

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



TESIS

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN SUELO
DEGRADADO POR EFECTO DE LA APLICACIÓN DE
ENMIENDAS EN EL ESTABLECIMIENTO DEL CACAO
(*Theobroma cacao* L.) EN LA LOCALIDAD DE RÍO ESPINO**

**Para optar el título profesional de
INGENIERO AGRÓNOMO**

**Elaborado por
CHAVELY NICOLY HUALCAS CENIZARIO**

Tingo María – Perú

2020



Año de la lucha de la corrupción y la impunidad

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 017-2019-FA-UNAS

BACHILLER : Chavely Nicol HUALCAS CENIZARIO

TÍTULO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN SUELO DEGRADADO POR EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ENMIENDAS EN EL ESTABLECIMIENTO DEL CACAO (*Theobroma cacao* L) EN LA LOCALIDAD DE RIO ESPINO.

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : Dr. JOSÉ W. ZAVALA SOLÓRZANO

VOCAL : Ing. LUIS F. GARCIA CARRIÓN

VOCAL : Ing. LUIS G. MANSILLA MINAYA

ASESOR : Dr. HUGO A. HUAMANI YUPANQUI

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 16 de mayo del 2019

HORA DE SUSTENTACIÓN : 7:00 Pm.

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

CALIFICATIVO : BUENO

RESULTADO : APROBADO

OBSERVACIONES A LA TESIS: EN HOJA ADJUNTA

TINGO MARÍA, 16 de mayo del 2019.


.....
Dr. JOSÉ W. ZAVALA SOLÓRZANO
PRESIDENTE




.....
Ing. LUIS F. GARCIA CARRIÓN
VOCAL


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


.....
Dr. HUGO A. HUAMANI YUPANQUI
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios:

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor para la culminación de mi carrera profesional.

A mis queridas hermanas:

Por ser siempre mi apoyo incondicional en todo momento.

A mis padres:

Pilares fundamentales de mi vida, gracias por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me brindan día a día para ser mejor persona y crecer 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. José Wilfredo Zavala Solórzano, presidente, Ing. Luis Mansilla Minaya, M.Sc. Luis García Carrión, miembros de jurado; Por su revisión y aporte académico científico en el presente trabajo de investigación.
- Al Dr. Hugo Alfredo Huamani Yupanqui, asesor de la presente tesis, por su apoyo en el proyecto, ejecución y culminación.
- Al Programa Nuevas Alternativas de USAID, por la ayuda brindada en esta investigación.

ÍNDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	- 12 -
1.1. Objetivos.....	- 13 -
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	- 14 -
2.1. Suelos degradados	- 14 -
2.2. Encalado.....	- 14 -
2.3. Materia orgánica	- 15 -
2.4. Roca fosfórica.....	- 16 -
2.5. Propiedades físicas.....	- 17 -
2.5.1. Textura	- 17 -
2.5.2. Densidad aparente	- 17 -
2.5.3. Porosidad	- 18 -
2.5.4. Penetrabilidad	- 19 -
2.5.5. Infiltración	- 20 -
2.6. Propiedades químicas	- 21 -
2.6.1. pH del suelo	- 21 -
2.6.2. Capacidad de intercambio catiónico	- 22 -
2.6.3. Nitrógeno.....	- 22 -
2.6.4. Fósforo	- 23 -
2.6.5. Potasio	- 23 -
2.6.6. Calcio	- 24 -

2.6.7. Magnesio.....	- 25 -
2.7. Las trampas pitfall.....	- 25 -
2.8. Incremento de altura por efecto de las enmiendas.....	- 26 -
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	- 27 -
3.1. Campo experimental.....	- 27 -
3.1.1. Ubicación.....	- 27 -
3.1.2. Historia del campo experimental.....	- 27 -
3.1.3. Registros meteorológicos.....	- 28 -
3.2. Materiales y equipos.....	- 29 -
3.2.1. Materiales utilizados.....	- 29 -
3.2.2. Equipos y herramientas utilizados.....	- 29 -
3.3. Metodología.....	- 29 -
3.3.1. Reconocimiento de la parcela.....	- 29 -
3.3.2. Componentes en estudio.....	- 29 -
3.3.3. Tratamientos en estudio.....	- 30 -
3.3.4. Diseño experimental.....	- 30 -
3.3.5. Características del campo experimental.....	- 32 -
3.4. Parámetros evaluados.....	- 33 -
3.4.1. Parámetros físicos.....	- 33 -
3.4.2. Parámetros químicos.....	- 35 -
3.4.3. Diversidad de artrópodos en el cultivo de cacao.....	- 36 -
3.4.4. Altura de planta.....	- 37 -
3.4.5. Relación de las propiedades del suelo.....	- 37 -

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	- 38 -
4.1. Propiedades físicas del suelo.....	- 38 -
4.2. Propiedades químicas del suelo	- 38 -
4.2.1.pH del suelo	- 41 -
4.2.2.Capacidad de intercambio catiónico	- 43 -
4.2.3.Contenido de fósforo disponible por el efecto de enmiendas	- 44 -
4.2.4.Efecto de las enmiendas en el contenido de potasio disponible.....	- 49 -
4.2.5.Efecto de las enmiendas en el contenido de	
calcio intercambiable.....	- 53 -
4.2.6. Efecto de las enmiendas en el contenido de magnesio....	- 54 -
4.3. Diversidad de artrópodos alrededor del cultivo	- 58 -
4.4. Incremento de altura en el cultivo de cacao	- 59 -
4.5. Relación de las propiedades del suelo.....	- 61 -
V. CONCLUSIONES.....	- 63 -
VI. RECOMENDACIONES.....	- 64 -
VII. RESUMEN	- 65 -
VIII.BIBLIOGRAFÍA.....	- 66 -
IX. ANEXO.....	- 78 -

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
1. Clase textural del suelo (USDA) y su densidad aparente ideal.	- 18 -
2. Calificación de la porosidad total del suelo	- 19 -
3. Calificación del pH del suelo según USDA	- 21 -
4. Clasificación del contenido de nitrógeno total.	- 23 -
5. Clasificación del contenido de fósforo y potasio disponibles (ppm)...	- 24 -
6. Datos meteorológicos registrados durante la ejecución del experimento correspondiente, abril a setiembre del 2016.	- 28 -
7. Detalle de los tratamientos en estudio	- 30 -
8. Esquema del análisis de variancia (ANVA).....	- 32 -
9. Parámetros químicos del suelo.....	- 36 -
10. Análisis de variancia de las propiedades físicas del suelo	- 39 -
11. Análisis de variancia de las propiedades químicas del suelo	- 40 -
12. Prueba de significancia de Duncan ($\alpha=0.05$) del factor niveles de dolomita (A), en el contenido de fosforo disponible del suelo.	- 46 -
13. Prueba de significancia de Duncan ($\alpha=0.05$), del factor niveles de la materia orgánica (C) en el contenido de fosforo.	- 46 -
14. Análisis de variancia del efecto simple para niveles de dolomita (A) y niveles de roca fosfórica (B) en el contenido de fosforo disponible del suelo.	- 47 -
15. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) de efecto simple del factor dolomita (A), en el nivel b1 de la roca fosfórica en el contenido de fosforo disponible.	- 48 -

16. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) de efecto simple del factor roca fosfórica (B) en el nivel a1 de dolomita en el contenido de fósforo disponible del suelo.	- 49 -
17. Análisis de variancia de efectos simples para el factor dolomita (A), roca fosfórica (B) y materia orgánica en el contenido de potasio disponible.	- 50 -
18. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) de efecto simple del factor dolomita (A) en los niveles b ₂ c ₂ de la roca fosfórica y materia orgánica en el contenido de potasio disponible del suelo.	- 51 -
19. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) de efecto simple del factor roca fosfórica (B) en los niveles a ₂ c ₂ de dolomita y materia orgánica en el contenido de potasio disponible. del suelo.	- 52 -
20. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) del factor roca fosfórica (B) en el contenido de magnesio disponible.	- 56 -
21. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) del factor materia orgánica(C) en el contenido de magnesio disponible.	- 56 -
22. Promedio del índice de diversidad de Shannon-Wiener en los tratamientos evaluados.	- 58 -
23. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el efecto de las enmiendas en el incremento de altura de planta.	- 60 -
24. Correlación del limo, pH, capacidad de intercambio catiónico, calcio y magnesio en el incremento de altura de planta.	- 62 -
25. Análisis de variancia de la diversidad de artrópodos	- 79 -
26. Análisis de variancia del incremento en altura del cultivo cacao.	- 79 -

27. Número de individuos por orden por cada tratamiento para el cálculo del Índice de Shannon-Wiener.....	- 80 -
28. Promedio de individuos por orden para cada tratamiento	- 81 -
29. Relación de las propiedades físicas, químicas suelo y diversidad de artrópodos con el crecimiento de plantones de cacao.	- 82 -
30. Análisis de variancia de la relación entre las propiedades físicas, químicas y la diversidad del suelo en el incremento de altura del cultivo de cacao.....	- - 82
-	
31. Antecedentes de la dosis de aplicación de enmiendas	- - 93
-	

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Efecto de las enmiendas en el pH del suelo.	- 42 -
2. Comparación entre el testigo vs factorial en el pH del suelo.	- 43 -
3. Efecto de las enmiendas en la CIC del suelo.	- 44 -
4. Comparación entre el testigo vs factorial en la CIC del suelo.	- 44 -
5. Efecto de las enmiendas en el fósforo del suelo.	- 45 -
6. Comparación entre el testigo vs factorial en el fosforo del suelo.	- 49 -
7. Efecto de las enmiendas en el contenido de calcio intercambiable... ..	- 53 -
8. Comparación del testigo vs factorial del calcio en el suelo.	- 54 -
9. Efecto de las enmiendas en el contenido de magnesio.	- 54 -
10. Efecto de los niveles de roca fosfórica en la CIC del suelo.	- 56 -
11. Comparación del testigo vs factorial del magnesio en el suelo.	- 57 -
12. Efecto de las enmiendas en el incremento de altura de planta.	- 60 -
13. Comparación del testigo vs factorial del incremento de altura de planta- ..	- 61 -
14. Lugar de ejecución del experimento.	- 83 -
15. Croquis del campo experimental.	- 84 -
16. Parcela neta	- 84 -
17. Limpieza de la zona de evaluación.	- 85 -
18. Evaluación de la Penetrabilidad al ras del suelo 0 cm.	- 85 -
19. Evaluación de la densidad del suelo.	- 86 -
20. Evaluación del peso seco del suelo.	- 86 -
21. Instalación de los cilindros y evaluación de la infiltración	- 87 -
22. Instalación de las trampas pitfall para evaluación de la diversidad	- 88 -

23. Evaluación del crecimiento en el cultivo de cacao.....	- 88 -
24. Análisis especial del compost aplicado en el experimento	- 89 -
25. Análisis de suelos-Facultad de Agronomía del BIOQUE I	- 90 -
26. Análisis de suelos-Facultad de Agronomía del BIOQUE II	- 91 -
27. Análisis de suelos-Facultad de Agronomía del BIOQUE III.	- 92 -

I. INTRODUCCIÓN

La coca fue y es en los últimos períodos un cultivo influyente en el Alto Huallaga; por medio de su manejo inapropiado, los suelos de esta zona han perdido su fertilidad: física, química y biológica, convirtiéndose en suelos degradados, en donde el 33% de la tierra del mundo se encuentran de moderada a altamente degradada (FAO, 2015), presentándose el 54% de las Tierra del Perú con degradación moderada, severa y muy severa según MINAGRI (2014).

La degradación del suelo particularmente aquellos ubicados fisiográficamente en colinas y aún en montañas han conducido a la pérdida de la capa arable ocasionando altos niveles de aluminio en el aspecto edáfico, bajo contenido de materia orgánica, bajo niveles de nutrientes como nitrógeno, fósforo y bases cambiables, degradación de la estructura del suelo manifestado con la disminución de la capacidad de infiltración de agua, poca aireación y mayor resistencia del suelo a la penetración.

Es por ello que se han usado diferentes técnicas para la recuperación de los suelos como la aplicación de enmiendas tanto orgánicas como inorgánicas ya que constituyen los pilares fundamentales en modificación de las características físicas: aumentando la estabilidad estructural, la retención y la porosidad de agua, disminuyendo la densidad aparente. Además, consigue mejorar las propiedades biológicas y químicas del suelo.

Actualmente la mayoría de los trabajos realizados para ver el efecto de las enmiendas orgánicas e inorgánicas en el suelo se evalúa generalmente en

cultivos anuales y a corto plazo, es por ellos que éste trabajo de investigación se realizó para observar el efecto positivo de las enmiendas a largo plazo en un cultivo perenne.

Ante esta realidad este trabajo de investigación se pretende comprender en cuánto se modificará las propiedades del suelo a partir del décimo mes luego de aplicar las enmiendas en el establecimiento del cultivo de cacao.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Evaluar las propiedades del suelo degradado a partir del décimo mes de aplicada las enmiendas en el establecimiento del cultivo de cacao en la localidad de Río Espino.

1.1.2. Objetivos específicos

1. Determinar el efecto de la dolomita, roca fosfórica y materia orgánica en las características físicas, químicas del suelo y la diversidad de artrópodos.
2. Comprobar el efecto de la dolomita, roca fosfórica y materia orgánica en el crecimiento del cultivo de cacao.
3. Evaluar la relación de las propiedades físicas, químicas del suelo y la diversidad de artrópodos en el crecimiento del cultivo de cacao.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Suelos degradados

Los suelos degradados viene hacer la carencia de la capacidad productiva en breve o a largo tiempo, a través de forma natural o por actividad del hombre, mediante diferentes procesos como la disminución de la materia orgánica, la acidificación, salinización, contaminación, compactación y erosión lo que conlleva a cambios adversos en las propiedades y procesos a través del tiempo resultante de la expulsión y modificación del balance dinámico del suelo con el ecosistema debido a las perturbaciones antrópicas (FAO, 2015), siendo las causas principales la modificación de los cambios climáticos, deforestación, el uso intensivo de las tierra debido, el pastoreo excesivo y las actividades industriales (ENCINA e IBARRA, 2003); ocasionando la pérdida de la profundidad efectiva del suelo, la reducción de la fertilidad del suelo, incremento de acidez, disminución del contenido de materia orgánica y la reducción de los rendimientos del cultivo (DOMINGUEZ *et al.*,2006), por lo tanto es mínimo que en éstas situaciones los suelos requieran períodos prolongados para regenerarse y volver a sus propiedades físicas, químicas y biológicas en modo natural, que requieren no menos de 10 años (RUIZ *et al.*,2014).

2.2. Encalado

El encalado es una técnica frecuente en la mejora de suelos ácidos (ROSAS *et al.*, 2017), el cual consiste en introducir al suelo magnesio y calcio para corregir la acidez del mismo, concretamente para que el pH alcance una

categoría ideal para el crecimiento normal de los cultivos y simultáneamente mitigue el contenido del manganeso y aluminio tóxico (KEN, 2006).

Para modificar la acidez se usan productos correctores o enmiendas, tales como calcita (CaCO_3), dolomita ($\text{Ca Mg} (\text{CO}_3)_2$), cal viva (CaO) o apagada ($\text{Ca} (\text{OH})_2$). (hoss,2014). La dolomita contiene : CaO (30.41%), MgO (21.86%) y CO_2 (47.73%) según DGRM (2013), siendo un material encalante que afecta positivamente en las características físicas: disminuyendo la densidad aparente ,incrementando la tasa de infiltración básica, mejorando la porosidad y la resistencia a la penetración (VÁZQUEZ *et al.*,2009; CERDA, 2015); en los químicos incrementa el pH del suelo ,mejora el estado de fósforo disponible (RASTIJA *et al* ,2014),disminuye los niveles de Aluminio y Fierro, mejorar la capacidad de intercambio catiónico y las reservas de nutrimentos (Ca, Mg, P, Zn) sin perjudicar otros nutrientes como nitrógeno y potasio (ROSAS *et al.*, 2017).

2.3. Materia orgánica

La pérdida de materia orgánica es un proceso que provoca degradación en las características físicas, químicas y biológicas del suelo, en donde hay disminución en porosidad, aumento de densidad, aumento de la compactación, reducción de la superficie para el proceso en la toma de agua y nutrientes, reduciendo la actividad biológica y declinando la productividad de los cultivos (MURRAY *et al.*, 2010).

Proveer en el suelo materia orgánica mejorará las propiedades físicas creando una estructura de suelo abierta (ADAMS y EARLY, 2004), incremento

de la microporosidad, disminución de la densidad, favorece a la retención y la conservación de la humedad del suelo (ACEVEDO *et al.*, 2004), formando agregados y dando estabilidad estructural (JULCA *et al.*, 2006). En las propiedades químicas libera los nutrientes (ADAMS EARLY,2004), incrementando el contenido de materia orgánica, fósforo disponible, potasio, estabiliza la reacción de suelo debido a su alto poder amortiguador (ACEVEDO *et al.*, 2004), mayor disponibilidad de calcio, magnesio, nitrógeno, potasio y CICE. (RAMOS y TERRY, 2014) y en las propiedades biológicas favorece los procesos de mineralización e incrementa las poblaciones de los microorganismos en el suelo (REYES *et al.*, 2000).

La aplicación de compost favorece el fortalecimiento de las características químicas de los suelos y en el rendimiento del cultivo (OROZCO y MUÑOZ, 2011), produce mayores beneficios al suelo y mantiene una adecuada fertilidad (CASTRO *et al.*,2010). Algunos autores sugieren operar en mediano plazo con abonos orgánicos de gallinaza y composta en cantidades de 20 a 30 y 4 a 8 tn/ha. (LÓPEZ *et al.*, 2001).

2.4. Roca fosfórica

La roca fosfórica es un importante recurso mineral con numerosos usos y aplicaciones en la agricultura y el medio ambiente utilizadas para aumentar la acidez (FAYIGA,2016), debido que en suelos ácidos existe limitaciones de fertilidad, bajando la producción de cultivos ya que generalmente contienen una baja disponibilidad de fósforo para las plantas y existiendo una alta capacidad de fijación de este elemento. La reactividad de esta enmienda va a depender de las

propiedades del suelo, las prácticas de manejo y las especies de cultivos. (CHIEN *et al.*, 2010).

2.5. Propiedades físicas

2.5.1. Textura

Según la FAO (2015) menciona que la textura, es el espacio referente de diferente tamaño que se encuentra en el suelo, como la arena, el limo y la arcilla, por lo tanto, tiene que ver con la simplicidad en que se puede labrar el suelo, la dosis de agua, la retención de aire y la ligereza con que el agua se introduce en el suelo; de la misma manera constituye las medidas relativas en que se hallan las partículas de diámetro menor a 2 mm y agrupándose en tres clases: Arena, Limo y Arcilla según JARAMILLO (2002).

Según JORDÁN (2005) menciona que la condición coloidal viene definido en los suelos arcillosos, por su capacidad de agregación, por su espacio elevado, además de poseer una estructura más avanzada en semejanza con los suelos limosos o arenosos, es decir las arcillas desde el punto de vista químico es la fuente primordial de intercambio catiónico de origen mineral, de igual modo como reserva de nutrimentos en el suelo, junto con la materia orgánica ya que adquiere la regulación del pH.

2.5.2. Densidad aparente

La densidad es un parámetro que sirve para cuantificar la calidad de un suelo, conforme a su resistencia mecánica, estructura y la adhesión del mismo (INGARAMO *et al.*, 2003), cuando la densidad aparente aumenta, incrementa la compactación limitando el crecimiento de las raíces (SALAMANCA

y SADEGHIAN, 2004), ocasionando valores críticos que se alteran por la textura presente en un suelo ; exponiendo restricciones importantes que no permiten alcanzar información referida al tamaño de los huecos o sobre las fuerzas que brindan lugar a una estructura característica (INGARAMO *et al.*, 2003).

La densidad se encuentra influido por los minerales del suelo y las fracciones orgánicas (MURRAY, 2011), la cual va mejorando la estructura del suelo con aplicación de la materia orgánica, ya que según estudios realizados en altas dosis de estiércol este parámetro disminuyó hasta 0.94 g/cm³ con una clase textural es arcillosa (CERDA, 2015).

Cuadro 1. La densidad aparente según la clase textural del suelo (USDA)

Clase textural	Densidad aparente(g/cm³)
Arenoso	1.60 – 1.70
Areno franco	1.55 – 1.70
Franco arenoso	1.50 – 1.60
Franco	1.45 – 1.55
Franco limoso	1.45 – 1.55
Limoso	1.40 – 1.50
Franco arcillo arenoso	1.45 – 1.55
Franco arcilloso	1.40 – 1.50
Franco arcillo limoso	1.45 – 1.55
Arcillo arenoso	1.35 – 1.45
Arcilla limoso	1.40 – 1.50
Arcilla	1.25 – 1.45

Fuente: Adaptado de USDA, "General Guide for Estimating Moist Bulk Density"

2.5.3. Porosidad

Equivale al volumen de éste que no se halla ocupado por sólidos, útil en el suelo para gases y líquido (JARAMILLO, 2002); además la porosidad del suelo necesita de las propiedades de su fracción sólida, la cual se estima en base en la densidad aparente y real, según la siguiente relación:

Dónde:

$$P = 1 - \left[\frac{Da}{Dr} \right] \times 100$$

P: Porosidad total (%)

Da: Densidad aparente (kg.m⁻³)

Dr: Densidad real (kg.m⁻³)

Cuadro 2. Calificación de la porosidad total del suelo

Porosidad total (%)	Calificación
> 70	Excesiva
55 - 70	Excelente
50 - 55	Satisfactoria
40 - 50	Baja
< 40	Muy baja

Fuente: (KAURICHEV, 1984, citado por JARAMILLO, 2002)

2.5.4. Penetrabilidad

Es la resistencia que exponen un suelo a la penetración radical , se encuentra enlazado a la densidad aparente y al nivel de humedad del suelo, se cuantifica con aparatos designados penetrómetros, expresándose en kg/cm² y está conectada con el volumen de raíces (INTAGRI, 2017), siendo la compactación del suelo uno de los grandes problemas ya que disminuye el espacio total, aumenta la densidad aparente, restringiendo el desarrollo radical (HENRÍQUEZ *et al.*, 2011), en resistencias superiores de 20 kg/cm² en medida de capacidad de campo (FERTILAB, 2015).

Estudios afirman que el estiércol ocasiona un aumento en la formación de agregados, incrementando relativamente la infiltración del agua y la capacidad de retención de humedad del suelo, debido al incremento de la materia orgánica y la porosidad (FERTILAB, 2015).

2.5.5. Infiltración

VALVERDE (2007), afirma que la velocidad de infiltración describe la relación entre el tiempo que se tarda en infiltrar una lámina de agua manifestado en cm/h o mm/h. Según VILLALOBOS y FERERES (2017) menciona que la velocidad de infiltración se reduce con el tiempo, hasta alcanzar un valor relativamente constante, dependiendo del tipo de suelo, siendo mayor para suelos arenosos y menor para suelos arcillosos.

En las tasas de infiltración del suelo influye la densidad aparente del suelo, humedad inicial, porosidad total y el contenido de materia orgánica. Resultados mostraron que las tasas de infiltración inicial y constante del suelo aumentaron después de los cambios en el uso de la tierra de pastizales a bosques (+ 41.35%), de matorrales a bosques (+ 42.73%,) y de tierras de cultivo a agroforestales(+70.28%, + 84.17%). Las tasas de infiltración en el suelo disminuyeron después de los cambios en el uso de la tierra de pastizales a cultivos (– 45.23%), de matorrales a cultivos (– 64.24%) y de bosques a cultivos (– 53.58%, – 42.15%) (SUN *et al.*, 2018).

Estudios reportan que los mayores valores de infiltración se dan cuando hay mayor capacidad de enraizamiento; contenidos altos de materia orgánica de acelerada descomposición causante de una mayor frecuencia de espacios porosos, la abundante cantidad de macrofauna y el mayor contenido de hojarasca en su suelo forestal dado por sus copas densas (YAÑEZ *et al.*, 2017).

2.6. Propiedades químicas

2.6.1. pH del suelo

El pH es la categoría de acidez, neutralidad o alcalinidad del suelo, dado por la correspondencia de iones de oxidrilos (OH^-) e hidrógeno (H^+), mencionado por YAKAVI (2014); también es una característica química fundamental en los suelos, debido a que de él depende la disponibilidad de nutrimentos para las plantas, su solubilidad y la mineralizan la materia orgánica.

El pH varía de 0 – 14, entre menor sea el existirá altas concentraciones de aluminio intercambiable resultando tóxicas para las plantas (SADEGHIAN, 2016), siendo necesario la ayuda de fertilizantes de carácter calcificante (GINÉS y MARISCAL, 2000).

La clasificación para los valores de pH, cuya relación suelo y agua está en proporción 1:1 (JARAMILLO, 2002).

Cuadro 3. Calificación USDA del pH del suelo

Valor	Clasificación
< 3.5	Ultra ácido
3.5 – 4.4	Extremadamente ácido
4.5 – 5.0	Muy fuertemente ácido
5.1 – 5.5	Fuertemente ácido
5.6 – 6.0	Moderadamente ácido
6.1 – 6.5	Ligeramente ácido
6.6 – 7.3	Neutro
7.4 – 7.8	Ligeramente alcalino
7.9 – 8.4	Moderadamente alcalino
8.5 – 9.0	Fuertemente alcalino
> 9.0	Muy fuertemente alcalino

Fuente: JARAMILLO, 2002.

2.6.2. Capacidad de intercambio catiónico

Esta propiedad química del suelo es la cantidad total de cargas negativas disponibles sobre la superficie del suelo e indica el potencial de un suelo para conservar e intercambiar nutrimentos, existiendo en mayor cantidad las arcillas (10 - 150 $\text{cmol}_{(+)}/\text{kg}$) y la materia orgánica (200 - 400 $\text{cmol}_{(+)}/\text{kg}$), lo que incita un aumento en la capacidad de intercambio catiónico, recuperando así las características físicas del suelo, incrementando la infiltración de agua, renovando la estructura del suelo, suministrando de nutrimentos a la planta y reduciendo las pérdidas por erosión (INTAGRI, 2015).

Para aumentar la capacidad de los suelos para contener cationes de nutrientes como el potasio, el calcio, el magnesio y el amonio es necesario agregar materia orgánica y si el suelo es demasiado ácido, se recomienda el uso de cal para elevar su pH hasta el extremo superior del rango necesario para el cultivo aumentando el pH del suelo, la CIC, ocasionando cargas negativas para la disponibilidad de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} (MAGDOFF y VAN 2010).

2.6.3. Nitrógeno

En un cultivo la porción valiosa del nitrógeno que recibe procede de la materia orgánica del suelo, la cual se encuentra utilizable al instante de la siembra como son los nitratos y amonios; la otra parte se dispensa con la putrefacción de la materia orgánica durante el ciclo del cultivo, por lo tanto, es necesario la fertilización para aumentar la eficiencia del uso de este nutriente, incrementando la productividad, disminuyendo los efectos ambientales adversos. (MARTÍNEZ y GALANTINI, 2018).

Cuadro 4. Clasificación del contenido de nitrógeno total.

Calificación	N (%)
Extremadamente pobre	<0.032
Pobre	0.032 – 0.063
Medianamente pobre	0.064 – 0.095
Medio	0.096 – 0.126
Medianamente rico	0.127 – 0.158
Rico	0.159 – 0.221
Extremadamente rico	>0.221

Fuente: Moreno, 1978, citado por YAKABI, 2014.

2.6.4. Fósforo

El fósforo (P) es un nutriente esencial para las plantas y desempeña un papel clave en el crecimiento y desarrollo de las plantas, segundo suplemento nutricional más grande del mundo para cultivos después del nitrógeno, el suelo contiene un promedio de 400 –1000 mg.kg⁻¹ de fósforo total, de los cuales solo el 1 – 2.5% está disponible para las plantas para su captación (ADNAN, 2017).

El fósforo se encuentra en el suelo en ambos minerales y formas orgánicas, la mayor parte del P orgánico (20 a 80%) es inerte, en cambio el fósforo mineral en el suelo puede no están disponibles a través de la fijación o adsorción en suelos arcillosos y a las reacciones de precipitación con cationes como Ca-P y Mg-P en suelo alcalino o Fe-P y Al-P en suelo ácido (ADNAN, 2017).

2.6.5. Potasio

En el suelo el potasio se encuentra en cuatro formas, entre las cuales tenemos potasio en solución, potasio intercambiable, potasio no intercambiable y potasio mineral (GARCÍA y QUINKE, 2012).

Según INTAGRI (2017), el potasio disponible va a depender del tipo de arcilla, el pH del suelo y la humedad. El primero sucede cuando las arcillas son de tipo 2:1, las cuales ocasionan una mayor fijación de este elemento, además de la disminución de la humedad y un pH adecuado, ya que en suelos ácidos se reduce por la aparición de polímeros de hidroxialuminio.

Otro parámetro que depende el potasio es la capacidad de intercambio catiónico, la disminución de la CIC ocasiona una baja cantidad para mantener la concentración de K^+ en la solución del suelo, al contrario un incremento en la CIC, puede ser capaz de conservar un abastecimiento relativamente constante de potasio en la solución del suelo mediante el crecimiento del cultivo (RUIZ y SADZAWKA, 2005).

Cuadro 5. Clasificación del contenido de fósforo y potasio disponibles (ppm).

Calificación	P (ppm)	K (ppm)
Bajo	<7	<100
Medio	7 – 14	100 – 200

2.6.6. Calcio

El calcio cambiante es fundamental para la estructura del suelo, porque causa la floculación de los coloides, corrigiendo así la estabilidad y estructura. La adsorción de calcio va a depender de la energía de los coloides; según INFOAGRO (2017), primeramente, es el calcio, luego el Magnesio, seguido de potasio y por último encontrándose el sodio (INFOAGRO, 2017)

2.6.7. Magnesio

Según INTAGRI (2015), hace referencia que el magnesio está influenciado por la porción de este elemento apta en la solución del suelo, el porcentaje de saturación, la capacidad de intercambio catiónico, el tipo de suelo y el grado de acidez de acidez del suelo. La disminución de Magnesio en el suelo puede darse por diferentes factores entre los cuales tenemos la adsorción de microorganismos, pérdidas de lixiviación, la poca retención de cationes, principalmente en los suelos con altas tasas de precipitación, un pH ácido con baja retención de cationes e interacciones antagónicas que se presentan con Al^{3+} .

2.7. Las trampas pitfall

Las trampas pitfall son cómodas y de sencilla instalación, los cuales se utilizan en trabajos de biodiversidad, en donde se realiza el muestreo de manera simultánea, como es la macrofauna y parte de la meso fauna, específicamente para atrapar animales nocturnos (MOREIRA *et al.*, 2012). Además, es una técnica relativa empleado para estimar tamaños de poblaciones absolutos o riqueza total de especies de un área. Se pueden obtener índices para cotejar la riqueza de las especies en determinadas áreas, también te permite conocer la diversidad de organismos en una zona determinada o para capturar algunas especies las cuales son difíciles de hacerlo con otros métodos (MOREIRA *et al.*, 2012). Según algunos estudios realizados en un suelo ex cocal, bosque primario y sistema agroforestal existe predominancia de las hormigas (Hymenoptera) con 0.25, 1.36 y 0.95 nats/ individuos respectivamente (QUINTO, 2016).

2.8. Incremento de altura por efecto de las enmiendas

Para producir plántulas de cacao de alta calidad es necesario fertilizar el suelo a través de la aplicación de la materia orgánica, la cual tiene el potencial de mejorar la humedad, temperatura y el pH en el suelo, ocasionando un crecimiento de plántulas de cacao, aumentando su altura, número de hojas y el área foliar (BAHRUN *et al.*, 2017).

Otros resultados muestran que el encalado y la fertilización afectan rendimiento; siendo el clon CCN-51 más eficiente en el uso de nutriente, evidenciando la influencia del genotipo, las condiciones edafoclimáticas del área y las condiciones específicas de pH y preferencias de nutrientes para cada clon (ROSAS *et al.*, 2019).

Los desechos orgánicos tienen un gran impacto positivo en las características físicas, químicas y biológicas del suelo, provocando el desarrollo de las plantas y así aumenta el rendimiento de los cultivos (HOSSAIN *et al.*, 2017). Los efectos residuales del estiércol o compost a base de N o P aumentan la producción de cultivos durante un año e influyen en las propiedades del suelo como la conductividad eléctrica del suelo, pH, P y NO^{-3} disponibles para las plantas (EGHBALL, 2014).

Una gran cantidad de microorganismos del suelo son idóneos para mineralizar y solubilizar el fosfato insoluble del suelo, a través de la liberación del fósforo soluble, disponible para las plantas. Estos microorganismos mejoran el rendimiento y el rendimiento de una extensa variedad de cultivos (ADNAN *et al.*, 2017).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Campo experimental

3.1.1. Ubicación

El presente trabajo de estudio se efectuó en la localidad de Río Espino, zona abarcada en la provincia de Huamalíes, distrito de Monzón. Ubicado geográficamente se encuentra en las coordenadas UTM (E: 369348 y N: 8981322) y a una altura promedio de 740 – 1100 m.s.n.m., con una humedad relativa de 84%, temperatura media anual que varía entre los 19.3°C y 29.4°C, precipitación pluvial de 3100 mm/anuales y ecológicamente cuenta con 2 zonas de vida: bosque húmedo tropical (bh-T), bosque muy húmedo premontano tropical (bmh-PT).

3.1.2. Historia del campo experimental

El campo experimental fue una parcela ex cocal, de aproximadamente 30 años de edad y sobre explotada, manejada intensamente con agroquímicos; con presencia de gramíneas hojas alargadas y delgadas denominada comúnmente como “rabo de zorro”. Para realizar la evaluación respectiva los tratamientos ya estaban instalados, la fecha de siembra se realizó el 23/05/15 sembrados a un distanciamiento de 3 x 3 m. Las dimensiones del hoyo fueron de 40 cm x 40 cm x 30 cm, en donde se aplicó las enmiendas de forma localizada de acuerdo con los tratamientos especificados, cada unidad experimental fue de 12 plantas y la parcela neta de evaluación fue de 6 plantas.

3.1.3. Registros meteorológicos

En el cuadro 6, se presentan los datos meteorológicos conseguidos en la Estación Meteorológica "José Abelardo Quiñones" de Tingo María, propios de los meses de abril a diciembre del año 2016. Las condiciones climáticas de la parcela de investigación competen a un clima de bosque muy húmedo subtropical, con una temperatura media de 25.5°C, con una precipitación promedio fue 210.4 mm/mes, la humedad relativa de 82.2 %; de la misma manera las horas sol en los meses de agosto y setiembre presentándose un incremento con 171.5 de promedio.

Cuadro 6. Datos meteorológicos registrados durante la ejecución del experimento correspondiente, abril a setiembre del 2016.

Meses	Temperatura (°C)			H. R. (%)	Precipitación (mm)	Insolación (horas sol)
	Max.	Min.	Med.			
Abril	30.1	20.5	25.3	84	280.6	123.4
Mayo	30.7	20.6	25.6	82	215.2	169.7
Junio	29.7	19.7	24.7	83	172.7	185.2
Julio	30.8	19.0	24.9	82	104.7	212.1
Agosto	31.3	19.7	25.5	81	77.7	212.5
Setiembre	31.0	19.7	25.3	81	115.8	157.3
Octubre	31.2	20.3	25.7	82	165.1	170.0
Noviembre	32.1	21.1	26.6	81	340.3	185.4
Diciembre	30.2	20.8	25.5	84	421.6	127.8
Total	277.1	181.4	229.1	740	1893.7	1543.4
Promedio	30.8	20.2	25.5	82.2	210.4	171.5

Fuente: Estación Experimental Metroológica "José Abelardo Quiñones" de Tingo María.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales utilizados

Suelo degradado excocal, cultivo de cacao, insumos (enmiendas).

3.2.2. Equipos y herramientas utilizados

Balanza digital, cámara fotográfica, cilindro para densidad, penetrómetro, cilindros de infiltración y pala recta.

3.3. Metodología

3.3.1. Reconocimiento de la parcela

Se realizó el reconocimiento de la parcela instalada de plántulas de cacao en la cual se evaluó el efecto de las enmiendas en las propiedades físicas, químicas del suelo y diversidad de especies después del décimo mes, en cada uno de los tratamientos instalados.

3.3.2. Componentes en estudio

Factor A: Niveles de dolomita

a₁: 0 Tn de Dolomitas/ha

a₂: 2 Tn de Dolomitas/ha

Factor B: Niveles de roca fosfórica

b₁: 150 kg de P₂O₅/ha

b₂: 300 kg ha de P₂O₅/ha

Factor C: Niveles de materia orgánica

c1: 6% de MO

c2: 9% de MO

3.3.3. Tratamientos en estudio

Los tratamientos se obtuvieron por la combinación de las enmiendas a utilizar con las dosis empleadas más un testigo absoluto, como se describe en el Cuadro 7. La dosificación por planta se muestra en el Cuadro 32 (Anexo).

Cuadro 7. Detalle de los tratamientos en estudio

Clave	Descripción	Dosificación (Kg. hoyo ⁻¹)		
		Dolomita	P ₂ O ₅	MO
T ₁ a ₁ b ₁ c ₁	0 dolomita+150 kg/ha de P ₂ O ₅ + 6% MO	0	0.61	4.03
T ₂ a ₁ b ₁ c ₂	0 dolomita+150 kg/ha de P ₂ O ₅ + 9% MO	0	0.61	6.03
T ₃ a ₁ b ₂ c ₁	0 dolomita+300 kg/ha de P ₂ O ₅ + 6% MO	0	1.22	4.03
T ₄ a ₁ b ₂ c ₂	0 dolomita+300 kg/ha de P ₂ O ₅ + 9% MO	0	1.22	6.03
T ₅ a ₂ b ₁ c ₁	2 dolomita+150 kg/ha de P ₂ O ₅ + 6% MO	0.52	0.61	4.03
T ₆ a ₂ b ₁ c ₂	2 dolomita+150 kg/ha de P ₂ O ₅ + 9% MO	0.52	0.61	6.03
T ₇ a ₂ b ₂ c ₁	2 dolomita+300 kg/ha de P ₂ O ₅ + 6% MO	0.52	1.22	4.03
T ₈ a ₂ b ₂ c ₂	2 dolomita+300 kg/ha de P ₂ O ₅ + 9% MO	0.52	1.22	6.03
T ₉ a ₀ b ₀ c ₀	Testigo adicional	0	0	0

3.3.4. Diseño experimental

Se empleó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con arreglo factorial de 2 niveles de dolomita por 2 niveles de roca fosfórica y 2 niveles de materia orgánica, más un testigo adicional, con tres repeticiones. Para las comparaciones entre los tratamientos se utilizó la prueba de Duncan, con un nivel de significación ($\alpha = 0.05$).

A. Modelo aditivo lineal

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \lambda_l + \varepsilon_{ijkl}$$

Dónde:

Y_{ijkl} = Respuesta del i-ésimo nivel del factor A, j-ésimo nivel del factor B, k-ésimo nivel del factor C, l-ésima repetición.

μ = Efecto de la media general.

α_i = Efecto de la i-ésimo nivel del factor A.

β_j = Efecto de la j-ésimo nivel del factor B.

γ_k = Efecto de la k-ésimo nivel del factor C

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre el i-esimo nivel del factor α con el j-esimo nivel del factor β .

$(\alpha\gamma)_{ik}$ = Efecto de lá interacción entre el i-esimo nivel del factor α con el k-esimo nivel del factor γ .

$(\beta\gamma)_{jk}$ = Efecto de lá interacción entre el j-esimo nivel del factor β con el k-esimo nivel del factor γ .

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$ = Efecto de la interacción entre el i-esimo nivel del factor α con el j-esimo nivel del factor β y el k-esimo nivel del factor γ .

λ_l = Efecto del l-esimo bloque o repetición l.

ε_{ijkl} = Efecto aleatorio del error experimental obtenida en la unidad experimental correspondiente al l-esimo bloque a la cual se aplicó el i-esimo nivel del factor α con el j-esimo nivel del factor β y el k-esimo nivel del factor γ .

Para:

i = 1,2 Niveles de dolomita

j = 1,2 Niveles de roca fosfórica.

K= 1,2 Niveles de materia orgánica

L = 1, 2, 3 repeticiones

B. Análisis de variancia

Cuadro 8. Esquema del análisis de variancia (ANVA).

Fuentes de variación	Esquema	G. L.
Bloques	(r-1)	2
Tratamientos	(t-1)	8
Factorial	(f-1-1)	7
A (Dolomita)	(a-1)	1
B (Roca fosfórica)	(b-1)	1
C (Materia orgánica)	(c-1)	1
AxB (Dolomita x roca fosfórica)	(a-1) (b-1)	1
AxC (Dolomita x materia orgánica)	(a-1) (c-1)	1
BxC (Roca fosfórica x materia orgánica)	(b-1) (c-1)	1
AxBxC (Dm. x roca fosfórica x m. orgánica)	(a-1) (b-1) (c-1)	1
Factorial vs Testigo	(f-1)t	1
Error experimental	(abc)(r-1)	16
Total	(Tr)-1	26

3.3.5. Características del campo experimental

A. Bloques

Número de bloques	3
Largo de bloques	77.2 m
Ancho de bloques	12 m

B. Parcela

Número de parcelas/bloque	9
Número total de parcelas	27
Largo de parcela (UE)	12 m

Ancho de parcela (UE)	7.8 m
Distanciamiento	3 m

C. Área

Total de bloque	926.4 m ²
Total de parcela (UE)	93.6 m ²
Total del experimento	2781.2 m ²

3.4. Parámetros evaluados

3.4.1. Parámetros físicos

a. Densidad aparente

Se utilizó la técnica del cilindro descrito por JARAMILLO (2002), en la que se ingresa el cilindro verticalmente en el pedazo del suelo que anhela muestrear, con un bloque de madera y martillo logrando que se penetre completamente, luego se aparta el cilindro lleno con suelo, enrasando sus bordes con una navaja y tapando para llevarlo al laboratorio, la cual luego se procede a colocar la muestra de suelo en la estufa a 105 °C, para realizar el secado durante 24 horas, luego se retira del horno, se deja enfriar y se pesa (Pt), también se pesa el cilindro (Pc); además, se le toman las medidas de su longitud (h) y de su diámetro interno (d), con las cuales se calculará el volumen de éste (Vc), el cálculo se realizará a partir de la siguiente formula:

$$D_a = \frac{P_{SS}}{V_c}$$

Dónde:

Da: densidad aparente: g/cm³

PSS: peso del suelo seco en el horno: = Pt – Pc: g.

Vc: volumen del cilindro (cm³).

$$V_c = \frac{\pi d^2 h}{4} = \pi r^2 h$$

Los cilindros utilizados poseerán longitudes de 7 y 5 cm, con radio de 2.4 cm.

b. Porcentaje de la porosidad total

La porosidad del suelo se estimó en base a la densidad real y aparente, el cálculo se realizará a partir de la siguiente relación.

$$P = \left[1 - \frac{D_a}{D_r} \right] \times 100$$

P=porosidad total (%)

Da= densidad aparente

Dr= densidad real (2.65 g/cm³)

c. Determinación de la velocidad de infiltración

El método utilizado para evaluar la infiltración fue el infiltrómetro de cilindro doble, según GERDING *et al.*, (1996) utilizando mini cilindros con altura de 16 cm., de diámetro mayor 15 cm y diámetro menor 9 cm. El cual consistió en Introducir el cilindro exterior en el sitio determinado, a través del uso de un martillo, la cual ayudó a golpear la plancha de madera colocado sobre el

cilindro, introduciéndolo unos 3 cm aproximadamente, lo mismo se realizó con el cilindro interior con 5 cm verticalmente introducidos , luego se extendió la lámina de plástico sobre la superficie del suelo del cilindro interior y exterior, para ser llenadas con agua inmediatamente , se retiró el plástico del cilindro interior y se inició inmediatamente las lecturas de la carga de agua con el gancho metálico y la regla graduada previamente colocadas, en donde se tomó tres lecturas seguidas a 1min, 2 min, 5 min, 10 min, 15 min, 30 min y 1 hora. Las lecturas se realizaron con la ayuda de un cronómetro.

d. Índice de penetrabilidad

Es un índice de resistencia del suelo, el instrumento usado para determinarla es el penetrómetro, se evaluó en la superficie del suelo y a 5 cm de profundidad, se anotó cada lectura correspondiente.

3.4.2. Parámetros químicos

Para el desarrollo de los diferentes análisis químicos, se realizó el muestreo de suelo de cada tratamiento y repetición para cada técnica, tanto para el inicio como al final, llevadas al laboratorio de análisis de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, los análisis de laboratorio efectuados fueron los siguientes:

Cuadro 9. Parámetros químicos del suelo.

Parámetros químicos	Método empleado
pH (1:1)	Potenciómetro, relación suelo agua 1:1
Materia orgánica (%)	Walkley y Black
Nitrógeno (%)	% M.O x 0.05
Fósforo disponible (ppm)	Olsen modificado
Potasio disponible (ppm)	Desplazamiento con acetato de Amonio 1N pH: 7.0
Cationes cambiabiles (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+} , k^{+}), para suelos con $\text{pH} > 5.5$	Reemplazamiento con acetato de amonio 1N pH: 7.0 (cuantificado por EAA).
Cationes cambiabiles (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Al^{+3} , H^{+}), para suelos con $\text{pH} < 5.5$	Reemplazamiento con cloruro de potasio 1N: cuantificado el Ca^{+2} , Mg^{+2} por EAA, y método de Yuan para Al^{+3} , H^{+} .
CIC	Suma de cationes (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+} , k^{+})
CICe	Suma de cationes (Ca^{+2} , k^{+} , Mg^{+2} , Al^{+3} , H^{+})

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos de la UNAS.

3.4.3. Diversidad de artrópodos en el cultivo de cacao

a. Muestreo de la diversidad de artrópodos

Se realizó a través de trampas pitfall la cual consistía en vasos descartables con mezclas de 150ml de agua y detergente para vencer la tensión superficial, enterrados a nivel superficial en el suelo. Se colocó platos circulares descartables como protección de las trampas por las condiciones lluviosas, colocando tres trampas por cada tratamiento.

Las trampas pitfall se recogieron 48 horas después de haber sido colocadas. Luego se procedió a recoger las muestras por cada tratamiento respectivamente y se pasaron a vasos descartables con alcohol marcados debidamente.

b. Cuantificación de la diversidad de artrópodos

Para la cuantificación se realizó en el laboratorio, se procedió a separar las especies con ayuda de una pinza, la cual se introdujo en un recipiente de vidrio con alcohol. Los organismos del suelo fueron identificados a nivel de orden en el laboratorio de entomología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva con ayuda del técnico respectivo de área.

c. Diversidad de especies

A fin de establecer el índice de diversidad de especies se empleó la siguiente fórmula de Shannon Wiener.

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log p_i$$

Dónde:

n_i = Abundancia de género

N = Abundancia total de los géneros = $\sum n_i$

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

3.4.4. Incremento de altura de la planta

El incremento de altura se midió con una wincha desde la base de la planta hasta el ápice o parte terminal en cm.

3.4.5. Relación de las propiedades del suelo

Se realizó utilizando un programa de SPSS-22, con el fin de correlacionar todas las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Propiedades físicas del suelo

De acuerdo con la prueba de F del análisis de variancia de las propiedades físicas del suelo (Cuadro 10), no se encontró diferencias estadísticas significativas entre los bloques y ni con los niveles de dolomita (A), niveles de fósforo(B), niveles de materia orgánica (C) y en todas las interacciones.

El hecho de que no presenta diferencias estadísticas significativas en la densidad, índice de penetrabilidad, porosidad, velocidad de infiltración y humedad se debe posiblemente a que en este trabajo se evaluó el efecto residual de la aplicación de enmiendas después de diez meses de instalación.

4.2. Propiedades químicas del suelo

De acuerdo con la prueba F del análisis de variancia (Cuadro 11), de las propiedades químicas del suelo a nivel de materia orgánica y nitrógeno no se encontraron diferencias estadísticas en ninguna fuente de variación evaluada con un coeficiente de variabilidad de 45.57%, posiblemente por los niveles aplicados ya que fueron en rangos muy bajos.

En el caso del pH, capacidad de intercambio catiónico y calcio intercambiable se encontró diferencias estadísticas significativas en factorial con el testigo, con un coeficiente de variabilidad de 2.89%, 17.83%, 20.37% respectivamente.

Cuadro 10. Análisis de variancia de algunas propiedades físicas del suelo

Fuente de variación	GL	Arcilla	Limo	Arena	IP (0 cm)	IP (5 cm)	Densidad	Porosidad	Infiltración	Humedad
Bloques	2	59.70 *	1.04 NS	67.70 NS	0.09 NS	0.013 NS	0.013 NS	17.91 NS	31.84 NS	95.46 *
Tratamientos	8	31.04 NS	4.81 NS	41.70 NS	0.08 NS	0.044 NS	0.002 NS	3.23 NS	325.9 NS	2.1 NS
Factorial	7	23.60 NS	5.33 NS	38.45 NS	0.06 NS	0.047 NS	0.002 NS	2.99 NS	297.5 NS	2.39 NS
A	1	8.17 NS	2.67 NS	1.50 NS	0.17 NS	0.150 NS	0 NS	0.04 NS	28.65 NS	0.8 NS
B	1	60.17 NS	6.00 NS	104.17 NS	0.09 NS	4x10 ⁻⁴ NS	0.004 NS	5.95 NS	1220 NS	7.61 NS
C	1	1.50 NS	10.67 NS	20.17 NS	0.06 NS	0.002 NS	0.002 NS	2.82 NS	100.8 NS	0.45 NS
AxB	1	20.17 NS	0.67 NS	28.17 NS	0.09 NS	0.172 NS	0.005 NS	7.17 NS	501.9 NS	7.2 NS
AxC	1	0.17 NS	10.67 NS	13.50 NS	0.01 NS	0.006 NS	3x10 ⁻⁴ NS	0.36 NS	1.73 NS	0.3 NS
BxC	1	73.50 *	0.67 NS	88.17 NS	0.03 NS	4x10 ⁻⁴ NS	3x10 ⁻⁴ NS	0.46 NS	101.8 NS	0.08 NS
AxBxC	1	1.50 NS	6.00 NS	13.50 NS	0.01 NS	0 NS	0.003 NS	4.15 NS	127.5 NS	0.31 NS
Fact. vs test.	1	83.13 *	1.18 NS	64.46 NS	0.22 NS	0.022 NS	0.003 NS	4.86 NS	524.8 NS	3x10 ⁻⁴ NS
Error exp.	16	13.70	4.54	26.04	0.07	0.039	0.004	5.07	368.4	2.8
Total	26									
CV (%):		12.30	12.87	9.55	26.91	18.01	5.93	3.63	61.1	12.6

IP: índice penetrabilidad, NS: no significativo, *: significativo. Los valores mostrados corresponden a cuadrados medios.

GL: Grados de Libertad

Cuadro 11. Análisis de variancia de algunas propiedades químicas del suelo

Fuente de variación	G.L.	pH	CIC	M.O.	Elementos primarios			Saturación de bases			
					N	P	K	Ca	Mg	K	Na
Bloques	2	0.034 NS	3.136 NS	5.576 NS	0.0113 NS	24.27 NS	3507.69 *	2.66 NS	0.188 NS	0.0036 NS	0.003 *
Tratamiento	8	0.713 **	29.948 *	1.388 NS	0.0028 NS	311.50 **	757.94 NS	18.91 *	1.346 **	0.0069 NS	0.0014 NS
Factorial	7	0.018 NS	11.832 NS	1.423 NS	0.0029 NS	155.47 *	749.23 NS	7.54 NS	0.426 NS	0.0053 NS	0.001 NS
A	1	0.062 NS	0.788 NS	0.101 NS	0.0002 NS	228.19 *	942.93 NS	0.42 NS	0.036 NS	0.0003 NS	0.0013 NS
B	1	0.034 NS	21.151 NS	0.448 NS	0.0009 NS	28.84 NS	24.99 NS	12.01 NS	1.156 *	0.0009 NS	0.0008 NS
C	1	0.007 NS	26.736 NS	0.010 NS	0 NS	453.01 **	0.51 NS	16.14 NS	1.253 *	0.0006 NS	0.0001 NS
AxB	1	0 NS	11.744 NS	1.179 NS	0.0024 NS	259.26 *	526.88 NS	9.30 NS	0.094 NS	0.0057 NS	0 NS
AxC	1	0.002 NS	1.839 NS	4.389 NS	0.0089 NS	56.35 NS	58.54 NS	1.23 NS	0.046 NS	0.0001 NS	0.0018 NS
BxC	1	0.017 NS	6.499 NS	3.042 NS	0.0062 NS	59.03 NS	1099.30 NS	4.28 NS	0.105 NS	0.0219 *	0.0001 NS
AxBxC	1	0.001 NS	14.067 NS	0.789 NS	0.0016 NS	3.59 NS	2591.49 *	9.40 NS	0.293 NS	0.0081 NS	0.0029 NS
Fact. vs test.	1	55.809 **	156.758 **	1.146 NS	0.0023 NS	1403.72 **	818.87 NS	98.52 **	7.782 **	0.0174 NS	0.004 *
Error exp.	16	0.044	8.045	1.546	0.0031	42.91	538.49	6.08	0.212	0.0047	0.0007
Total	26										
CV. (%):		2.89	17.83	45.57	45.57	27.32	30.45	20.37	13.08	37.83	26.62

NS: no significativo, *: significativo, **: alta significancia. Los valores mostrados corresponden a cuadrados medios.

GL: Grados de Libertad

En relación con el fósforo se encontró diferencias estadísticas en niveles de dolomita (A), niveles de fósforo (B), las interacciones de A x B (niveles de dolomita y niveles de fósforo) y en la factorial vs testigo, con un coeficiente de 27.32%.

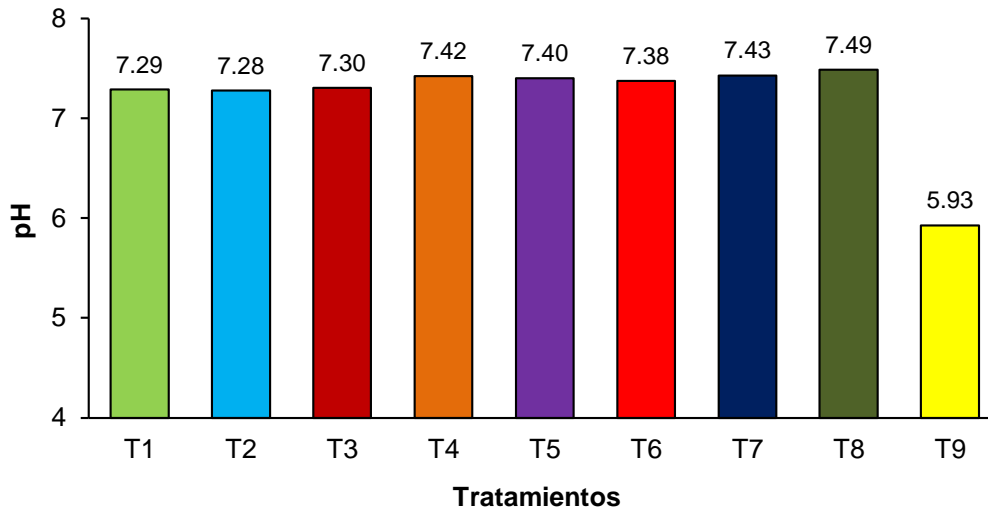
En cuanto al potasio se encontró diferencias estadísticas a nivel de bloques, y en la interacción de los niveles de dolomita, roca fosfórica y materia orgánica (AxBxC); con una variabilidad de 30.45%., para el calcio en los niveles de dolomita (A), niveles de fósforo (B) y en factorial vs testigo, con un coeficiente de variabilidad de 20.37%, y en magnesio en niveles de fósforo (B), niveles de materia orgánica(C) y factorial con el testigo con un coeficiente de variabilidad de 13.83%.

En el potasio intercambiable se encontró diferencias estadísticas en BxC (niveles de fósforo y niveles de materia orgánica), y por último en el sodio solo se encontró en bloques y factorial con el testigo, con una variabilidad 37.83% y 26.62% respectivamente.

4.2.1. pH del suelo

En la Figura 1, nos indica el efecto de los materiales encalantes en el pH de suelo, en relación de esta variable se observa un incremento en todos los tratamientos donde se aplicaron las enmiendas, resaltando el efecto del tratamiento T8 (2Tn. Do. + 300 kg/ha de P_2O_5 + 9% M.O t/ha), con un mayor valor (7.49) que los demás tratamientos. Este resultado confirma el efecto de las enmiendas aplicadas; que contribuyeron a incrementar el pH del suelo (RASTIJA *et al.*, 2014) de la manera siguiente: El efecto de la dolomita, el efecto de la roca

fosfórica., ambos contienen calcio que contrarrestan o desplazan al Aluminio (ROSAS *et al*; 2017), además el efecto de la materia orgánica, en cuya composición habría utilizado cal y roca fosfórica.



T₁ (0 Tn. Do. +150 kg/ha de P₂O₅ + 6% M.O t/ha) T₆ (2 Tn. Do. +150 kg/ha de P₂O₅ + 9% M.O t/ha)
T₂ (0 Tn. Do. +150 kg/ha de P₂O₅ + 9% M.O t/ha) T₇ (2 Tn. Do. +300 kg/ha de P₂O₅ + 6% M.O t/ha)
T₃ (0 Tn. Do. +300 kg/ha de P₂O₅ + 6% M.O t/ha) T₈ (2 Tn. Do. +300 kg/ha de P₂O₅ + 9% M.O t/ha)
T₄ (0 Tn. Do. +300 kg/ha de P₂O₅ + 9% M.O t/ha) T₉ (0 Testigo)
T₅ (2 Tn. Do. +150 kg/ha de P₂O₅ + 6% M.O t/ha)

Figura 1. Efecto de las enmiendas en el pH del suelo.

Factorial (Dolomita + RF y MO) con el testigo

En la Figura 2, nos indica que el incremento de pH del suelo se da por la aplicación de las enmiendas: Dolomita, roca fosfórica y materia orgánica a comparación del testigo tal como se explicó en la Figura 1.

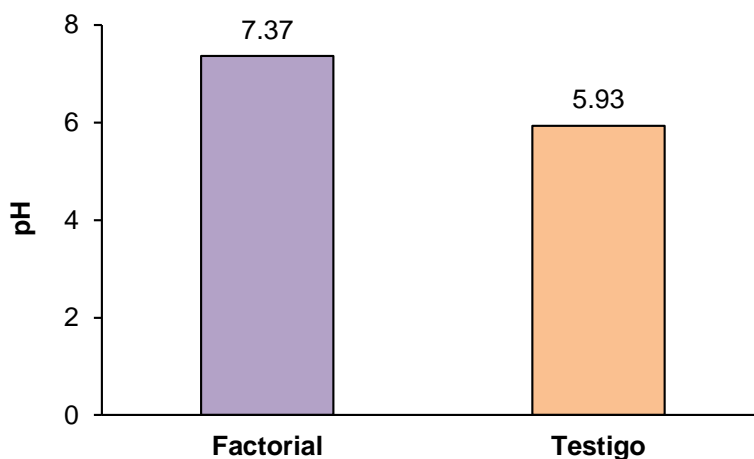


Figura 2. Comparación entre el testigo vs factorial en el pH del suelo.

4.2.2. Capacidad de intercambio catiónico

En las Figuras 3 y 4, se presenta efecto de las enmiendas en la capacidad de intercambio catiónico, resaltando a T2 (0 Tn. Do. + 150 kg/ha de P_2O_5 + 9% M. O t/ha.), con un incremento de 19.43 Cmol (+) /kg. Este resultado estaría obedeciendo a la aplicación de la materia orgánica al suelo, que al humificarse generan cargas negativas que aumentan la capacidad de intercambio catiónico (CERDA, 2015; MARTINEZ *et al.*, 2008), sabiendo que la materia orgánica tiene una capacidad de 200-400 Cmol(+)/kg (RIVERO, 1999).

Además, la variación de la capacidad de intercambio catiónico obedecería a la variación del pH, por efecto de la dolomita que incrementó el pH en los tratamientos aplicados. Este incremento de pH que se presenta en suelos ácidos donde su mineralogía de arcilla es del tipo 1:1, con presencia de Óxidos e Hidróxidos de Aluminio, hace variar las cargas positivas a negativas, que explica el incremento de la capacidad de intercambio catiónico (ROSAS *et al*; 2017).

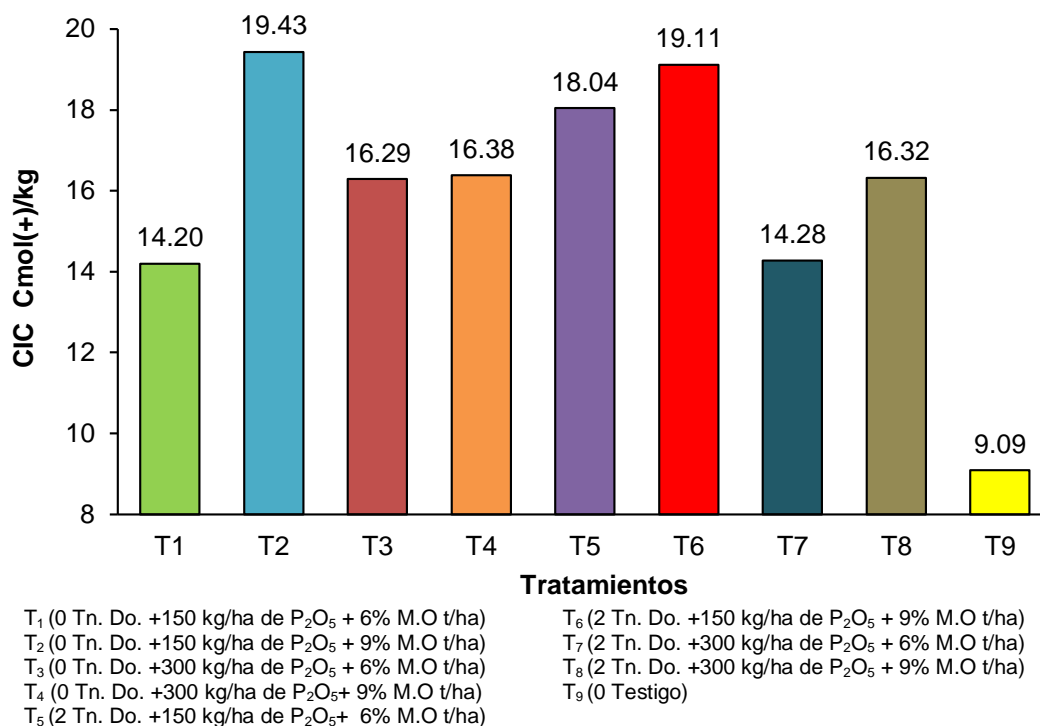


Figura 3. Efecto de las enmiendas en la CIC del suelo.

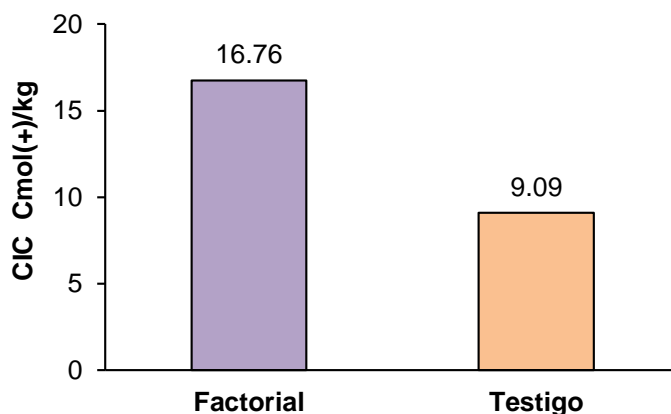


Figura 4. Comparación entre el testigo vs factorial en la CIC del suelo.

4.2.3. Contenido de fósforo disponible por el efecto de enmiendas

La figura 5, nos indica el efecto de las enmiendas orgánicas en el caso del fósforo, se resaltan los tratamientos T₆ (2 Tn. Do. +150 kg/ha de P₂O₅ + 9% M.O t/ha.) y T₈ (2 Tn. Do. + 300 kg/ha de P₂O₅ + 9% M.O t/ha), las cuales tuvieron los valores más altos con 36.49 y 34.47 ppm de fósforo disponible

respectivamente. Los resultados se deben probablemente a la cantidad de fósforo contenido en las enmiendas aplicadas al suelo y a la incorporación de la materia orgánica. Este último estaría reduciendo la acción fijadora del Hierro y Aluminio, favoreciendo una mayor disponibilidad del fósforo (SUN *et al.*, 2018).

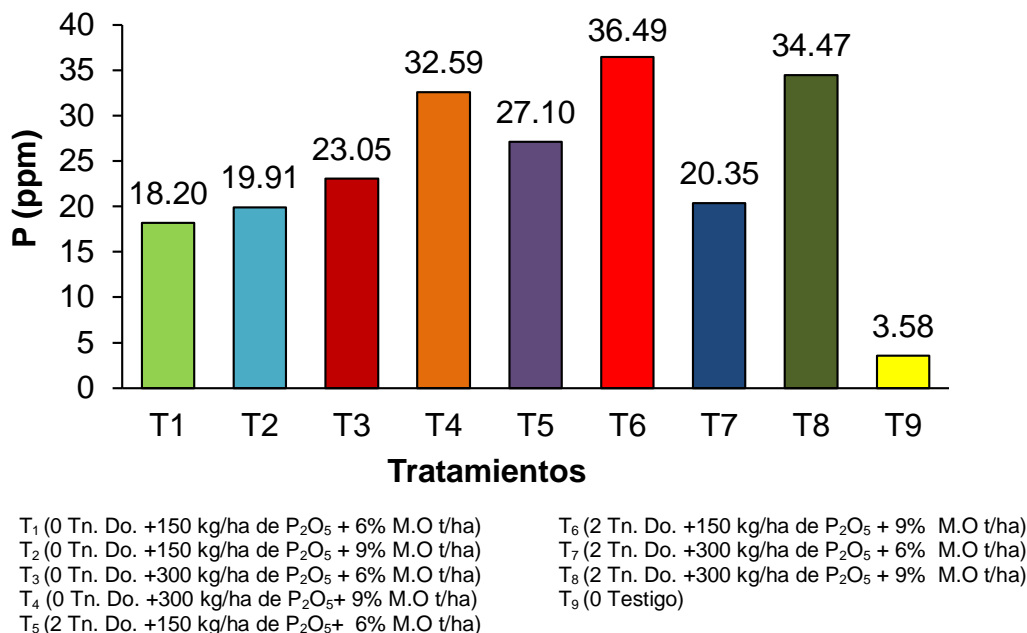


Figura 5. Efecto de las enmiendas en el fósforo del suelo.

a. Efecto de la dolomita en el contenido de Fósforo

En el cuadro 12, se muestra la prueba de significación de Duncan ($\alpha=0.05$) de los niveles de dolomita (A) en el contenido del fósforo disponible, se observa diferencias estadísticas significativas en los niveles de dolomita. Al nivel de dos toneladas dolomita/ha el contenido de fósforo disponible fue de 29.60, siendo superior al nivel cero de dolomita (23.44 ppm de fósforo disponible). Esto obedece al efecto de la dolomita, cuyo mecanismo es elevar el pH del suelo e incrementar las cargas negativas (CERDA, 2015; RASTIJA *et al.*, 2014).

Cuadro 12. Prueba de significancia de Duncan ($\alpha=0.05$) del factor niveles de dolomita (A), en el contenido de fósforo disponible del suelo.

Niveles de dolomita (A)	Fósforo disponible (ppm)	Significancia
2 Tn Dolomita/ha (a_2)	29.60	a
0 Tn Dolomita/ha (a_1)	23.44	b

b. Efecto de la Materia orgánica en el contenido de Fósforo

En el cuadro 13, se muestra la prueba de significación de Duncan ($\alpha=0.05$), para el factor niveles de la materia orgánica en el contenido del fósforo, en él se encontró diferencias estadísticas significativas entre los niveles de materia orgánica. Donde el nivel de 9 % de materia orgánica fue superior al 6% con 27.62 y 25.42 ppm de fósforo disponible respectivamente.

Cuadro 13. Prueba de significancia de Duncan ($\alpha=0.05$), del factor niveles de la materia orgánica (C) en el contenido de fosforo.

Niveles de la materia orgánica (C)	Fósforo (ppm)	Significancia
9 % de materia orgánica (c_2)	27.62	a
6 % de materia orgánica (c_1)	25.42	b

El efecto de la materia orgánica estaría explicando el resultado anterior, como es de conocimiento la materia orgánica al humificarse desarrolla cargas negativas que contrarrestan la fijación del fósforo por los coloides minerales; además puede deberse a la gran cantidad de materia orgánica del suelo que son capaces de solubilizar al fosfato insoluble (ADNAN *et al.*, 2017).

c. Interacción de dolomita con roca fosfórica

Del cuadro 14, con respecto al análisis de variancia de efectos simples para niveles de dolomita (A) y niveles de roca fosfórica (B), se observa diferencias estadísticas significativas en el contenido de fósforo disponible en uno de los niveles de dolomita con b_1 (150 kg/ha de P_2O_5) y en los niveles de fósforo con a_1 (0 tn de Dolomita/ha).

Cuadro 14. Análisis de variancia del efecto simple para niveles de dolomita (A) y niveles de roca fosfórica (B) en el contenido de fosforo disponible del suelo.

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados medios	
Niveles de la dolomita (A)			
A en b_1	1	486.952	AS
A en b_2	1	0.496	NS
Niveles de la roca fosfórica (B)			
B en a_1	1	230.519	S
B en a_2	1	57.581	NS
Error experimental	16		
Total	26		

NS: No Significación estadística al 5 % de probabilidad, AS: Alta Significación estadística al 1 % de probabilidad, S: Significación estadística al 5 % de probabilidad.

A en b₁

En el cuadro 15, la aplicación de dos toneladas de dolomita en mezcla con 150 kg/ ha de P₂O₅ en relación al fósforo disponible del suelo fue superior al tratamiento donde no se aplicó dolomita. Este efecto es atribuible al cambio del pH del suelo (ROSAS *et al.*, 2017) mostrado en el cuadro 11, que al incrementarse las cargas positivas de los minerales cambian a negativas. Por consiguiente, estaría evitando la fijación del fósforo, de manera similar a la acción del humus del suelo.

Cuadro 15. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) de efecto simple del factor dolomita (A), en el nivel b₁ de la roca fosfórica en el contenido de fosforo disponible.

Niveles de la dolomita (A)	150 kg P ₂ O ₅ (b ₁)	
2 Tn Dolomita/ha (a ₂)	31.79	a
0 Tn Dolomita/ha (a ₁)	19.05	b

B en a₁

En el cuadro 16, se muestra la prueba de significación de Duncan ($\alpha=0.05$), de efectos simples del factor niveles de fósforo (B) al no aplicarse dolomita, encontrándose diferencias estadísticas significativas al nivel de 300 kg de fósforo en comparación del nivel de 150 kg fósforo, con 27.82 ppm y 19.05 respectivamente. Esto puede ser debido a la roca fosfórica que contiene calcio, y estaría actuando como un encalante que ayuda a neutralizar la acidez del suelo mostrado en la Figura 1. Además, se observa que, a mayor fósforo aplicado al suelo, mayor será el fósforo disponible en el suelo en función del pH.

Cuadro 16. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) de efecto simple del factor roca fosfórica (B) en el nivel a1 de dolomita en el contenido de fósforo disponible del suelo.

Niveles de la roca fosfórica (B)	0 Tn dolomita (a ₁)	
300 kg P ₂ O ₅ (b ₂)	27.82	a
150 kg P ₂ O ₅ (b ₁)	19.05	b

d. Factorial con el testigo

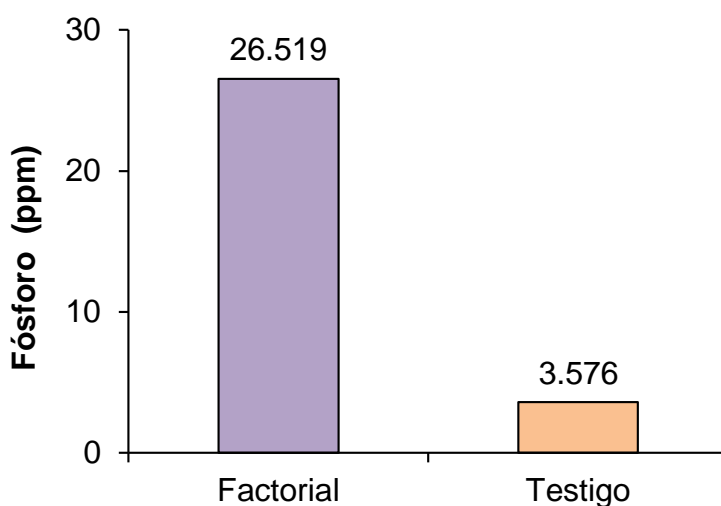


Figura 6. Comparación entre el testigo vs factorial en el fosforo del suelo.

En la figura 6, se presenta la comparación entre la factorial con el testigo en el contenido de fósforo en el suelo, se observa que existe diferencias significativas entre ellos, debiéndose a la incorporación de las enmiendas orgánicas al suelo como se mencionó anteriormente en los Cuadros 12, 13, 15 y 16.

4.2.4. Efecto de las enmiendas en el contenido de potasio disponible

Del cuadro 17, con respecto al análisis de variancia de efectos simples para niveles de dolomita (A), niveles de roca fosfórica (B) y Materia

orgánica, se observa diferencias estadísticas significativas en el contenido de potasio disponible en uno de los niveles de dolomita con b₂c₂ (300 kg/ha de P₂O₅ y 9% de materia orgánica) y en los niveles de fósforo con a₂c₂ (2 tn de dolomita/ha, y 9% de materia orgánica).

Cuadro 17. Análisis de variancia de efectos simples para el factor dolomita (A), roca fosfórica (B) y materia orgánica en el contenido de potasio disponible.

Fuente de variación	GL	CM	F- Calculado	F - Tabulado	
				0.05	Sig.
Niveles de dolomita					
A en b ₁ c ₁	1	650.4711	1.208	4.49	NS
A en b ₁ c ₂	1	315.0986	0.585	4.49	NS
A en b ₂ c ₁	1	5.9947	0.011	4.49	NS
A en b ₂ c ₂	1	3148.2801	5.846	4.49	S
Niveles de roca fosfórica					
B en a ₁ c ₁	1	26.01884	0.048	4.49	NS
B en a ₁ c ₂	1	522.20860	0.970	4.49	NS
B en a ₂ c ₁	1	1092.5417	2.029	4.49	NS
B en a ₂ c ₂	1	2601.8844	4.832	4.49	S
niveles de materia orgánica					
C en a ₁ b ₁	1	22.02235	0.041	4.49	NS
C en a ₁ b ₂	1	170.51709	0.317	4.49	NS
C en a ₂ b ₁	1	1487.0706	2.762	4.49	NS
C en a ₂ b ₂	1	2070.2257	3.844	4.49	NS
Error experimental	16	538.4921			

NS: No significativo al 5% de probabilidad, S: Significación estadística al 5% de probabilidad

A en b2c2

En el Cuadro 18, se muestra la prueba de significación de Duncan ($\alpha=0.05$), de efectos simples del factor niveles de dolomita (A) al aplicarse 300 kg/ha de P_2O_5 (b₂) y 9% de materia orgánica(c₂), encontrándose diferencias estadísticas significativas al no aplicar dolomita en comparación del nivel de 2 Tn, con 95.458 y 49.645 ppm de potasio disponible respectivamente.

Se asume que el incremento de potasio disponible en el suelo obedece a primero a la mineralización de la materia orgánica ya que en su composición contiene 0.263% de K incrementando las cargas negativas; segundo al efecto de la roca fosfórica que actúa como encalante, incrementando el pH, por consiguiente, incrementa la CIC, obteniendo mayor cantidad de potasio disponible. Por lo contrario, la disminución del contenido de potasio cuando existe aplicación de dos toneladas de dolomita y 300 kg/ha la roca fosfórica, es porque parte del potasio se pierde por lavado debido a la energía de adsorción de los coloides $Ca^{+2}>Mg^{+2}>K^{+}>Na^{+}$ (INFOAGRO, 2017).

Cuadro 18. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) de efecto simple del factor dolomita (A) en los niveles b₂c₂ de la roca fosfórica y materia orgánica en el contenido de potasio disponible del suelo.

Niveles de dolomita(A)	Niveles b ₂ c ₂	Significancia
0 Tn Dolomita/ha (a1)	95.458	a
2 Tn Dolomita/ha (a2)	49.645	b

b₂= 300 kg de P_2O_5 , c₂= 9% de materia orgánica

B en a₂c₂

En el cuadro 19, se muestra la prueba de significación de Duncan ($\alpha=0.05$), de efectos simples del factor niveles de Roca Fosfórica (B) al aplicarse 2 toneladas de dolomita y 9% de materia orgánica, encontrándose diferencias estadísticas significativas al nivel de 150 kg de fósforo en comparación del nivel de 300 kg fósforo, con 91.293 ppm y 49.645 de potasio disponible respectivamente.

Cuadro 19. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) de efecto simple del factor roca fosfórica (B) en los niveles a₂c₂ de dolomita y materia orgánica en el contenido de potasio disponible. del suelo.

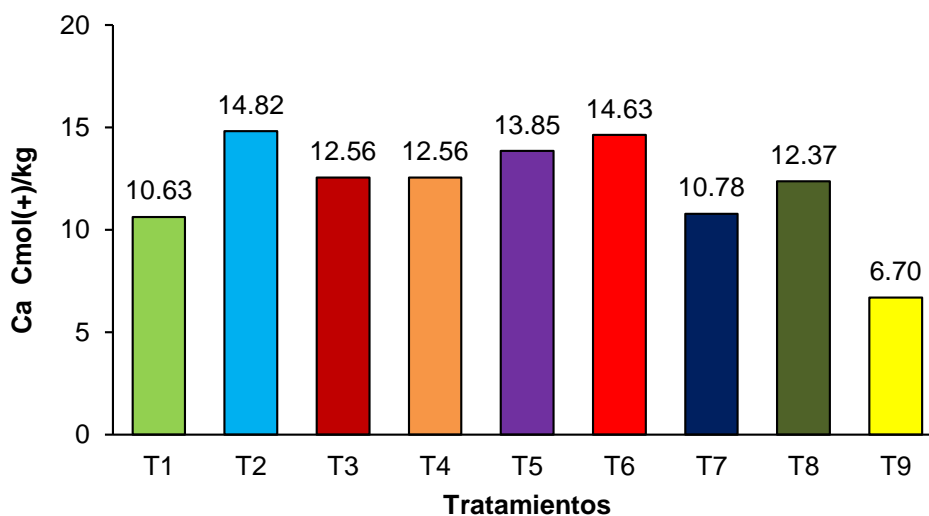
Niveles de roca fosfórica	Niveles a₂c₂	Significancia
150 kg P ₂ O ₅ (b ₁)	91.293	a
300 kg P ₂ O ₅ (b ₂)	49.645	b

a₂= 2 toneladas de dolomita; c₂= 9% de materia orgánica

Esto se debe al efecto en encalante de la roca fosfórica y dolomita al incrementar el pH del suelo, incrementando las cargas negativas existiendo mayor absorción de potasio, ocasionando lo contrario cuando los niveles son de 300 kg de fósforo, incrementando el pH, pero también incrementa el contenido de calcio por el efecto encalante de las enmiendas, éste catión de Ca²⁺ satisfacen las cargas negativas debido a que el calcio tiene mayor facilidad de absorción en comparación al potasio por sus cargas.

4.2.5. Efecto de las enmiendas en el contenido de calcio intercambiable

La figura 7, nos indica el efecto de las fuentes orgánicas en el contenido de calcio del suelo, donde el tratamiento T₂ (0 Tn. Do. +150 kg/ha de P₂O₅ + 9% M.O t/ha) y tratamiento T₆ (2 Tn. Do. +150 kg/ha de P₂O₅ + 9% M.O t/ha.) con 14.82 Cmol (+) /kg representan el mayor contenido de calcio en el suelo, siendo estadísticamente significativo y superior numéricamente al resto de los tratamientos.



T ₁ (0 Tn. Do. +150 kg/ha de P ₂ O ₅ + 6% M.O t/ha)	T ₆ (2 Tn. Do. +150 kg/ha de P ₂ O ₅ + 9% M.O t/ha)
T ₂ (0 Tn. Do. +150 kg/ha de P ₂ O ₅ + 9% M.O t/ha)	T ₇ (2 Tn. Do. +300 kg/ha de P ₂ O ₅ + 6% M.O t/ha)
T ₃ (0 Tn. Do. +300 kg/ha de P ₂ O ₅ + 6% M.O t/ha)	T ₈ (2 Tn. Do. +300 kg/ha de P ₂ O ₅ + 9% M.O t/ha)
T ₄ (0 Tn. Do. +300 kg/ha de P ₂ O ₅ + 9% M.O t/ha)	T ₉ (0 Testigo)
T ₅ (2 Tn. Do. +150 kg/ha de P ₂ O ₅ + 6% M.O t/ha)	

Figura 7. Efecto de las enmiendas en el contenido de calcio intercambiable.

Factorial con el testigo

En la Figura 8, se presenta la comparación entre la factorial con el testigo en el contenido de calcio en el suelo, se observa que existe diferencias

significativas entre ellos, obedeciendo a la composición química de las enmiendas aplicadas y explicadas anteriormente.

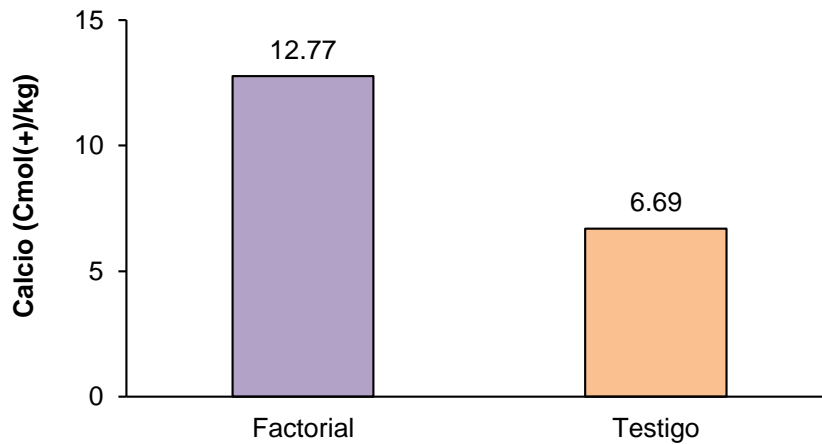
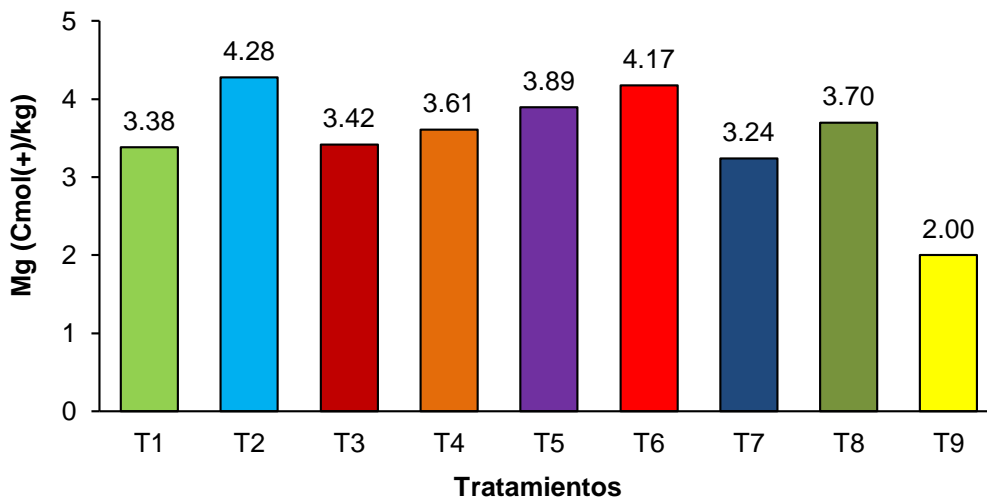


Figura 8. Comparación del testigo vs factorial del calcio en el suelo.

4.2.6. Efecto de las enmiendas en el contenido de magnesio



T₁ (0 Tn. Do. +150 kg/ha de P₂O₅ + 6% M.O t/ha) T₆ (2 Tn. Do. +150 kg/ha de P₂O₅ + 9% M.O t/ha)
T₂ (0 Tn. Do. +150 kg/ha de P₂O₅ + 9% M.O t/ha) T₇ (2 Tn. Do. +300 kg/ha de P₂O₅ + 6% M.O t/ha)
T₃ (0 Tn. Do. +300 kg/ha de P₂O₅ + 6% M.O t/ha) T₈ (2 Tn. Do. +300 kg/ha de P₂O₅ + 9% M.O t/ha)
T₄ (0 Tn. Do. +300 kg/ha de P₂O₅ + 9% M.O t/ha) T₉ (0 Testigo)
T₅ (2 Tn. Do. +150 kg/ha de P₂O₅ + 6% M.O t/ha)

Figura 9. Efecto de las enmiendas en el contenido de magnesio.

En las Figuras 9, se observa el efecto de las fuentes orgánicas en el contenido de magnesio del suelo, donde el tratamiento T₂ (0 Tn. Do. +150 kg/ha de P₂O₅ + 9% M.O t/ha.) con 4.28 Cmol(+)/kg representa el mayor contenido de magnesio en el suelo, siendo estadísticamente significativa y superior numéricamente al resto de los tratamientos. Este efecto se debe a la mineralización de la materia orgánica que contiene 0.788% de Mg y al incremento de la capacidad de cambio catiónico ocasionando mayor absorción de Mg. El efecto de la roca fosfórica también contribuye como efecto encalante al aumentar el pH del suelo (Figura 1 y 2), esto ocasiona un incremento en la CIC, mejorando la absorción de magnesio y evitando su pérdida por lavado.

a. Efecto de la roca fosfórica en el contenido de magnesio

En el cuadro 20, se muestra la prueba de significación de Duncan ($\alpha=0.05$), para el factor niveles de la roca fosfórica en el contenido del Magnesio, en él se encontró diferencias estadísticas significativas entre los niveles de Roca fosfórica. Donde el nivel 150 kg P₂O₅ fue superior al 300 kg P₂O₅ con 3.9306, 3.4917 Cmol(+)/kg de Magnesio disponible respectivamente, este resultado obedece debido a que la aplicación de roca fosfórica en 150 kg P₂O₅, incrementa las cargas negativas modificando la capacidad de intercambio catiónico como se observa en la Figura 9, en donde el magnesio se absorbe evitando su pérdida por lavado.

Cuadro 20. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) del factor roca fosfórica (B) en el contenido de magnesio disponible.

Niveles de roca fosfórica (B)	Mg disponible (Cmol(+)/kg)	Significancia
150 kg P ₂ O ₅ (b ₁)	3.93	a
300 kg P ₂ O ₅ (b ₂)	3.49	b

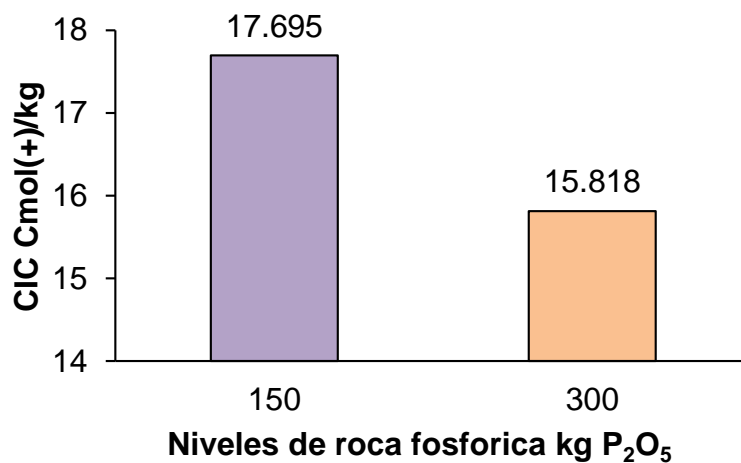


Figura 10. Efecto de los niveles de roca fosfórica en la CIC del suelo.

b. Efecto de la materia orgánica en el contenido de magnesio

Cuadro 21. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) del factor materia orgánica(C) en el contenido de magnesio disponible

Niveles de materia orgánica(C)	Mg disponible (Cmol(+)/kg)	Significancia
9 % de materia orgánica (c ₂)	3.9396	a
6 % de materia orgánica (c ₁)	3.4826	b

En el Cuadro 21, se muestra la prueba de significación de Duncan ($\alpha=0.05$) para el factor niveles de la materia orgánica en el contenido de magnesio, en él se encontró diferencias estadísticas significativas entre los niveles de materia orgánica. Donde el nivel de 9 % de materia orgánica fue superior al 6% con 3.9396 y 3.4826 Cmol (+)/kg de magnesio disponible respectivamente. Este efecto se debe principalmente al efecto de la concentración de magnesio por el contenido de materia orgánica, también estaría relacionada a la actividad de microorganismos con la dosis de materia orgánica que favorecen la disolución (CERDA, 2015).

c. Factorial con el testigo

En la figura 11, se presenta la comparación entre la factorial con el testigo en el contenido de magnesio disponible en el suelo, se observa que existe diferencias significativas entre ellos, debiéndose a la incorporación de las enmiendas orgánicas al suelo como se mencionó anteriormente en los Cuadros 20 y 21.

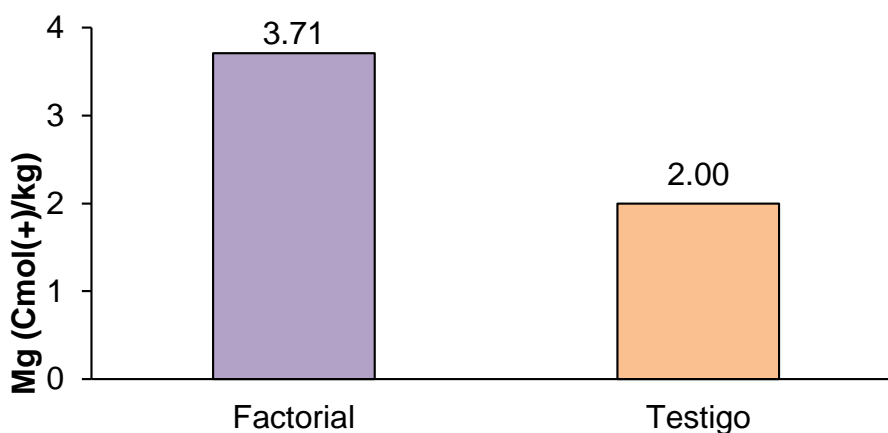


Figura 11. Comparación del testigo vs factorial del magnesio en el suelo.

4.3. Diversidad de artrópodos alrededor del cultivo

De acuerdo con la prueba F del análisis de variancia para el índice de diversidad de Shannon-Wiener (Cuadro 25, Anexo), no se encontró diferencias estadísticas significativas en todas las fuentes de variación con coeficiente de variabilidad de 28%, esto nos indica que los comportamientos entre los tratamientos fueron similares.

En el Cuadro 22, se observa promedio del índice de diversidad de Shannon-Wiener en los tratamientos evaluados en donde el tratamiento T₉ (Testigo), se encontró el promedio más alto con 1.12 debido a que predominaron varios órdenes Hymenóptera, Dyptera, Battodea, Araneae, Coleóptera, así como muestra el (Cuadro 28, Anexo), en comparación con los demás tratamientos. Así como menciona QUINTO (2016) quien evaluó un suelo ex cocal, bosque primario, sistema agroforestal encontrando 0.25,1.36,0.95 nats/ individuos respectivamente.

Cuadro 22. Promedio del índice de diversidad de Shannon-Wiener en los tratamientos evaluados.

Tratamientos	Descripción	Macrofauna	Sig.
T ₉	0 Testigo	1.12	a
T ₇	2 Tn. Do. +300 kg/ha de P ₂ O ₅ + 6% M.O t/ha	1.06	a
T ₄	0 Tn. Do. +300 kg/ha de P ₂ O ₅ + 9% M.O t/ha	0.99	a
T ₆	2 Tn. Do. +150 kg/ha de P ₂ O ₅ + 9% x M.O t/ha	0.92	a
T ₈	2 Tn. Do. +300 kg/ha de P ₂ O ₅ + 9% M.O t/ha	0.91	a
T ₅	2 Tn. Do. +150 kg/ha de P ₂ O ₅ + 6% M.O t/ha	0.86	a
T ₁	0 Tn. Do. +150 kg/ha de P ₂ O ₅ + 6% M.O t/ha	0.76	a
T ₂	0 Tn. Do. +150 kg/ha de P ₂ O ₅ + 9% M.O t/ha	0.70	a
T ₃	0 Tn. Do. +300 kg/ha de P ₂ O ₅ + 6% M.O t/ha	0.67	a

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

4.4. Incremento de altura en el cultivo de cacao

De acuerdo a la prueba F del análisis de variancia (Cuadro 26, Anexo), no se encontró diferencias estadísticas significativas en todas las fuentes de variación con un coeficiente con 22.11% de variabilidad a excepción de la factorial vs testigo.

Además de acuerdo a la prueba de Duncan Cuadro 23 y Figura 12, se observa que existe significancia estadística entre los tratamientos para el incremento de altura del cultivo de cacao por efecto de la dolomita, roca fosfórica y materia orgánica, el mayor crecimiento fue el tratamiento T₂ (0 Tn. Do. +150 kg/ha de P₂O₅ + 9% M.O t/ha) con 88.11 cm de incremento de altura, seguido por el tratamiento T₈ (2 Tn. Do. +300 kg/ha de P₂O₅ + 9% M.O t/ha) con 78.78 cm y de menor incremento de altura fue el T₉ (0 Testigo) con 35.44 cm altura.

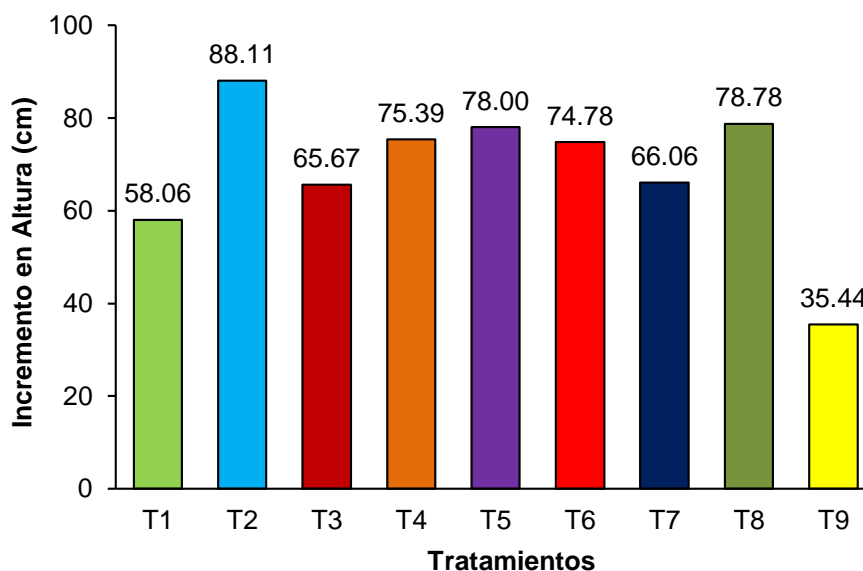
El efecto de los tratamientos mencionados, en la altura del cultivo, es como consecuencia de los cambios del: pH, materia orgánica, fósforo, calcio y magnesio debido a la aplicación de las enmiendas mostradas como resultados en este trabajo y que ratifican a los trabajos de ROSAS *et al.*, 2017; HOSSAIN *et al.* 2017; y el de EGHBALI, 2004; estos cambios favorecieron a incrementar la altura en el cultivo de cacao. (ROSAS *et al.*, 2019; BARUM *et al.*, 2017).

Según MILLALEO *et al.*, (2019) los efectos de la aplicación de abonos orgánicos son beneficiosa por la alta viabilidad de los propágulos micorrícicos, estimulando e incrementando la funcionalidad agrícola de las micorrizas en el cultivo (Yang *et al.*, 2018), junto con el aumento de la fitomasa y disponibilidad de nutrientes del suelo; especialmente con las dosis más altas de enmienda orgánica.

Cuadro 23. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el efecto de las enmiendas en el incremento de altura de planta.

Tratamientos	Incremento altura (cm)	Significancia
T ₂ 0 Tn. Do. +150 kg/ha de P ₂ O ₅ + 9% MO t/ha	88.11	a
T ₈ 2 Tn. Do. +300 kg/ha de P ₂ O ₅ + 9% MO t/ha	78.78	a b
T ₅ 2 Tn. Do. +150 kg/ha de P ₂ O ₅ + 6% MO t/ha	78.00	a b c
T ₄ 0 Tn. Do. +300 kg/ha de P ₂ O ₅ + 9% MO t/ha	75.39	a b c d
T ₆ 2 Tn. Do. +150 kg/ha de P ₂ O ₅ + 9% MO t/ha	74.78	a b c d e
T ₇ 2 Tn. Do. +300 kg/ha de P ₂ O ₅ + 6% MO t/ha	66.06	a b c d e
T ₃ 0 Tn. Do. +300 kg/ha de P ₂ O ₅ + 6% MO t/ha	65.67	a b c d e
T ₁ 0 Tn. Do. +150 kg/ha de P ₂ O ₅ + 6% MO t/ha	58.06	b c d e
T ₉ 0 Testigo	35.44	e

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



T₁ (0 Tn. Do. +150 kg/ha de P₂O₅ + 6% M.O t/ha)
 T₂ (0 Tn. Do. +150 kg/ha de P₂O₅ + 9% M.O t/ha)
 T₃ (0 Tn. Do. +300 kg/ha de P₂O₅ + 6% M.O t/ha)
 T₄ (0 Tn. Do. +300 kg/ha de P₂O₅ + 9% M.O t/ha)
 T₅ (2 Tn. Do. +150 kg/ha de P₂O₅ + 6% M.O t/ha)

T₆ (2 Tn. Do. +150 kg/ha de P₂O₅ + 9% M.O t/ha)
 T₇ (2 Tn. Do. +300 kg/ha de P₂O₅ + 6% M.O t/ha)
 T₈ (2 Tn. Do. +300 kg/ha de P₂O₅ + 9% M.O t/ha)
 T₉ (0 Testigo)

Figura 12. Efecto de las enmiendas en el incremento de altura de planta.

Factorial

En la Figura 13, se presenta la comparación entre la factorial con el testigo en el crecimiento del plantón de cacao, se observa que existe diferencias significativas entre ellos, debiéndose a la incorporación de las enmiendas que mejoraron las propiedades del suelo, explicadas en anteriormente.

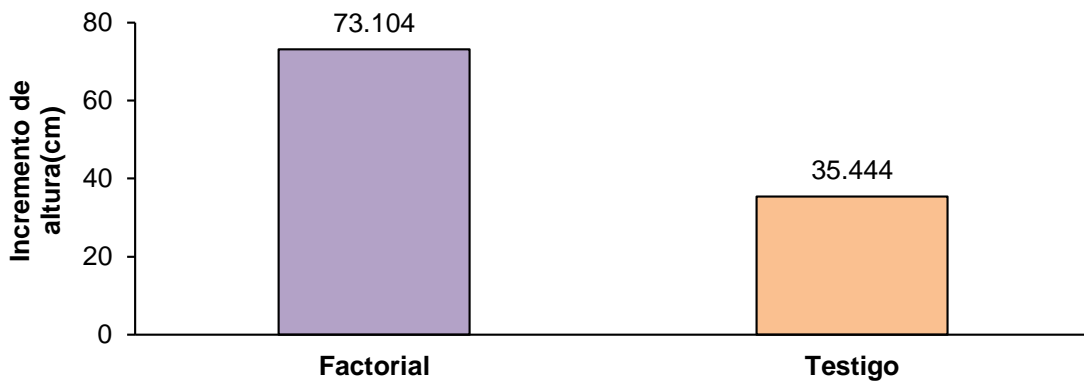


Figura 13. Comparación del testigo vs factorial del incremento de altura de planta.

4.5. Relación de las propiedades del suelo

El Cuadro 24 nos explica que el incremento de la altura en el cultivo de cacao esta correlacionada positivamente y significativamente con la cantidad de limo y fósforo del suelo; en donde existe una correlación altamente significativa con un $\alpha = 0.05$ en pH, CIC, contenido de calcio y magnesio para un mayor incremento de altura de planta. Realizado la regresión lineal múltiple con las variables estudiadas y con los que tuvieron correlaciones significativas se determinó el modelo matemático expresado en la siguiente ecuación, cuyo análisis de variancia del modelo se presenta en el Cuadro 30 (Anexo):

Cuadro 24. Correlación del limo, pH, capacidad de intercambio catiónico, calcio y magnesio en el incremento de altura de planta.

	Limo	pH	CIC	P	Ca	Mg
Incremento de altura	0.672*	0.825**	0.937**	0.753*	0.934**	0.944**

$$\text{IAP: } -7.106 + 21.529 \text{ Mg}$$

Donde:

IAP: Incremento de altura de planta (cm)

Mg: Cantidad de magnesio Cmol (+) /kg

En los resultados anteriores se ha mostrado el efecto de las enmiendas en los cambios de las propiedades del suelo, siendo estos cambios favorables para el desarrollo del cultivo, es así que este modelo nos estaría indicando que si deseamos que se incremente la altura de planta en el cultivo de cacao para este tipo de suelo es necesario corregir el magnesio.

V. CONCLUSIONES

1. La incorporación de dolomita, roca fosfórica y materia orgánica no tuvo efecto significativo en las propiedades físicas del suelo, pero sí existieron diferencias numéricas; en cambio fue diferente en las propiedades químicas en donde sí tuvo diferencias significativas, el cual incrementó el pH, Capacidad de Intercambio Catiónico, potasio, fósforo calcio y magnesio en el suelo ; sin embargo en la diversidad de artrópodos no existió diferencias significativas estadísticamente en relación al testigo.
2. La dolomita, roca fosfórica y materia orgánica influyen en el incremento de la altura en el cultivo de cacao, donde los mejores tratamientos fueron: T₂ (0 Toneladas de dolomita + 150 kg/ha de P₂O₅ + 9% de Materia orgánica) y T₈ (2 toneladas de Dolomita + 300 kg/ha de P₂O₅ + 9 % M.O), con 88.11 cm y 78.78 cm respectivamente.
3. La relación de las propiedades físicas, químicas del suelo y la diversidad de artrópodos con el incremento de altura de plantas de cacao se explica a en la siguiente ecuación, en donde el Incremento de altura de planta = $-7.106 + 21.529 \text{ Cmol (+) /kg de magnesio}$.

VI. RECOMENDACIONES

1. Incrementar trabajos de investigación con fines de recuperación de suelos afectados o degradados por el mal manejo del cultivo de la coca en la región.
2. Corroborar los datos en otros tipos de suelos degradados.
3. Continuar el trabajo de investigación para ver el efecto residual del suelo en mayor lapso.

VII. RESUMEN

El presente trabajo de tesis tuvo como objetivo de determinar el efecto de la dolomita, roca fosfórica y materia orgánica en las características físicas, químicas del suelo y la diversidad de artrópodos alrededor del cultivo. Se instaló en un suelo franco arcilloso, con pH extremadamente ácido; MO, N, P y K disponible en niveles bajos. Se estableció componentes en estudio de 0 y 2 tn/ha de dolomita, 150 y 300 de P_2O_5 roca fosfórica y 6 y 9% de materia orgánica. El diseño experimental empleado fue el DBCA con arreglo factorial 2A x 2B x 2C con 3 repeticiones, utilizándose la prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$).

En los resultados se determinó que el efecto de la incorporación de dolomita, roca fosfórica y materia orgánica no tuvo efecto significativo en las propiedades físicas del suelo, pero sí existieron diferencias numéricas; en cambio fue diferente en las propiedades químicas en donde sí tuvo diferencias significativas, el cual incrementó el pH, CIC, potasio, fósforo calcio y magnesio en el suelo; sin embargo en la diversidad de artrópodos no existió diferencias significativas estadísticamente en relación al testigo. El efecto de la dolomita, roca fosfórica y materia orgánica en el crecimiento del cultivo de cacao, el que tuvo mayor altura fue el tratamiento T₂ (0 Tn. Do. +150 kg/ha de P_2O_5 + 9% M.O t/ha) con 88.11 cm de altura, seguido por el tratamiento T₈ (2 Tn. Do. +300 kg/ha de P_2O_5 + 9% M.O t/ha) con 78.78 cm, y por último la relación entre las propiedades físicas, químicas y biológicas con el incremento de altura de las plantas de cacao dio como respuesta la ecuación $-7.106 + 21.529 Mg$.

Palabra clave: Suelo degradado, dolomita, roca fosfórica, materia orgánica

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. ACOSTA, R. 1983. Evaluación del efecto de Enmiendas Controladoras de la acidez y fuentes de fósforo en suelos ácidos, Tingo María. Tesis Ing. Agrónomo. UNAS Tingo María - Perú. 79 p.
2. ACEVEDO, I; CONTRERAS, J.; GONZALEZ R. y GARCIA, O. 2004. Efecto de la aplicación de materia orgánica sobre las propiedades físicas y químicas de un suelo de huerto. Rev. Fac. Agron.Venezuela. 31: 325-340. [En línea]:(<https://pdfs.semanticscholar.org/ce87/25aead755f2c7f7277267fd87d5f4262c5d5.pdf>). Consultado el 27 de junio del 2020.
3. ADAMS, C.R. EARLY, M.P. 2004. Principles of horticulture .4th ed. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands. 65 p.
4. ADNAN M., SHAH Z., FAHAD S., ARIF M., ALAM M., KHAN I.A., NASIM W. 2017. Phosphate-Solubilizing Bacteria Nullify the Antagonistic Effect of Soil Calcification on Bioavailability of Phosphorus in Alkaline Soils. Scientific Reports, 7(1).165- 171.
5. BAHRUN, A., MUHAMMAD, Y., SAFUAN, L.O., MUHAMMAD L. y RISHIKESH S. 2017. Effects of cocoa pod husk biochar on growth of cocoa seedlings in Southeast Sulawesi-Indonesia. Asian J. Crop Sci., 10: 22-30.
6. CASTRO D.; MONTOYA JOSPINA L.E. y ZULUAGA, A.M.2010. Efecto de la adición de materia orgánica en el suelo para la producción hortícola. Unidad de Biotecnología, Universidad Católica de Oriente. Carrera 46 N° 40B-50, Rionegro (Antioquia), Colombia.

7. CASTELLANO, J. Z. 2014. Acidez del Suelo y su corrección. Hojas Técnicas de Fertilab. México. 4p. [En línea]: (<https://www.intagri.com/articulos/suelos/manejo-y-correccion-de-acidez-de-suelo>, consultado el 27 de junio del 2020)
8. CERDA, G., M. 2015. Enmiendas, calidad del suelo y rendimiento de la asociación *Trifolium pratense* - *Lolium perenne*, bajo invernadero. Universidad Nacional Agraria La Molina. Escuela de Posgrado. Doctorado en Agricultura Sustentable. [En línea]: (<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1632?show=full>). Consultado el 27 de junio del 2020.
9. CHIEN, S. PROCHNOW, L. y MIKKELSEN R. 2010. Agronomic Use of Phosphate Rock for Direct Application. Better Crops. 94.(4). 21-23 p.
10. DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO MINERO. 2013. Perfil de Mercado de la dolomita. México. 51p. [En línea]: (https://economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/minero/pm_dolomita_1013.pdf). Revisado el 12 de setiembre 2017.
11. DOMINGUEZ P., D.; OTERO M., A.; RUIZ S., M.; MARQUEZ R., E.; MOREJON M., Y. 2016. Causas y efectos de la degradación del suelo en un agrosistema dedicado al cultivo del tabaco. CITMA 8(4). [En línea]: (<http://www.ciget.pinar.cu/Revista/No.2006/articulos/suelo%20dunieski.pdf>). Consultado el 27 de junio del 2020.

12. EGHBALL, B. GINTING, D. y GUILLEY, J.2014. Efectos residuales de las aplicaciones de estiércol y compost sobre la producción de maíz y las propiedades del suelo. *Scientia agriculturae bohemica*, 48, 2017 (4): 224–237.
13. ENCINA R., A; IBARRA, J. 2003. La degradación del suelo y su efecto sobre la población. Universidad Nacional de Asunción. [En línea]: (https://revistascientificas.una.py/index.php/RE/article/view/839/pdf_139). Consultado el 12 de setiembre 2017.
14. FAO. 2015. Boletín del Año Internacional de los Suelos América Latina y el Caribe. [En línea]: (<http://www.fao.org/3/a-i4885s.pdf>), consultado el 16 de agosto 2017.
15. FERTILAB.2015. Las Propiedades Físicas del Suelo y la Materia Orgánica. Nota Técnica [En línea]: (<https://www.fertilab.com.mx/blog/73-las-propiedades-fisicas-del-suelo-y-la-materia-organica/>). Revisado el 3 de febrero 2019.
16. FAYIGA O., A.2016. Phosphate rock: origin, importance, environmental impacts, and future roles. *Environmental Reviews*.24(4):403-415. [En línea]:(https://www.researchgate.net/publication/316663968_Phosphate_Rock_Origin_Importance_Environmental_Impacts_and_Future_roles). Consultado el 27 de junio del 2020.
17. FOSYEIKI SAC.2017. FICHA TÉCNICA “ROCA FOSFÓRICA FOSYEIKI”, [En línea]: <http://www.fosyeiki.pe/FICHA%20TECNICA.pdf>. Revisado el 5 de febrero 2019.

18. GARCÍA, L. A.; QUINKE, A. 2012. El Potasio (K) en la Producción de Cultivos de Invierno. Serie Actividad de Difusión No. 677. INIA. Argentina. 9-14 pp.
19. GERDING, V.; SCHLATTER, J.E. 1996. Muestreo de suelos para evaluar su fertilidad, con énfasis en el régimen de elementos nutritivos. Valdivia, UACH, Instituto de Silvicultura. 6 p.
20. GINÉS, I. y MARISCAL, I. 2019. Incidencia de los fertilizantes sobre el pH del suelo. [En línea]: https://www.researchgate.net/publication/44113802_Incidencia_de_los_fertilizantes_sobre_el_pH_del_suelo. Revisado el 14 de febrero de 2019.
21. HENRÍQUEZ, C., OSCAR, O., LARGAESPADA, K., PORTUGUÉZ, P.; VARGAS, M., VILLALOBOS, P. y GÓMEZ, D. 2011. Determinación de la resistencia a la penetración, al corte tangencial, densidad aparente y temperatura en un suelo cafetalero, Juan viñas, Costa Rica. *Agronomía costarricense* 35(1): 175-184.
22. HOSSAIN, M.Z., FRAGSTEIN, P y NIEMSDORFF, J. 2017. Effect of Different Organic Wastes on Soil Properties and Plant Growth and Yield: A Review. *Scientia Agriculturae Bohemica*. 48. 224–237.
23. INFOAGRO. 2017. El calcio en el suelo. Artículo técnico. México. [En línea]: <https://infoagro.com/mexico/el-calcio-en-el-suelo/>). Revisado el 5 de febrero del 2019.
24. INGARAMO, O. y PAZ, A. y DUGO, M. 2003. Evaluación de la densidad aparente en diferentes sistemas de laboreos de suelo, en el NO de la Península Ibérica. [En línea]: (<https://www.researchgate>

[.net/publication/315830835_Evaluacion_de_la_densidad_aparente_en_diferentes_sistemas_de_laboreos_de_suelo_en_el_NO_de_la_Pe_ninsula_Iberica.](#)) Revisado 4 de febrero del 2019.

25. INTAGRI. 2015. El Magnesio en el Suelo y su Efecto en las Raíces. Serie Suelos. Núm. 11. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 3 p.
26. INTAGRI S.C.2015.La capacidad de intercambio catiónico. Núm. 09 Artículo técnico-Suelos. México 3 p. [En línea]: <https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-capacidad-de-intercambio-cationico-del-suelo>. Revisado el 4 de febrero 2019.
27. INTAGRI. 2017. Fijación de Potasio en el Suelo. Serie Suelos Núm. 31. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 3 p.
28. INTAGRI, 2017. Propiedades Físicas del Suelo y el Crecimiento de las Plantas. [En línea]:(<https://www.intagri.com/articulos/suelos/propiedades-físicas-del-suelo-y-el-crecimiento-de-las-plantas>). Revisado el 22 nov. 2019.
29. JARAMILLO, J. 2002. Introducción a la ciencia del suelo. universidad nacional de Colombia, Facultad de ciencias. 619 p. [En línea]:(<http://www.bdigital.unal.edu.co/2242/1/70060838.2002.pdf>).Revisado el 27 de junio del 2020.
30. JORDÁN, A. 2005. Manual de, edafología. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola de la Universidad de Sevilla. 143 p. [En línea]: (<http://files.infoagroconstanza.webnode.es/200000017-c2dccc3d62/edafologia%20del%20suelo.pdf>). Consultado el 27 de junio del 2020.

31. JULCA O., A.; MENESES F., R., BLAS S., S.; BELLO, A. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Ideias* 24(1):49-61. [En línea]:(<http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/1732>) Consultado el 27 de junio del 2020.
32. KEN M., M.2006. El Encalado en la regulación de pH. Artículo técnico. [En línea]: (<https://www.engormix.com/agricultura/articulos/encalado-de-suelos-t26571.htm>). Consultado el 3 de febrero del 2019)
33. LÓPEZ J., DÍAZ A., MARTÍNEZ E., VALDEZ R. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra Latinoamericana*.19(4). 293-299. [En línea]: (<https://www.redalyc.org/pdf/573/57319401.pdf>). Consultado el 27 de junio del 2020.
34. MAGDOFF, F. Y VAN, H .2009. Building Soils for better crops sustainable soil management. funding from the National Institute of Food and Agriculture, U.S. Department of Agriculture.310 pág. [En línea]:([file:///C:/Users/Chavely/Downloads/Building_Soils_For_Better_Crops%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Chavely/Downloads/Building_Soils_For_Better_Crops%20(1).pdf)). Consultado el 27 de junio del 2020.
35. MARTÍNEZ H, E., FUENTES E, J., y ACEVEDO H, E.2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 8(1). 68-96.
36. MARTÍNEZ, E. 2008. Estudio de propiedades hídricas del suelo mediante medidores de actividad de agua en la zona regable de Terra Chá. [En línea]: (<https://books.google.com.pe/books?id> =

QZB34dIGNd4C&dq=densidad+de+suelo+pdf&source=gbs_navlink
ss. Revisado el 5 de febrero 2019.

37. MARTÍNEZ, J. M. y GALANTINI, J. 2018. Nitrógeno del suelo: desde la materia orgánica al cultivo. En: Siembra directa en el SO Bonaerense. Ed. J.A. Galantin. Artículo técnico. 7-12 pág. [En línea]: https://www.researchgate.net/publication/328723201_Nitrogeno_del_suelo_desde_la_materiaorganica_al_cultivo. Revisado el 6 enero 2019.
38. MILLALEO M., R.; MONTECINOS U., C.; RUBIO H., R. CONTRERAS N., A. BORIE B., F. 2006. Efecto de la adición de compost sobre propágulos micorrícicos arbusculares en un suelo volcánico del centro sur de Chile. R.C.Suelo Nutr. Veg. 6 (3). 39-52 pág. [En línea]: (<https://scielo.conicyt.cl/pdf/rcsuelo/v6n3/art03.pdf>), revisado el 27 de mayo del 2020)
39. MINAGRI. 2014. Reducción de la degradación de los suelos agrarios. [En línea]: (<https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/ais-015/prog-presup0089-2014.pdf>), consultado el 27 de junio del 2020)
40. MOREIRA, F., E. HUISING y D.E. BIGNELL. 2012. Manual de biología de suelos tropicales. Muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo suelo. Instituto Nacional de Ecología. México. 337p.
41. MURRAY, N. R.; BOJÓRQUEZ, S.; HERNÁNDEZ, J.; OROZCO, G.; GARCÍA, J. y ONTIVEROS, H. 2010. Influencia de especies agroforestales sobre las propiedades físicas de un suelo Fluvisol Haplico de la llanura costera norte de Nayarit. 22-23.

42. MURRAY, R.; BOJÓRQUEZ.; HERNÁNDEZ, A.2011. Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo en un sistema agroforestal de la llanura costera norte de Nayarit, México. Revista Biociencias.3(1):2735p.[Enlínea]:(<http://revistabiociencias.uan.mx/index.php/ BIOCENCIAS/article/view/17>).Consultado el 27 de Febrero del 2019.
43. OROZCO R, MUÑOZ R. 2012. Efecto de abonos orgánicos en las propiedades químicas del suelo y el rendimiento de la mora (*Rubus adenotrichus*) en dos zonas agroecológicas de Costa Rica. Tecnología en Marcha. 25(1):16-31p. [En línea] :(<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835576>). Consultado el 27 de junio del 2020.
44. QUINTO C., C. E. 2016. Propiedades físicas, químicas y biológicas de suelo bajo la influencia de tres sistemas de uso de la tierra en el distrito José Crespo y Castillo, Leoncio Prado. Tesis Ing. en Recursos naturales renovables mención Conservación de suelos y agua. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 93 p.
45. RAMOS D., TERRY E. 2014. Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba.35(4):52-59 pág. [En línea]:(<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193232493007>). Consultado el 27 de junio del 2020.

46. RASTIJA D.; ZEBEC V.; RASTIJA M.2014. Impacts of liming with dolomite on soil pH and phosphorus and potassium availabilities. 13th Alps-Adria Scientific Workshop.AUSTRIA.63(1).193-196. [en línea]:(https://bib.irb.hr/datoteka/740078.193_196rastijaDomAAWvillach.pdf)
Consultado el 27 de junio del 2019)
47. REYES, H.A.; MANES, S.A.; GESSA, G.M.2000.Efecto de la aplicación del residuo sólido del café sobre las propiedades del suelo. 2da Convención internacional de Educación Superior. Universidad Nacional Agraria de la Habana.Cuba.8 p.
48. RIVERO, T.C. 1999. Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades químicas y físicas del suelo. In: Univ Central de Venezuela, Facultad de Agronomía (ed.). Materia orgánica del suelo. Revista Alcance 57. Maracay, Venezuela. 53-72 p.
49. RUIZ, S. R.; SaDZAWKA R. A. 2005. Nutrición y Fertilización Potásica en Frutales y Vides. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA. 80 pág.
50. RUIZ, S.; MANRIQUE, L. y LINDO.2014. Efecto de la *Pteridium quilinum* (macorilla) como cobertura nativa en la fertilidad de un suelo degradado en Tingo María. Investigación y Amazonía. 4(1,2):30-35. [en línea]:(<http://revistas.unas.edu.pe/index.php/revia/article/view/65>).
Consultado el 27 de junio del 2020.
51. ROSAS P.,G.; PUENTES P., y MENJIVAR F.,J.2017.Relación entre el pH y la disponibilidad de nutrientes para cacao en un entisol de la Amazonia colombiana .Ciencia y Tecnología Agropecuaria.

- Mosquera, Colombia.18(3):529-541.[En línea]: (<http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v18n3/0122-8706-ccta-18-03-00529.pdf>). Consultado el 17 de junio del 2020.
52. ROSAS P., G., PUENTES., P. Y. J., y MENJIVAR F., J. C. 2019. Liming effect on macronutrient intake for cacao (*Theobroma cacao* L.) in the Colombian Amazon. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 20(1). [En línea]:(http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-7062019000100005&lng=en&nrm=iso). Consultado el 27 de junio del 2020.
53. RUIZ, P. 2011. Efecto de la dolomita en las propiedades físicas y químicas del suelo, en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo condiciones de acidez en Ricardo Palma-Naranjillo. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. 80 p.
54. SADEGHIAN K., S. 2016. La acidez del suelo una limitante común para la producción de café. *Avances técnicos. Cenicafé-Colombia*.12 pág. [En línea]:(<https://www.cenicafe.org/es/publications/AVT0466.pdf>). Consultado el 14 de Febrero del 2019.
55. SALAMANCA J., A.; SADEGHIAN KH., S.2005.La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetalera. Colombia.*Cenicafé*.56(4):381-397. [En línea]:(<https://www.cenicafe.org/es/publications/arc056%2804%29381-397.pdf>). Consultado el 14 de febrero del 2019.
56. SUN D., YANG H., GUAN D., YANG M. 2018. The effects of land use change on soil infiltration capacity in China: A meta-analysis. *he Science of the*

- total environment, 626(1): 1394-1401.[En línea]: (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29898546/>), consultado el 27 de Febrero del 2019.
57. VALVERDE, C. 2007. Riego y drenaje. 2da reimp.de la 1era.edición. San José Costa Rica.244 p. [En línea]: [https:// books. google. com.pe/ books?id=Chy5v ADO63AC&pg= PA30&dq=velocidad+ de+ infiltracion &hl=es-419&sa=X&ved= 0ahUKEwjHsubts8z v=one page&q=velocidad%20de%20infiltracion&f=true](https://books.google.com.pe/books?id=Chy5vADO63AC&pg=PA30&dq=velocidad+de+infiltracion&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjHsubts8zv=onepage&q=velocidad%20de%20infiltracion&f=true). Revisado el 14 febrero 2019.
58. VÁZQUEZ, M. TERMINIELLO, A.; DUHOUR, A.; GARCÍA, M. y GUILINO, F.2009.Efecto del encalado sobre propiedades físicas de un suelo de la pradera Pampeana: Asociación con propiedades químicas. Cienc. Suelo. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.27(1),67-76 p. [En línea]: ([https://www.researchgate.net/publication/262541584 Efecto del en calado sobre propiedades fisicas de un suelo de la pradera Pa mpeana Asociacion con propiedades quimicas](https://www.researchgate.net/publication/262541584_Efecto_del_encalado_sobre_propiedades_fisicas_de_un_suelo_de_la_pradera_Pampeana_Asociacion_con_propiedades_quimicas)). Consultado el 27 de junio del 2019.
59. VILLALOBOS, M. y FERERES C., 2017. Fitotecnia principios de agronomía para una agricultura sostenible. 3ª ed. España.605p. [En línea]: ([https:// books.google. com.pe/books?id= DaEkDw AAQBAJ&pg= PA110&dq=velocidad+ de+infiltracion +en+suelos +arcillosos&hl=es- 419&sa= X&ved=0ahUKEwjO9_ TFuczXA hX MTSYKHLYLJCzAQ 6AEI OzAE#v= onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=DaEkDwAAQBAJ&pg=PA110&dq=velocidad+de+infiltracion+en+suelos+arcillosos&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjO9_TFuczXAhXMTSYKHLYLJCzAQ6AEI OzAE#v=onepage&q&f=false)). Revisado el 15 febrero de 2019.

60. YAKABI K, 2014. Estudio de las propiedades edáficas que determinan la fertilidad del suelo en el sistema de andenería de la comunidad campesina San Pedro de Laraos, provincia de Huarochirí, Lima. 111 p.
61. YANG W.; GU S.; XIN Y.; BELLO A.; SUN W and XU X. 2018. Compost Addition Enhanced Hyphal Growth and Sporulation of Arbuscular Mycorrhizal Fungi without Affecting Their Community Composition in the Soil. *Front. Microbiol.* 9:169.
62. YAÑEZ, F.; HERMOZA R.y BAZÁN, L.R. 2017. Caracterización de la infiltración de agua en tres sistemas de uso del suelo de la Comunidad Santiago de Carampoma, Huarochirí, Lima. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú. *Anales Científicos*, 78 (2): 191-199. [En línea]:(<http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/1056>). Consultado el 17 de Febrero del 2019)
63. ZAPATA, R. 2004. Química de la acidez del suelo. Corrección de la toxicidad por aluminio en el suelo. Primera Edición. Pp. 125 - 175. [En línea]:(<http://bdigital.unal.edu.co/1735/1/9583367125.1.pdf> , consultado el 27 de junio del 2020)

IX. ANEXO

Cuadro 25. Análisis de variancia de la diversidad de artrópodos

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados medios	
		Diversidad	Significancia
Bloques	2	0.0146	NS
Tratamiento	8	0.0732	NS
Factorial	7	0.0578	NS
A	1	0.1466	NS
B	1	0.0540	NS
C	1	0.0104	NS
AxB	1	0.0001	NS
AxC	1	0.0484	NS
BxC	1	0.0097	NS
AxBxC	1	0.1352	NS
Fact. vs test.	1	0.1813	NS
Error experimental	16	0.0621	
Total	26		

CV. (%): 28

NS : No Significación estadística al 5 % de probabilidad.

AS : Alta Significación estadística al 1 % de probabilidad.

S : Significación estadística al 5 % de probabilidad

Cuadro 26. Análisis de variancia del incremento en altura del cultivo cacao.

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados medios	
		Crecimiento	Significancia
Bloques	2	522.2418	NS
Tratamiento	8	705.5697	*
Factorial	7	266.0779	NS
A	1	40.4734	NS
B	1	63.9178	NS
C	1	910.6123	NS
AxB	1	3.0104	NS
AxC	1	343.7789	NS
BxC	1	7.2234	NS
AxBxC	1	493.5289	NS
Fact. vs test.	1	3782.0125	*
Error exp.	16	232.2175	
Total	26		

CV. (%): 22.11

NS : No Significación estadística al 5 % de probabilidad.

* : Significación estadística al 5 % de probabilidad

** : Alta Significación estadística al 1 % de probabilidad.

Cuadro 27. Número de individuos por orden por cada tratamiento para el cálculo del Índice de Shannon-Wiener

Ordenes	BLOQUE I									BLOQUE II									BLOQUE III								
	TRATAMIENTOS																										
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Dermaptera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Pulmonata	1	1	3	4	3	0	6	2	0	5	13	12	1	1	1	7	2	2	2	2	15	2	2	6	18	3	1
Orthoptera	15	20	18	19	16	46	19	30	49	27	10	10	47	9	13	30	13	45	29	42	18	12	9	15	32	29	8
Hemiptera	8	13	8	13	3	39	6	46	11	19	13	7	31	8	16	7	20	17	14	18	18	12	1	5	7	29	10
Homoptera	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
Coleoptera	10	2	5	0	3	2	21	15	24	4	7	0	5	2	1	24	4	5	15	5	4	18	18	3	5	2	33
Lepidoptera	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
Hymenoptera	1190	389	616	159	180	212	163	372	586	307	240	326	448	159	193	408	305	108	288	1164	365	254	369	269	313	360	167
Dyptera	19	58	33	26	42	20	43	33	61	39	22	30	31	7	16	68	34	20	34	38	39	57	75	27	33	24	52
Battodea	1	6	5	7	2	11	6	3		13	3	5	5	3	1	9	8	4	1	5	0	6	9	0	7	6	0
Araneae	2	1	1	2	2	2	1	4	3	1	1	1	1	5	4	1	0	5	0	1	0	2	1	2	0	3	1
Escolopendromorfos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	1	0
Total	1246	490	690	231	252	332	265	505	734	421	310	392	570	194	247	554	388	207	389	1275	459	363	485	328	416	459	274

Cuadro 28. Promedio de individuos por orden para cada tratamiento

Órdenes	Tratamientos								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Dermaptera	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Pulmonata	3	5	10	2	2	4	10	2	2
Orthoptera	24	24	15	26	11	25	27	24	34
Hemiptera	14	15	11	19	4	20	7	32	13
Homoptera	0	0	0	0	1	0	0	1	0
Coleoptera	10	5	3	8	8	2	17	7	21
Lepidoptera	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Hymenoptera	595	598	436	287	236	225	295	346	287
Diptera	31	39	34	38	41	21	48	30	44
Battodea	5	5	3	6	5	4	7	6	2
Araneae	1	1	1	2	3	3	1	2	3
Escolopendromorfos	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	685	692	514	388	310	304	412	451	406

Cuadro 29. Relación de las propiedades físicas, químicas suelo y diversidad de artrópodos con el crecimiento de plántones de cacao.

Trat.	Propiedades Físicas										Propiedades Químicas								Divers. Macro.	I. de altura	
	Aren (%)	Lim (%)	Arc. (%)	Por. (%)	Dens (gr/cm ³)	Hum. (%)	I.Pen. (0cm)	I.Pen. (5cm)	V.Inf.	pH	CIC (Cmol(+)/kg)	M.O.(%)	N(%)	P (ppm)	K (ppm)	Ca (Cmol(+)/kg)	Mg (Cmol(+)/kg)	KI			Na
T1	57.01	14.61	28.37	33.85	1.753	13.08	1.12	1.26	43.72	7.29	14.20	2.24	0.10	18.20	80.63	10.63	3.38	0.11	0.07	0.764	58.056
T2	48.35	18.61	33.04	35.60	1.707	13.24	0.94	1.26	47.82	7.28	19.43	4.21	0.19	19.91	76.80	14.82	4.28	0.21	0.12	0.705	88.111
T3	53.68	15.28	31.04	34.85	1.726	13.17	1.08	1.09	29.04	7.30	16.29	2.60	0.12	23.05	84.80	12.56	3.42	0.22	0.09	0.672	65.667
T4	55.68	16.61	27.71	34.44	1.737	13.10	0.98	1.07	15.68	7.42	16.38	2.42	0.11	32.59	95.46	12.56	3.61	0.13	0.08	0.993	75.389
T5	52.35	17.95	29.71	35.46	1.710	14.55	1.07	0.90	36.46	7.40	18.04	2.88	0.13	27.10	59.81	13.85	3.89	0.18	0.13	0.863	78.000
T6	49.68	17.28	33.04	37.87	1.646	14.70	0.90	0.96	32.41	7.38	19.11	2.42	0.11	36.49	91.29	14.63	4.17	0.22	0.09	0.925	74.778
T7	56.35	15.95	27.71	31.38	1.818	11.98	0.72	1.07	30.86	7.43	14.28	3.40	0.15	20.35	86.80	10.78	3.24	0.16	0.10	1.064	66.056
T8	58.35	16.61	25.04	34.37	1.739	12.83	0.76	1.11	27.79	7.49	16.32	2.24	0.10	34.47	49.64	12.37	3.70	0.15	0.10	0.906	78.778
T9	49.01	15.95	35.04	32.22	1.796	13.34	1.23	1.18	18.94	5.93	9.09	2.15	0.10	3.58	60.63	6.70	2.00	0.25	0.14	1.122	35.444

Cuadro 30. Análisis de variancia de la relación entre las propiedades físicas, químicas y la diversidad del suelo en el incremento de altura del cultivo de cacao.

Análisis de variancia	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Sig.
Regresión	2	1,676,385	1,676,385	S
Residuo	6	205,153	29,308	S
Total	8	1,881,715		



Figura 14. Lugar de ejecución del experimento.



Figura 17. Limpieza de la zona de evaluación.



Figura 18. Evaluación de la Penetrabilidad al ras del suelo 0 cm.



Figura 19. Evaluación de la densidad del suelo

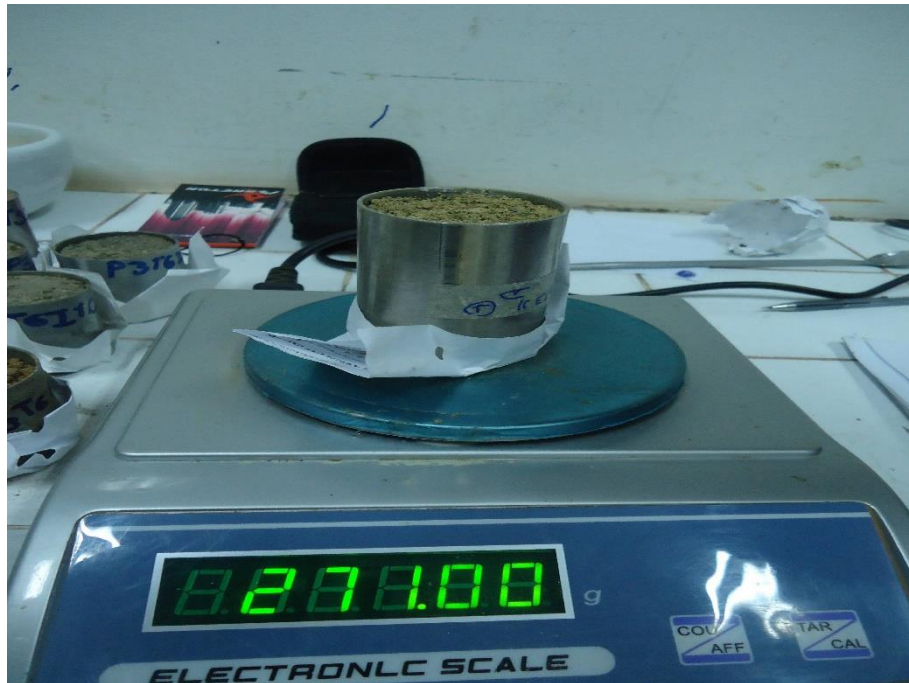


Figura 20. Evaluación del peso seco del suelo.



Figura 21. Instalación de los cilindros y evaluación de la infiltración



Figura 22. Muestreo de suelo en el testigo



Figura 22. Instalación de las trampas pitfall para evaluación de la diversidad



Figura 23. Evaluación del crecimiento en el cultivo de cacao



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 Aptdo. 156

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANALISIS ESPECIAL

<u>SOLICITANTE:</u>		<u>USAID</u>								<u>PROCEDENCIA:</u>								
<u>Datos de la muestra</u>		<u>PH</u>	<u>Porcentaje</u>				<u>Porcentaje</u>				<u>Porcentaje</u>				<u>Partes por millón</u>			
<u>Código</u>	<u>Tipo</u>		<u>Cenizas en base húmeda (%)</u>	<u>Materia Orgánica en base húmeda (%)</u>	<u>Humedad (%)</u>	<u>Materia Seca %</u>	<u>N (base húmeda) (%)</u>	<u>N (base seca) (%)</u>	<u>P₂O₅ (%)</u>	<u>Ca (%)</u>	<u>Mg (%)</u>	<u>K (%)</u>	<u>Na (%)</u>	<u>Cu ppm</u>	<u>Fe ppm</u>	<u>Zn ppm</u>	<u>Mn ppm</u>	
M0817	Compost	8.02	55.81	35.90	8.29	91.71	0.81	0.88	2.749	1.269	0.788	0.263	0.778	33.47	9845.01	772.36	469.59	

Tingo María, 20 de noviembre del 2016
MUESTREADO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS
Miguel Huauya Rojas
M.Sc. Bgo. Miguel Huauya Rojas
JEFE

Figura 24. Análisis especial del compost aplicado en el experimento



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

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

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos

soe@unaseswara.com



ANÁLISIS DE SUELOS

PROCEDENCIA:		RIO ESPINO CACHICOTO										SOLICITANTE: USAID																	
N°	COD. LAB.	DATOS DE LA MUESTRA		ANÁLISIS MECÁNICO				pH		M.O.		N		P		K		CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICc	%			
				Arena	Arcilla	Limo	Textura	1:1	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	Ca	Mg		K	Na	Al	H	Bas. Camb.	Ac. Camb.		Sat. Al			
		RRP		%	%	%																							
1	M02084	T11	P3	57.68	29.04	13.28	Franco Arcillo Arenoso	7.30	1.61	0.07	17.69	50.48	13.73	10.20	3.44	0.04	0.05	--	--	--	100.00	0.00	0.00						
2	M02085	T21	P3	41.68	37.04	21.28	Franco Arcilloso	7.33	3.23	0.15	16.69	62.47	21.11	16.20	4.58	0.37	0.07	--	--	--	100.00	0.00	0.00						
3	M02086	T31	P3	55.68	31.04	13.28	Franco Arcillo Arenoso	7.37	4.30	0.19	26.34	83.96	19.84	16.23	3.36	0.17	0.08	--	--	--	100.00	0.00	0.00						
4	M02087	T41	P3	53.68	29.04	17.28	Franco Arcillo Arenoso	7.35	2.15	0.10	32.99	80.96	15.52	11.93	3.36	0.14	0.09	--	--	--	100.00	0.00	0.00						
5	M02088	T51	P3	47.68	33.04	19.28	Franco Arcillo Arenoso	7.39	2.69	0.12	28.67	60.47	22.29	17.41	4.59	0.19	0.10	--	--	--	100.00	0.00	0.00						
6	M02089	T01	P3	61.68	23.04	15.28	Franco Arcillo Arenoso	7.42	2.42	0.11	44.74	75.97	17.71	14.09	3.45	0.08	0.09	--	--	--	100.00	0.00	0.00						
7	M02090	T71	P3	59.68	27.04	13.28	Franco Arcillo Arenoso	7.42	1.88	0.08	12.04	74.47	12.31	9.29	2.81	0.12	0.08	--	--	--	100.00	0.00	0.00						
8	M02091	T81	P3	61.68	23.04	15.28	Franco Arcillo Arenoso	7.40	1.34	0.06	37.09	63.47	14.01	10.37	3.42	0.16	0.07	--	--	--	100.00	0.00	0.00						
9	M02092	T91	P3	47.68	35.04	17.28	Arcillo Arenoso	5.67	1.17	0.05	5.61	42.45	8.85	6.54	1.89	0.26	0.15	--	--	--	100.00	0.00	0.00						

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
FECHA: 19/12/2016

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
LAB. ANÁLISIS DE SUELOS

Miguel Huauya Rojas

M.Sc. Bgo. Miguel Huauya Rojas
JEFE



Figura 25. Análisis de suelos-Facultad de Agronomía del BIOQUE I



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

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

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos

analisisdesuelos@unase.edu.pe



ANÁLISIS DE SUELOS

PROCEDENCIA:				RIO ESPINO CACHICOTO							SOLICITANTE: USAID												
N°	COD. LAB.	DATOS DE LA MUESTRA		ANÁLISIS MECÁNICO				pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+) / kg						CICc	%	%	%
				Arena	Arcilla	Limo	Textura							Ca	Mg	K	Na	Al	H				
		REF	%	%	%	1:1	%	ppm	ppm														
10	M02093	T1 II	P3	59.68	25.04	15.28	Franco Arcillo Arenoso	7.12	3.22	0.15	16.87	74.47	13.83	10.37	3.25	0.12	0.08	--	--	--	100.00	0.00	0.00
11	M02094	T2 II	P3	51.68	31.04	17.28	Franco Arcillo Arenoso	7.29	5.37	0.24	28.11	66.47	19.81	15.33	4.18	0.17	0.12	--	--	--	100.00	0.00	0.00
12	M02095	T3 II	P3	53.68	29.04	17.28	Franco Arcillo Arenoso	7.00	2.42	0.11	15.92	90.46	14.96	10.71	3.83	0.35	0.06	--	--	--	100.00	0.00	0.00
13	M02096	T4 II	P3	59.68	25.04	15.28	Franco Arcillo Arenoso	7.42	3.76	0.17	33.55	72.97	18.04	13.86	3.98	0.12	0.08	--	--	--	100.00	0.00	0.00
14	M02097	T5 II	P3	55.68	25.04	19.28	Franco Arcillo Arenoso	7.44	4.84	0.22	24.12	65.47	16.00	12.00	3.68	0.21	0.12	--	--	--	100.00	0.00	0.00
15	M02098	T6 II	P3	45.68	35.04	19.28	Arcillo Arenoso	7.50	4.03	0.18	29.95	53.98	24.05	18.57	5.11	0.25	0.12	--	--	--	100.00	0.00	0.00
16	M02099	T7 II	P3	59.68	25.04	15.28	Franco Arcillo Arenoso	7.58	2.69	0.12	34.88	54.48	16.83	13.00	3.66	0.11	0.07	--	--	--	100.00	0.00	0.00
17	M02100	T8 II	P3	59.68	23.04	17.28	Franco Arcillo Arenoso	7.55	3.22	0.15	39.64	52.98	17.26	13.08	3.88	0.19	0.12	--	--	--	100.00	0.00	0.00
18	M02101	T9 II	P3	55.68	31.04	13.28	Franco Arcillo Arenoso	5.64	3.17	0.14	3.39	40.98	6.19	4.23	1.63	0.25	0.09	--	--	--	100.00	0.00	0.00

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
FECHA: 19/12/2016

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



Figura 26. Análisis de suelos-Facultad de Agronomía del BIOQUE II



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

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

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos

analisisdesuelos@hotm.com



ANÁLISIS DE SUELOS

PROCEDENCIA:				RIO ESPINO CACHICOTO						SOLICITANTE:				USAID											
N°	COD. LAB.	DATOS DE LA MUESTRA		ANÁLISIS MECÁNICO				pH		M.O.		N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmo(+)/kg						CICe	%	%	%
				Arena	Arcilla	Limo	Textura	1:1	%	%	ppm	ppm	Ca	Mg		K	Na	Al	H	Bas. Comb.	Ac. Comb.		Sat. Al		
		%	%	%	%	%		%	%	%	%	%												%	%
10	M02093	T1 II	P3	59.68	25.04	15.28	Franco Arcillo Arenoso	7.12	3.22	0.15	16.87	74.47	13.83	10.37	3.25	0.12	0.08	--	--	--	100.00	0.00	0.00		
11	M02094	T2 II	P3	51.68	31.04	17.28	Franco Arcillo Arenoso	7.29	5.37	0.24	28.11	66.47	19.81	15.33	4.18	0.17	0.12	--	--	--	100.00	0.00	0.00		
12	M02095	T3 II	P3	53.68	29.04	17.28	Franco Arcillo Arenoso	7.00	2.42	0.11	15.92	90.46	14.96	10.71	3.83	0.35	0.06	--	--	--	100.00	0.00	0.00		
13	M02096	T4 II	P3	59.68	25.04	15.28	Franco Arcillo Arenoso	7.42	3.76	0.17	33.55	72.97	18.04	13.86	3.98	0.12	0.08	--	--	--	100.00	0.00	0.00		
14	M02097	T5 II	P3	55.68	25.04	19.28	Franco Arcillo Arenoso	7.44	4.84	0.22	24.12	65.47	16.00	12.00	3.68	0.21	0.12	--	--	--	100.00	0.00	0.00		
15	M02098	T6 II	P3	45.68	35.04	19.28	Arcillo Arenoso	7.50	4.03	0.18	29.95	53.98	24.05	18.57	5.11	0.25	0.12	--	--	--	100.00	0.00	0.00		
16	M02099	T7 II	P3	59.68	25.04	15.28	Franco Arcillo Arenoso	7.58	2.69	0.12	34.88	54.48	16.83	13.00	3.66	0.11	0.07	--	--	--	100.00	0.00	0.00		
17	M02100	T8 II	P3	59.68	23.04	17.28	Franco Arcillo Arenoso	7.55	3.22	0.15	39.64	52.98	17.26	13.08	3.88	0.19	0.12	--	--	--	100.00	0.00	0.00		
18	M02101	T9 II	P3	55.68	31.04	13.28	Franco Arcillo Arenoso	5.64	3.17	0.14	3.39	40.98	6.19	4.23	1.63	0.25	0.09	--	--	--	100.00	0.00	0.00		

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
FECHA: 19/12/2016

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



Figura 27. Análisis de suelos-Facultad de Agronomía del BIOQUE III.

Cuadro 31. Antecedentes de la dosis de aplicación de enmiendas

Enmienda	Dosis	Aplicación (kg/hoyo)
Dolomita ¹	2 t/ha	0.5200
Roca Fósforica ²	150kg P ₂ O ₅	0.6136
	300 kg P ₂ O ₅	1.226
Materia orgánica	6%	4.032
	9%	6.032

¹ El cálculo se realizó en base al área de suelo de la parcela experimental

² Para el cálculo se consideró 1111 plantas/ha

Explicación de los cálculos de la aplicación

Materia orgánica:

Textura : Franco arcilloso arenoso

Da. : 1.4

Masa : 1,4(0,4x 0,4x0,3) = 67,2 Kg

Peso del suelo/ Hoyo = 67,2 kg/hoyo

67.2 6 % M.O (Compost como fuente de M.O)

 9 % M.O (Compost como fuente de M.O)

Cálculo de Compost:

67.2 x 6/100 = 4.032 Kg/hoyo

67.2 x 9/100 = 6,048 Kg/hoyo

Roca Fosfórica :

150kg P₂O₅

300 kg P₂O₅

$$\frac{150}{22} \times 100 = \frac{681.81}{1111} = 0,63136 \text{ Kg/Hoyo}$$

$$\frac{300}{22} \times 100 = \frac{1363,63}{1111} = 1,226 \text{ Kg/Hoyo}$$