco arcilloso)

En la Figura 18, se muestra los valores de fósforo (ppm) en los sustratos de los tratamientos en estudio comparado con el nivel de fósforo del suelo inicial, observándose que los niveles de fósforo se redujo de 16.94 ppm de P a niveles

de 2.66 a 7.82. El pH siempre está relacionado con la disponibilidad de fósforo en el suelo, los tratamientos T₁ (50 % de Biosol + 50 % franco arcilloso), T₂ (40 % de Biosol + 60 % franco arcilloso) y T₃ (30 % de Biosol + 70 % franco arcilloso) alcanzaron un pH por encima de 6.0, MANSILLA (2013), afirma que valores pH entre 3.5 a 5.5 del suelo presenta problemas de toxicidad de aluminio, fijación, absorción y baja disponibilidad de fósforo; MOLINA (2003b), afirma que el fósforo fomenta el desarrollo de las raíces; sin embargo, los plantones de cacao con mejor longitud y volumen radicular fue del tratamiento T₅ con un pH de 4.55.



Leyenda:

BS = Biosol
FA = Franco arcilloso

Figura 18. Fósforo de los sustratos de los tratamientos en estudio.

De acuerdo a los Cuadros 11 y 12, los tratamientos T₅ y T₆ (100 % franco arcilloso), presentaron plantones de cacao con mejor longitud y volumen radicular que los demás tratamientos en estudio, siendo sustratos con pH con problemas de fijación, absorción y baja disponibilidad de P; ya que según Ignatieff y Page

(1959), citado por CABRERA (2009), un aporte adecuado de fósforo estimula el buen desarrollo radicular; sin embargo, nuestros resultados discrepan de dichos materiales bibliográficos. El tratamiento T₆ obtuvo plantones con características biométricas menores a los demás tratamientos con Biosol, a pesar de presentar un buen sistema de volumen radicular, y esto es posible al 43.93 % de saturación de aluminio (Cuadro 15) en el suelo, Malavolta (1984), citado por MANSILLA (2013), afirma que valores de 36 a 50 % de Al, es perjudicial para las plantas

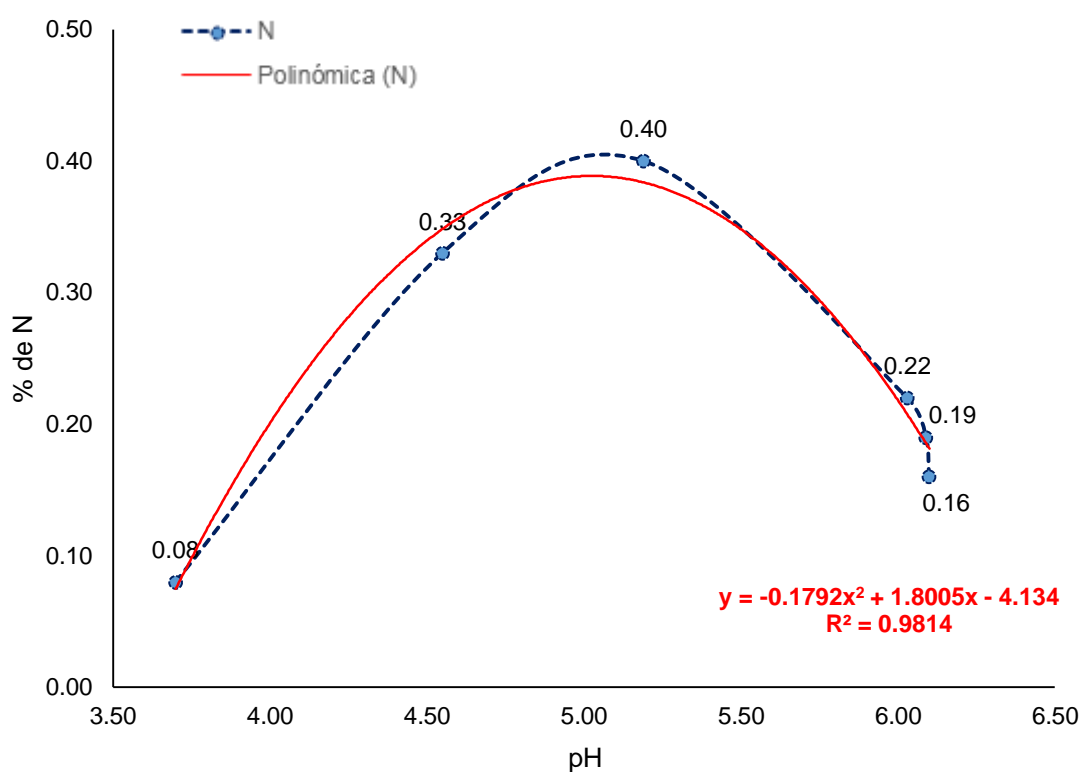
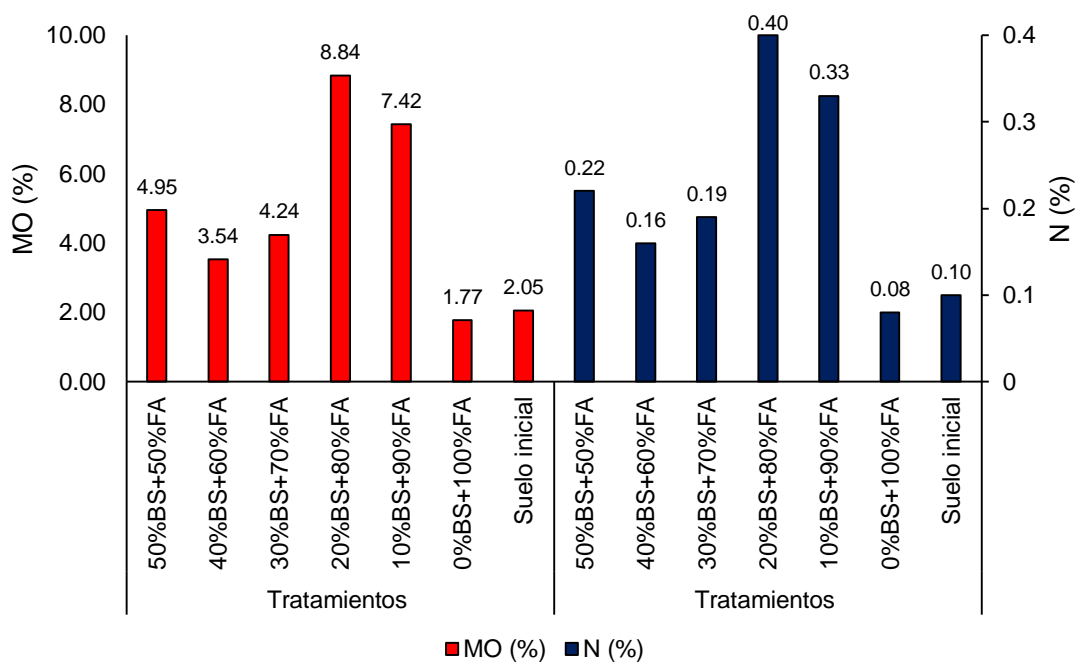


Figura 19. Regresión polinómica de entre las variables pH y porcentaje de N en el sustrato.

En la Figura 19, se muestra la relación entre las variables pH y porcentaje de N en el sustrato, ajustándose a una ecuación polinómica con un valor de R^2 casi igual a 1, es decir que una correlación muy fuerte y que existe dependencia

entre ambas variables, de modo tal que se puede realizar pronósticos exactos. El porcentaje de nitrógeno aumentó hasta un valor de 5.00 en el sustrato y luego disminuyó a medida que el pH aumentó a un valor más de 5.00 en el sustrato; lo que indica, que altos contenidos de Biosol en el sustrato puede aumentar el pH y disminuir el contenido de nitrógeno; JENNY (1941), llegó a determinar que bajo la escasez de precipitaciones, los valores de pH son altos denotando alcalinidad y por consiguiente los niveles de materia orgánica se reducen; el contenido de materia orgánica está estrechamente relacionado con el contenido de nitrógeno



Leyenda:

BS = Biosol
FA = Franco arcilloso

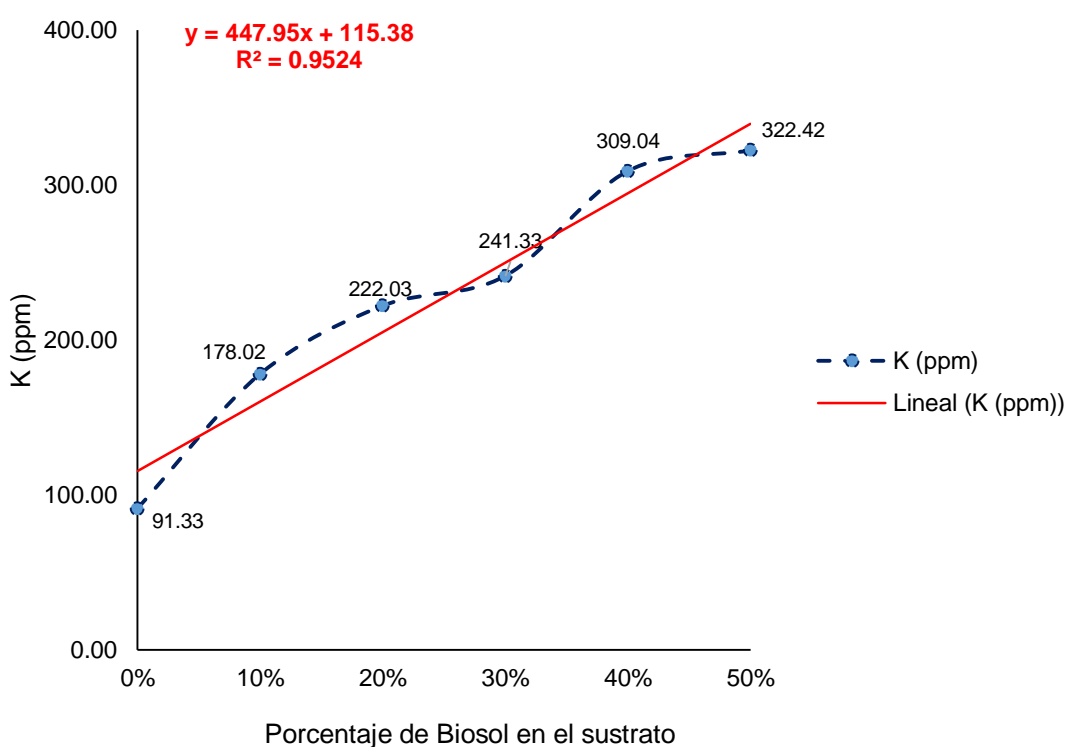
Figura 20. Materia orgánica y nitrógeno de los sustratos de los tratamientos en estudio.

Los tratamientos T₄ (20 % de Biosol + 80 % franco arcilloso) y T₅ (10 % de Biosol + 90 % franco arcilloso) obtuvieron mayor porcentaje de materia orgánica

y nitrógeno que los demás tratamientos en estudio; además los tratamientos con Biosol obtuvieron mejor porcentaje de materia orgánica y nitrógeno en el sustrato en comparación al sustrato del tratamiento T₆ (100 % franco arcilloso); asimismo, la incorporación de Biosol en un suelo con bajo porcentajes de materia orgánica y nitrógeno, aumento aritméticamente ambos elementos (Figura 25).

El porcentaje de materia orgánica del suelo inicial fue un valor de 2.05 %, ROMERO (1992), quien en un estudio realizado en los suelos de Leoncio Prado, encontró que el contenido de la materia orgánica fluctuó de 0.6 hasta 5.7 % con un promedio de 2.43 %; en nuestros resultados al agregar Biosol, los niveles de materia orgánica en el sustrato fluctuó de 3.54 % a 8.84 %, según MANSILLA (2013), el contenido de nitrógeno en el suelo por encima del 4 %, se considera un suelo con alta disponibilidad de nitrógeno; lo que nos indica que el aporte de Biosol aumentó el contenido de materia orgánica a niveles óptimos; BRAÑES *et al.* (2005), los abonos orgánicos incorpora los nutrientes y materia orgánica al suelo, además aumentan la fertilidad y cantidad de microorganismos del suelo. La incorporación de Biosol es también la adición de los microorganismos en el sustrato, los microorganismos ayudan en la mineralización de la materia orgánica y liberar elementos disponibles como el nitrógeno, fósforo entre otros, asimismo la incorporación de sustancias húmicas, que son moléculas complejas orgánicas formadas por la descomposición de materia orgánica, que influyen directamente en la fertilidad del suelo, incidiendo en la absorción de nutrientes y como consecuencia directa, en un crecimiento y desarrollo óptimo de la planta; tal como afirma MOLINA (2003a), que las sustancias húmicas son activadores de la flora microbiana del suelo que incrementa la mineralización de la materia

orgánica y la consecuente liberación de nutrimentos a formas disponibles para las raíces de las plantas. Sin embargo, basándonos en nuestros resultados al aumentar la proporción al 20 % de Biosol en el sustrato, presentó plantones con hojas cloróticas, también presentó plantones con inferiores características biométricas en comparación a los plantones del tratamientos con Biosol al 10 % (T₅), sin embargo los plantones de cacao con Biosol presentaron mejores características que el tratamiento T₆ (100 % franco arcilloso), aunque con problemas de deficiencia de hierro (Figura 19), y esto es que al aumentar el contenido de Biosol aumentó el contenido de sustancias húmicas que interfiere en la mineralización de materia orgánica y se limite la absorción de otros elementos en forma óptima.



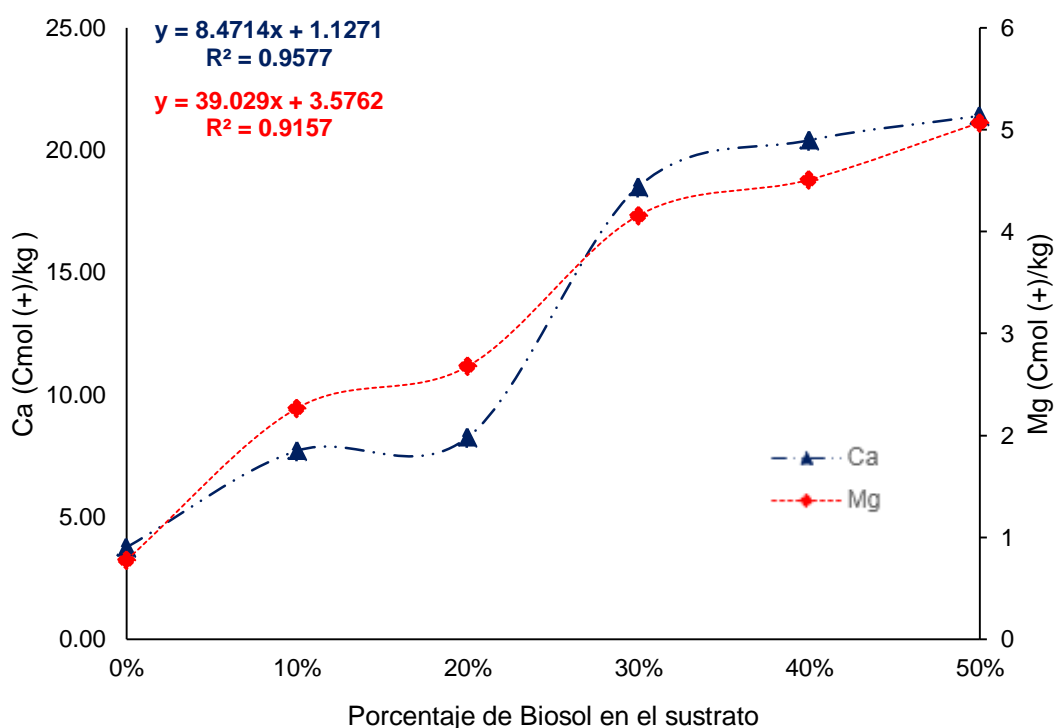
Leyenda:

T₁: 50 % de Biosol + 50 % franco arcilloso
T₃: 30 % de Biosol + 70 % franco arcilloso
T₅: 10 % de Biosol + 90 % franco arcilloso

T₂: 40 % de Biosol + 60 % franco arcilloso
T₄: 20 % de Biosol + 80 % franco arcilloso
T₆: 100 % franco arcilloso

Figura 21. Regresión lineal entre las variables porcentaje de Biosol y contenido de potasio en el sustrato final.

En las Figuras 21 y 22, se muestran las ecuaciones lineales a partir de las variables porcentaje de Biosol con los contenidos de potasio, calcio y magnesio en el sustrato final, observándose que los valores R^2 fueron 0.9524, 0.9577 y 0.9157, respectivamente, GUTIÉRREZ y DE LA VARRA (2012), indican que valores de R^2 cercanos o igual 1, lo que nos indica que existe dependencia entre ambas variables y nos permite hacer pronósticos muy exactos a partir de las ecuaciones lineales obtenidas para ambas evaluaciones realizadas.



Leyenda:

T₁: 50 % de Biosol + 50 % franco arcilloso
T₃: 30 % de Biosol + 70 % franco arcilloso
T₅: 10 % de Biosol + 90 % franco arcilloso

T₂: 40 % de Biosol + 60 % franco arcilloso
T₄: 20 % de Biosol + 80 % franco arcilloso
T₆: 100 % franco arcilloso

Figura 22. Regresión lineal entre las variables porcentaje de Biosol y contenido de Ca y Mg en el sustrato final.

En la investigación se demuestra que la incorporación de Biosol en un suelo extremadamente ácido, aumentó el pH; el potasio, calcio y magnesio en el sustrato se elevan a niveles óptimos; sin embargo, en nuestros resultados el mejor tratamiento (T₅) obtuvo mejores plantones de cacao, a pesar de obtener niveles bajos de potasio, calcio y magnesio, que los demás tratamientos en estudio. Es posible, que al agregar más de 20 % de Biosol en el sustrato, aumenta el contenido de potasio, calcio y magnesio; pero contradictoriamente genera un bloqueo entre elementos, por el exceso de sustancias orgánicas descompuestas de la materia orgánica.

4.5. Análisis de beneficio/costo (B/C)

Consiste en determinar los costos incurridos en la producción de plantones de cacao; para los cálculos de beneficios se consideró un precio de venta de 2.50 nuevos soles por una planta

En el Cuadro 15, se muestra el análisis de beneficio costo (B/C) de los tratamientos en estudio en la producción de 1300 plantones de cacao para 1 ha en fase de vivero. De acuerdo a las evaluaciones realizadas durante los 120 días después días después de la siembra, el tratamiento en estudio con las mejores características biométricas, fue el T₅ (10 % de Biosol + 90 % franco arcilloso), dando plantones con mayor altura, diámetro de tallo, número de hojas, área foliar y biomasa, en comparación a los demás tratamientos en estudio.

Además los plantones de cacao del tratamiento T₅ no presentaron hojas cloróticas como los demás tratamientos, haciéndose más atractivo y sea de preferencia en la compra de los agricultores.

Cuadro 15. Análisis de beneficio y costo de los tratamientos en estudio

Costo de producción/ha (₡/) (1300 plantones de cacao)															
Trat.	A								B		C	D	E	F	G
	PT	CV	MS	LIB	SS	Mo	S.	Abo.	CMyF	C. Total (₡/.)	Plantones/ha	I. B.	U. (₡/.)	I. R.	B/C
T ₁	90	300	60	60	30	200	90	650.00	100	1580.00	1300	3250.00	1670.00	1.06	2.06
T ₂	90	300	60	60	30	200	90	525.00	100	1455.00	1300	3250.00	1795.00	1.23	2.23
T ₃	90	300	60	60	30	200	90	400.00	100	1330.00	1300	3250.00	1920.00	1.44	2.44
T ₄	90	300	60	60	30	200	90	275.00	100	1205.00	1300	3250.00	2045.00	1.70	2.70
T ₅	90	300	60	60	30	200	90	125.00	100	1055.00	1300	3250.00	2195.00	2.08	3.08
T ₆	90	300	60	60	30	200	90	0.00	100	930.00	1300	3250.00	2320.00	2.49	3.49

T₁: 50 % de Biosol + 50 % franco arcilloso
T₃: 30 % de Biosol + 70 % franco arcilloso
T₅: 10 % de Biosol + 90 % franco arcilloso

T₂: 40 % de Biosol + 60 % franco arcilloso
T₄: 20 % de Biosol + 80 % franco arcilloso
T₆: 100 % franco arcilloso

Leyenda:

PT : Preparación de terreno.
CV : Construcción del vivero.
MS : Mezcla de sustratos.
LIB : Llenado y acomodo de bolsas.
SS : Siembra de semillas.
Mo : Mano de obra.
S : Precio de la semilla.

Abo. : Precio de los abonos.
CMyF : Control de malezas y fitosanitaria.
C. Total: Costo total.
I.B : Ingreso bruto.
U : Utilidad.
I.R : Índice de rentabilidad.
B/C : Beneficio/Costo.

Venta : ₡/2.50.
B : Suma de A.
D : C x 2.50.
E : D - B.
F : E/B.
G : D/B.

Por lo tanto, es importante sólo resaltar la relación de beneficio y costo del tratamiento T₅, ya que se obtiene plantones de cacao idóneos como patrones y por la demanda que puedan obtener. La relación de B/C del tratamiento T₅ (10 % de Biosol + 90 % franco arcilloso) es un valor de 3.08, siendo un valor mayor a 1; por lo tanto, el valor de los beneficios es mayor a los costos del proyecto, por lo que se llega a aceptar este proyecto y se recomienda las inversiones debido a que existen beneficios. El valor del B/C es 3.08, es decir que los ingresos son mayor a los egresos, por lo que se puede llegar a afirmar que por cada nuevo sol invertido, se obtendrá un retorno del capital invertido y una ganancia de 2.08 nuevos soles; por eso, en consecuencia este proyecto resulta muy atractivo

V. CONCLUSIONES

1. Los plantones de cacao a los 120 días después de la siembra por efecto del Biosol mostraron mejores características biométricas en comparación a los plantones que crecieron en un medio sin Biosol. Sin embargo, al añadir más 20 % de Biosol en el sustrato, generó una deficiencia de elementos menores, de modo tal, que se presentaron plantones con hojas cloróticas,
2. Estadísticamente, el tratamiento T₅ (10 % de Biosol + 90 % franco arcilloso) obtuvo plantones de cacao con mejores características biométricas (altura de planta, diámetro de tallo, área foliar, hojas, longitud y volumen radicular, y biomasa) que los demás tratamientos en estudio; además, sus plantones presentaron hojas vigorosas sin deficiencia de elementos menores.
3. El Biosol al aplicarse en un sustrato con un suelo franco extremadamente ácido, redujo la acidez al aumentar los niveles de pH, asimismo aumentó el contenido de materia orgánica y nitrógeno, potasio, calcio y magnesio. Sin embargo, la cantidad idónea de Biosol en el sustrato para la obtención de plantones de cacao en fase de vivero, es de 10 %.
4. Los plantones de cacao con mejor calidad fue del tratamiento T₅, además la relación de beneficio y costo (B/C) para la producción de 1300 plantones de cacao en vivero es 3.08; es decir, que por cada nuevo sol invertido, se obtendrá un retorno del capital invertido y una ganancia de 2.08 nuevos soles.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el uso de Biosol al 10 % como abono orgánico utilizando suelo franco arenoso en la obtención de plántulas de cacao con buenas características biométricas en fase de vivero.
2. Investigar otras fuentes de material orgánico con diferentes niveles y controlar factores como humedad temperatura (invernadero).
3. Se debe investigar la aplicación de Biosol a diferentes niveles en cultivos ya instalados, ya que en nuestra investigación se vio que es un mejorador de suelos.

VII. RESUMEN

De marzo a octubre del 2016 en Tingo María, distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, región Huánuco, se realizó la investigación que lleva como título “Efecto del biofermento del estiércol de vacuno en el crecimiento de plántones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en vivero. En el experimento se utilizó el diseño completamente al azar (DCA), con seis tratamientos con diez repeticiones por cada tratamiento en estudio, las diferencias de las medias se hizo mediante la prueba de Duncan. Los tratamientos fueron los siguientes T₁ (50 % de Biosol + 50 % franco arcilloso), T₂ (40 % de Biosol + 60 % franco arcilloso), T₃ (30 % de Biosol + 70 % franco arcilloso), T₄ (20 % de Biosol + 80 % franco arcilloso), T₅ (10 % de Biosol + 90 % franco arcilloso) y T₆ (100 % franco arcilloso).

La evaluación de los plántones de cacao en fase de vivero duró 120 días después de la siembra. Observándose que el tratamiento T₅ (10 % de Biosol + 90 % franco arcilloso) presentó plántones de cacao con mejores características biométricas (altura de plantón, diámetro de tallo, área foliar, número de hojas, longitud, volumen radicular y biomasa) y de obtener la mejor relación de beneficio y costo (B/C) que los demás tratamientos en estudio. La aplicación de Biosol a un suelo extremadamente ácido con bajos niveles de fertilidad, ayudó a mejorar y elevar el pH, asimismo proporcionó un mayor contenido de nutrientes. Sin embargo, al agregar 20 % de Biosol más tierra como sustrato de plántones de cacao en vivero, presentó deficiencia de elementos menores como el hierro; razón por el cual, la aplicación correcta de Biosol es al 10 % en mezcla con tierra franca, ya que obtuvo plántones de mejor calidad.

ABSTRACT

From March to October 2016 in Tingo María, Rupa Rupa district, Leoncio Prado province, Huánuco region, the research was carried out entitled "Effect of the bioferment of cow dung on the growth of cocoa seedlings (*Theobroma cacao* L.) in nursery. In the experiment the completely randomized design (DCA) was used, with six treatments with ten repetitions for each study treatment, the differences of the means were made by the Duncan test. The treatments were the following T₁ (50% of Biosol + 50% clay loam), T₂ (40% of Biosol + 60% clay loam), T₃ (30% of Biosol + 70% clay loam), T₄ (20% of Biosol + 80% loamy clay), T₅ (10% Biosol + 90% loamy clay) and T₆ (100% loamy clay).

The evaluation of the cocoa seedlings in nursery phase lasted 120 days after sowing. Observing that the T₅ treatment (10% of Biosol + 90% clay loam) presented cocoa seedlings with better biometric characteristics (seedling height, stem diameter, leaf area, number of leaves, length, root volume and biomass) and to obtain the best ratio of benefit and cost (B / C) than the other treatments under study. The application of Biosol to an extremely acid soil with low fertility levels, helped to improve and raise the pH, also provided a higher nutrient content. However, when adding 20% of Biosol plus soil as substrate for cocoa seedlings in the nursery, there was a deficiency of minor elements such as iron; reason why, the correct application of Biosol is 10% in mixture with free soil, since it obtained better quality seedlings

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. ACEVEDO, O; ORTIZ, E; CRUZ, M; CRUZ, E. 2004. el papel de óxidos de hierro en suelos. Terra Latinoamericana, vol. 22. 485-497p. [En línea]: <http://www.redalyc.org/pdf/573/57311096013.pdf>. Revisado el 22 de marzo del 2018.
2. ADRIAZOLA, J. 2007. Manejo del cultivo de cacao. En diplomado de, Cultivos Industriales Tropicales: Café, Cacao y Palma Aceitera. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 163 p.
3. AGRO ESTRATEGIAS. 2017. Efecto del exceso de humedad en suelos sobre la disponibilidad de nutrientes para los cultivos. [En línea]: (<http://www.agroestrategias.com/pdf/Nutricion%20-%20Humedad%20y%20Disponibilidad%20de%20Nutrientes.pdf>, pdf. Revisado el 14 de septiembre, 2017).
4. AGÜERO, Á. O. 2010. Efecto de diferentes tipos de sustratos orgánicos en el crecimiento de plántulas de *Acrocarpus fraxinifolius* Wight & Arn. "cedro rosado", fase de vivero. Tesis. [En línea] <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/720/T.FRS-98.Pdf?sequence=1&isAll> o. wed=y. Revisado el 13 de febrero del 2018
5. ANGULO, F. 2009. Evaluación de cuatro bioestimulantes comerciales en el desarrollo de plantas injertadas de cacao (*Theobroma cacao* L.) cultivar Nacional. Tesis para optar título de Ingeniero Agrónomo. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. Pp. 66 – 70.
6. ARVELO, M. A; GONZÁLEZ, D; STEVEN MAROTO, S; DELGADO, T; MONTOYA, P. 2017. Manual técnico del cultivo de cacao: prácticas

latinoamericanas / Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 165 p.

7. ÁVILA, W.; SADEGHIAN, S.; SÁNCHEZ, P., y CASTRO, H. 2010. Respuesta del café al fósforo y abonos orgánicos en la etapa de almácigo. *Cenicafé*, Colombia. 61(4):358 - 369.
8. BATISTA, L. 2008. El cultivo de cacao. Guía técnica. Santo Domingo. Primera edición. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal (CEDAF). República Dominicana. 250 p.
9. CABRERA, A. 2009. Influencia de la materia orgánica en tres sustratos con dos tipos de abono foliar en almácigos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tingo María. Tesis para optar título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 63 p.
10. CANO, A., y CETINA, M. 2004. Calidad de la planta en vivero y prácticas que influyen en su producción. INIPAF – CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Folleto técnico N° 12. Coahuila, México. 24 p.
11. CASAVARDE, A. 2015. Influencia de cuatro bioestimulantes en el crecimiento de plantas injertadas de cacao (*Theobroma cacao* L.) clon ccn-51 en Satipo. Tesis. [En línea]: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1897/Casaverde%20Guillen.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Revisado el 20 de marzo del 2018.
12. CIRES, A. 2010. Estrés hídrico por exceso de agua (encharcamiento). [En línea]: Humedad-suelo, (https://rodas5.us.es/items/1b1a7276-7624-51e3-d3eb-77dead9a6978/1/viewcontent?_sl.t=true, documento, visitado 31 de octubre 2017).

13. COBOS, J. D. 2014. Evaluación de las concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio del Biol y Biosol obtenidos a partir de estiércol de ganado vacuno en un biodigestor de geomembrana de polícloruro de vinilo. [En línea]: [http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/4264/Cobos% 20Sanchez%2C%20Jeisson%20David.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/4264/Cobos%20Sanchez%2C%20Jeisson%20David.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Revisado el 23 de enero del 2018.
14. CORNELIUS, J. 2001. Es inmanejable *Hypsiphyla grandella* como plaga forestal. Hoja Técnica N° 38. Manejo integrado de plagas N° 61. MIP, CATIE. Turrialba, Costa Rica. 98 p.
15. CUVI, M.; RODRÍGUEZ, Y.; ELENA, K.; ASANZA, M. y SORIA, S. 2013. Efecto de abonos orgánicos en el cultivo de *Theobroma cacao* L. en vivero del “Recinto el Capricho”. Revista Amazónica Ciencia y Tecnología. Napo, Ecuador. 2 (1): 31 – 40.
16. ENRÍQUEZ, G. 2004. Cacao orgánico. Guía para productores ecuatorianos. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Manual N° 54. Quito, Ecuador. 360 p.
17. ESTRADA, J. 2002. Patos y forrajes para el trópico colombiano. Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. 506 p.
18. FALLAS, J. 2012. Análisis de varianza Comparando tres o más medias. [En línea]: http://www.ucipfg.com/Repositorio/MGAP/MGAP-05/ BLOQUE-ACADEMICO/Unidad-2/complementarias/analisisde_varianza_2012.pdf. Revisado el 3 de enero del 2018.

19. GÓMEZ, R.; GARCÍA, R.; TONG, F., y GONZALEZ, C. 2014. Paquete tecnológico del cultivo del cacao. Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito para el Perú y el Ecuador – UNODC. 11 p.
20. GUTIERREZ, H., y DE LA VARA, R. 2012. Análisis y diseño de experimentos. Tercera edición Editorial MC Graw Hill. 489 p.
21. GUTIÉRREZ, M; GÓMEZ, R; RODRÍGUEZ, N. F. 2011. Comportamiento del crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.), en vivero, sembradas en diferentes volúmenes de sustrato. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. 12(1), 33-42. [En línea]: <http://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/4Comportamiento.pdf>. Revisado el 23 de marzo del 2018.
22. INTAGRI. 2017. Efectos del exceso de humedad del suelo en el sistema radical y absorción de nitrógeno en el maíz. [En línea]: (<https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/exceso-humedad-del-suelo-en-sistema-radical> -, documento, Visitado el 31 de octubre del 2017).
23. JIMÉNEZ, E; GARCÍAS, L; CARRANZA, M; CARRANZA, H. M; MORANTE, M; MARTÍNEZ, M; CUÁSQUER, J. 2017. Germinación y crecimiento de *Ochroma pyramidale*. Scientia Agropecuaria 8 (3): 243 – 250. [En línea]: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop>. Revisado el 3 de marzo del 2018
24. JULCA, A.; SOLANO, W., y CRESPO, R. 2001. Crecimiento de *Bactris gasipaes* Kunth en almácigos con sustratos orgánicos de la selva peruana. Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg. Vol. 16 (3). [En línea]: <http://>

www.inia.es/gcontrec/pub/julca_1161156570375.pdf. Revisado el 8 de marzo del 2018.

25. JULCA, A.; SOLANO, W., y CRESPO, R. 2002. Crecimiento de *Coffea arabica* variedad caturra amarillo en almácigos con sustratos orgánicos en Chanchamayo, selva central del Perú. Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg., 17 (3): 353 – 365.
26. LEIVA, E, E. (s f). ASPECTOS PARA LA NUTRICIÓN DEL CACAO *Theobroma cacao* L. [En línea]: <http://bdigital.unal.edu.co/50450/1/ednaivonneleivarojas.2012.pdf>. Revisado del 8 de marzo del 2018
27. LOPEZ, P. 2011. Paquete tecnológico cacao (*Theobroma cacao* L.): Producción de plantas. Programa estratégico para el desarrollo rural sustentable de la región Sur – Sureste de México; trópico húmedo. SAGARPA – INIFAP. México. 10 p.
28. LORA, R. 2001. Factores que afectan la disponibilidad de nutrimentos para las plantas En: Silva M., F. Fertilidad de suelos; diagnóstico y control. Segunda edición. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá, Colombia p. 29–55.
29. MANSILLA, L. 2013. Niveles críticos para la interpretación del análisis de suelos. Tingo María, Perú. Curso de interpretación de análisis físico-químico en los cultivos de café y cacao. Boletín N°1. p. 1 – 4.
30. MARTÍNEZ, E. 2005. Errores frecuentes en la interpretación del coeficiente de determinación lineal. Anuario Jurídico y Económico Escurialense, 38 (1): 315-332.

31. MATHEUS, J.; GRATEROL, G.; SIMANCAS, D. y FERNÁNDEZ, O. 2007. Efecto de diferentes abonos orgánicos y su correlación con bioensayos para estimar nutrimentos disponibles. Venezuela. Agricultura Andina. 13 (1): 19 -26.
32. MEDINA, G.; GARCÍA, E.; MORATINOS, P.; COVA, J., y CLAVERO, T. 2010. Evaluación en vivero de especies con potencial para sistemas agroforestales. Venezuela. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 27: 232 – 250.
33. MELÉNDEZ, G; SOTO, G. 2003. Taller de Abonos Orgánicos. Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA). Disponible en: <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Taller%20Abonos%20Org%20A1nicos.pdf>. Revisado el 10 de febrero del 2018.
34. MOLINA, A. 2003a. Quelatos como fertilizante. Costa Rica. CATIE – GTZ – UCR – CANIAN. p. 76 – 83.
35. MOLINA, A. 2003b. Características y manejo de fertilizantes que contienen nitrógeno, fósforo y potasio. Costa Rica. Proyecto COSTACAN. p. 30 – 57.
36. MONSALVE, J.; ESCOBAR, R.; ACEVEDO, M.; SÁNCHEZ, M., y COOPMAN, R. 2009. Efecto de la concentración de nitrógeno sobre atributos morfológicos, potencial de crecimiento radical y estatus nutricional en plantas de *Eucalyptus globulus* producidas a raíz cubierta. Chile. Rev. Bosque. 30 (2): 88-94.
37. MORE, J. 2014. Fuentes y proporciones de materia orgánica en el crecimiento de plantones de cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN -

51. Tingo María, Perú. Tesis para optar título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. p. 62 – 137.
38. MOTATO, N., y SOLÓRZANO, G. 2006. Materiales orgánicos mezclados con suelo, como sustratos para el crecimiento de plántulas de cacao en viveros. X Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Guayaquil, Ecuador. 13 p.
39. PALENCIA, G.; GÓMEZ, R., y GUIZA, O. 2009. Nuevas tecnologías para instalar viveros y producir clones de cacao (*Theobroma cacao* L). Bogotá, Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). Primera edición. 10 p.
40. PAREDES, M. 2003. Manual del cultivo de cacao. Perú. Ministerio de Agricultura - Programa para el Desarrollo de la Amazonia. 13 p.
41. PINCHI, F. 2008. Fuentes de sustratos orgánicos en plantas injertadas de cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo condiciones de vivero en el distrito de la Banda de Shilcayo - San Martín. Tarapoto, Perú. Tesis para optar título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional De San Martín – Tarapoto. p. 51 – 57.
42. PINHERIRO, S. 2007. Biofertilizantes preparados y fermentados a base de mierda de vaca In: manual práctico el A, B, C de la agricultura orgánica u harina de rocas. Barcelona, España. 137 p.
43. JOSÉ LUIS PRADA, J. L.; MANRIQUE, L. C; SANTOS, J. X. 2015. Análisis de costos de producción agrícola de cacao en función de los precios de mercado, la productividad del cultivo, el beneficio económico y la rentabilidad. Tesis. [En línea]: <http://repository.ucc.edu.co/>

bitstream/ucc/1771/1/AN%C3%81LISIS%.pdf. Revisado el 16 de febrero del 2018.

44. RAMOS, D; y TERRY, E. 2014. Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, vol. 35, no. 4, 52-59 P. [En línea]: <http://www.redalyc.org/pdf/1932/193232493007.pdf>. Revisado el 4 de enero del 2018.
45. RESTREPO, J. 2007. BIOFERTILIZANTES PREPARADOS Y FERMENTADOS A BASE DE MIERDA DE VACA. ABC de la Agricultura Orgánica y Panes de Piedra MANUAL PRÁCTICO. ISBN 978-958-44-1261-4. [En línea]: <http://agroecologia.org/wp-content/uploads/2016/12/ABC-de-la-Agricultura-organica-Abonos-organicos.pdf>. Revisado el 2 de enero del 2018.
46. REYES J, 2015. Manual diseño y organización de viveros. [En línea]: <http://www.competitividad.org.do/wp-content/uploads/2016/05/Manual-de-Dise%C3%B1o-y-Organizaci%C3%B3n-de-Viveros.pdf>. Revisado el 15 de marzo del 2018.
47. SAJAMI, C. 2013. Determinación de la influencia de seis concentraciones de biofermentos en el crecimiento de plantones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la fase de vivero. Tingo María, Perú. Tesis para optar título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. p. 55 – 61.
48. SALAS, E. 2003. Nutrición mineral de plantas y el uso de fertilizantes. P. 1 – 19. En: Meléndez, G., y Molina, E. 2003. Fertilizantes: características y

- manejo. Costa Rica. Curso de capacitación. Proyecto COSTACAN. 139 p.%C3%8DREZ.pdf?sequence=1 Revisado el 12 de febrero del 2018
49. SALAZAR, J. 2003. Manual del cultivo de cacao. Perú. Ministerio de Agricultura, Programa para el Desarrollo de la Amazonia. p. 14 - 15.
50. SANCHEZ, R. 2006. Manual del cultivo de cacao. Chanchamayo, Perú. Primera edición. 106 p.
51. SÁNCHEZ, E. 2009. Biodigestores una alternativa energética. monografía. para obtener el título de Médico Veterinario Zootecnista. [En línea]: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/8030/ERIC%20S%C3%81NCHEZ%20RAM>
52. SERRANO, E., y VARGAS, H. 2005. Evaluación de la fertilidad de los suelos del departamento de Cundinamarca utilizando métodos geo estadísticos. Análisis Geográficos, Issue 29 (1): 124 - 137.
53. SIURA, S. 2001. Efectos de diferentes concentraciones de biol aplicados foliar mente y al suelo en el cultivo de vainita. Lima, Perú. 23 p.
54. SOTO, M., y MELÉNDEZ, G. 2004. Cómo medir la calidad de los abonos orgánicos. Costa Rica. Hoja Técnica N°48. Manejo integrado de plagas y agropecuaria. N°72. Pp. 91 – 97.
55. SORIA, M.; FERRERA, R.; ETCHEVERS, J.; ALCÁNTAR, G.; TRINIDAD, J.; BORGES, L., y PEREYDA, G. 2001. Producción de biofertilizantes mediante biodigestión de excreta líquida de cerdo. Terra 19 (1): 353-362.
56. TRUJILLO, E. 2002. Manual de árboles. Bogotá, Colombia. Sistemas de producción en vivero. El Semillero. 350 p.

57. URIBE, L.; GUERRERO, H., y SOTO, G. 2004. Determinación de la inocuidad de biofermentos a partir de boñiga, suero de leche y melaza (en línea). Costa Rica. Boletín de Producción Orgánica. Revista Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). p.132.
58. VÁSQUEZ, D. 2008. Producción y evaluación de cuatro tipos de abono como alternativa biotecnológica de uso de residuos orgánicos para la fertilización de pastos. Tesis. [En línea]: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1503/1/17T0873.pdf>. Revisado el 22 de enero del 2018
59. VILLEGAS, O. G; DOMÍNGUEZ, M. L; ALBAVERA, M; ANDRADE, M; SOTELO, H; MARTÍNEZ, M. G; AGUILAR, M; CASTILLO, C; MAGADAN, M C. 2017. Sustratos como Material de Última Generación. ISBN: 978-84-945603-7-8. [En línea]: <http://dx.doi.org/10.3926/oms.364>. Revisado el 13 de marzo del 2018
60. WALLE, R. 2003. Módulo de viveros ISBN 99926-670-9-S 1a.ed 49 p. [En línea]: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2573/1/2116020344%20modulo%20de%20viveros.pdf>. Revisado el 12 de abril del 2018
61. ZEBALLOS, O.J. 2015. Calidad físico – química de suelo árido en cebolla (*Allium cepa* L.) con (Nutrabiota® plus) y fertilizantes orgánicos, en la irrigación majes. Tesis para optar el grado académico de: Ph.D. [En línea]: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2091/F04-Z42-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Revisado el 15 de enero del 2018

IX. ANEXO

Cuadro 16. Análisis de variancia para la altura del plantón a los 120 dds.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Sig.
Tratamientos	5	269.73	53.95	AS
Error experimental	54	747.63	13.85	
Total	59	1017.36		

C.V. (%) 12.10%

C.V. : Coeficiente de variabilidad.

AS : Existe significancia al 1 % de probabilidad.

Cuadro 17. Análisis de variancia para el diámetro de tallo a los 120 dds.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Sig.
Tratamientos	5	47.97	9.59	AS
Error experimental	54	343.23	6.36	
Total	59	391.21		

C.V. (%) 16.24%

C.V. : Coeficiente de variabilidad.

AS : Existe significancia al 1 % de probabilidad.

Cuadro 18. Análisis de variancia para el número de hojas a los 120 dds.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Sig.
Tratamientos	5	57.44	11.49	AS
Error experimental	54	122.85	2.28	
Total	59	180.29		

C.V. (%) 12.16%

C.V. : Coeficiente de variabilidad.

AS : Existe significancia al 1 % de probabilidad.

Cuadro 19. Análisis de variancia para el área foliar a los 120 dds.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Sig.
Tratamientos	5	1226845.25	245369.05	AS
Error experimental	54	261359.95	4840.00	
Total	59	1488205.21		
C.V. (%)	10.87%			

C.V. : Coeficiente de variabilidad.

AS : Existe significancia al 1 % de probabilidad.

Cuadro 20. Análisis de variancia para la longitud radicular a los 120 dds.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Sig.
Tratamientos	5	442.95	88.59	AS
Error experimental	54	1530.70	28.35	
Total	59	1973.65		
C.V. (%)	14.85%			

C.V. : Coeficiente de variabilidad.

AS : Existe significancia al 1 % de probabilidad.

Cuadro 21. Análisis de variancia para el volumen radicular a los 120 dds.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Sig.
Tratamientos	5	78.74	15.75	AS
Error experimental	54	033.68	0.62	
Total	59	112.41		
C.V. (%)	13.56%			

C.V. : Coeficiente de variabilidad.

AS : Existe significancia al 1 % de probabilidad.

Cuadro 22. Análisis de variancia para el peso fresco del plantón de cacao.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Sig.
Tratamientos	5	1114.45	222.89	AS
Error experimental	54	92.37	1.71	
Total	59	1206.82		

C.V. (%) 5.18%

C.V. : Coeficiente de variabilidad.

AS : Existe significancia al 1 % de probabilidad.

Cuadro 23. Análisis de variancia para el peso seco del plantón de cacao.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Sig.
Tratamientos	5	195.70	39.14	AS
Error experimental	54	54.20	1.00	
Total	59	249.90		

C.V. (%) 11.99%



Figura 23. Preparación del biofermento.



Figura 24. Preparación del sustrato



Figura 25. Mezcla del sustrato con el Biosol.



Figura 26. Distribución de las bolsas.



Figura 27. Germinación de las semillas de cacao.



Figura 28. Siembra de las semillas de cacao.



Figura 29. Evaluación de la altura del plantón de cacao.



Figura 30. Evaluación del diámetro del plantón de cacao.



Figura 31. Hojas cloróticas del tratamiento T4.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

AV. UNIVERSITARIA S/N - TINGO MARIA - CELULAR 98247690 - 941531359

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos

analisis@sua.usa.edu.pe



ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE: VASQUEZ HIDALGO PEDRO LUDGER **PROCEDENCIA:** **DISTRITO:** RUPA RUPA
PROVINCIA: LEONCIO PRADO
DEPARTAMENTO: HUANUCO

N°	COD. LAB.	DATOS DE LA MUESTRA			ANÁLISIS MECÁNICO					pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%		
		Codigo	cultivo actual	SECTOR	Arena	Arcilla	Limo	Textura	Ca							Mg	K	Na	Al	H	Bas. Camb.					Ac. Camb.	Sat. Al
					%	%	%																				
1	M0947	M1	—	BANANAS	35.89	33.04	31.28	Franco Arcilloso	3.82	2.05	0.09	16.94	162.18	—	4.07	1.74	—	—	0.67	0.32	6.79	85.50	14.50	9.86			

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
 RECIBO N° 0461694
 FECHA : 31/05/2016

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 LAB. ANÁLISIS DE SUELOS
 M.Sc. Bigo. Miguel Hualpa Rojas
 JEFE

Figura 32. Análisis físico – químico del suelo experimental.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo Maria

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos

Av. Universitaria s/n Telef. (062) 562342 - Celular 982047050 Aptdo. 156

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE:		PROCEDENCIA:												
VASQUEZ HIDALGO LUDGER		TINGO MARIA												
Datos de la muestra		Porcentaje			Porcentaje		Porcentaje			PARTES POR MILLON (mg/Kg)				
Código	Tipo	Cenizas en base seca (%)	Materia Orgánica en base seca (%)	Humedad (%)	N (base seca) (%)	P ₂ O ₅ (%)	Ca (%)	Mg (%)	K (%)	Na (%)	Cu ppm	Fe ppm	Zn ppm	Mn ppm
M0338	BIOFERMENTO DE VACUNO	30.96	69.04	10.78	0.532	0.626	0.646	0.739	2.241	0.054	28.87	2669.29	161.48	538.73

Tingo María, 07 de julio del 2016
MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
Recibo N° 0461695

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
LAB. ANALISIS DE SUELOS

M.Sc. Bigo. Miguel Huayra Rojas
J E F E

Figura 33. Análisis químico del Biosol.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos

Av. Universitaria s/n Telef. (062) 562342 - Celular 941531359 - 982047050 Aptdo. 156

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE: VASQUEZ HIDALGO PEDRO LUDGER			PROCEDENCIA: VIVERO DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA - UNAS TINGO MARIA												
Datos de la muestra			Porcentaje			Porcentaje		Porcentaje				PARTES POR MILLON (mg/Kg)			
Código	Tipo	Ref.	Canizas en base seca (%)	Materia Orgánica en base seca (%)	Humedad (%)	N (base húmeda) (%)	P ₂ O ₅ (%)	Ca (%)	Mg (%)	K (%)	Na (%)	Cu ppm	Fe ppm	Zn ppm	Mn ppm
M0797	hoja de cacao	T1	12.39	87.61	8.17	2.80	0.158	0.411	0.288	0.718	0.015	26.82	1602.37	258.45	274.77
M0798	hoja de cacao	T2	12.00	88.00	7.60	2.62	0.159	0.373	0.270	0.913	0.022	23.78	1587.31	244.83	211.86
M0799	hoja de cacao	T3	13.48	86.52	8.50	2.70	0.183	0.368	0.301	1.568	0.017	26.34	1450.66	246.97	194.51
M0800	hoja de cacao	T4	10.67	89.33	8.82	2.78	0.161	0.462	0.367	1.321	0.027	30.25	1323.29	363.84	191.84
M0801	hoja de cacao	T5	10.70	89.30	7.87	2.92	0.133	0.425	0.304	1.079	0.018	31.45	2547.99	374.15	195.75
M0802	hoja de cacao	T6	8.00	92.00	7.94	2.49	0.104	0.348	0.358	0.949	0.019	29.66	1738.33	185.44	28.74

Tingo María, 21 de Noviembre del 2016
 MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
 Recibo N° 0481227

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 LAB. ANALISIS DE SUELOS

 M. Sc. Mg. Miguel Huayra Rojas

Figura 34. Análisis foliar de los plantones de cacao de los tratamientos en estudio.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

AV. UNIVERSITARIA S/N - TINGO MARIA - CELULAR 982047050 - 941631359

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos

mailto:sofsoelvas@hotnail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

		DISTRITO:					RUPA RUPA																					
		PROVINCIA:					LEONCIO PRADO																					
		REGION:					HUANUCO																					
N°	COD. LAB.	DATOS DE LA MUESTRA					ANÁLISIS MECÁNICO				pH		M.O.		N	P	K	C/C	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						C/Cc	% Bas. Camb.	% Ac. Camb.	% Sat. Al
		CULTIVO	PROPIETARIO	SECTOR	EJECUCIÓN	REF.	Arena %	Arcilla %	Limo %	Textura	1:1	%	%	ppm					ppm	Ca	Mg	K	Na	Al				
1	M02012	CACAO	PEDRO VASQUEZ HIDALGO	BRUNAS	VIVERO AGRONOMIA	T1	55.68	17.04	27.28	Franco Arenoso	6.03	4.95	0.22	7.82	322.42	27.18	21.40	5.07	0.62	0.09	--	--	--	100.00	0.00	0.00		
2	M02013	CACAO	PEDRO VASQUEZ HIDALGO	BRUNAS	VIVERO AGRONOMIA	T2	45.68	21.04	33.28	Franco	6.10	3.54	0.16	6.77	309.04	25.60	20.40	4.51	0.58	0.11	--	--	--	100.00	0.00	0.00		
3	M02014	CACAO	PEDRO VASQUEZ HIDALGO	BRUNAS	VIVERO AGRONOMIA	T3	51.68	19.04	29.28	Franco	6.09	4.24	0.19	4.57	241.33	23.37	18.50	4.16	0.64	0.07	--	--	--	100.00	0.00	0.00		
4	M02015	CACAO	PEDRO VASQUEZ HIDALGO	BRUNAS	VIVERO AGRONOMIA	T4	39.68	27.04	33.28	Franco Arcilloso	5.19	8.84	0.40	4.67	222.03	---	8.25	2.68	--	--	0.40	0.20	11.53	94.79	5.21	3.47		
5	M02016	CACAO	PEDRO VASQUEZ HIDALGO	BRUNAS	VIVERO AGRONOMIA	T5	33.68	31.04	35.28	Franco Arcilloso	4.55	7.42	0.33	6.77	178.02	---	7.70	2.27	--	--	0.50	0.30	10.77	92.57	7.43	4.64		
6	M02017	CACAO	PEDRO VASQUEZ HIDALGO	BRUNAS	VIVERO AGRONOMIA	T6	31.68	33.04	35.28	Franco Arcilloso	3.70	1.77	0.08	2.66	91.13	---	3.75	0.78	--	--	4.10	0.70	9.33	48.57	51.43	43.93		

Figura 35. Análisis físico – química del sustrato de los tratamientos en estudio.