

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN CONSERVACIÓN DE
SUELOS Y AGUA**



**EFFECTO DE FUENTES ORGÁNICAS EN EL RENDIMIENTO DEL *Theobroma cacao*
L. (CACAO) Y MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS EN
UN SUELO ENTISOL EN TOCACHE**

Tesis para optar el título de:

INGENIERO EN CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA

Elaborado por

ACUÑA SOBRADOS DELMER ABERCIO

TINGO MARÍA – PERÚ

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 037-2022-FRNR-UNAS


Los que suscriben, miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 08 de julio del 2022 a horas 8:00 p. m. en la Sala Virtual Sesiones de la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la Tesis titulada:


“EFECTO DE FUENTES ORGÁNICAS EN EL RENDIMIENTO DEL *Theobroma cacao* L. (CACAO) Y MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS EN UN SUELO ENTISOL EN TOCACHE”


Presentado por la Bachiller: **ACUÑA SOBRADOS, Delmer Abercio**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“BUENO”**


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

Tingo María, 20 de Setiembre de 2022


Ing. JAIME TORRES GARCÍA
PRESIDENTE


Dr. ROBERTO OBREGÓN PEÑA
MIEMBRO


Ing. M. Sc. SANDRO JUNIOR RUIZ CASTRE
MIEMBRO


Ing. M. Sc. JUAN PABLO RENGIFO TRIGOZO
ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA



EFFECTO DE FUENTES ORGÁNICAS EN EL RENDIMIENTO DEL *Theobroma cacao* L. (CACAO) Y MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS EN UN SUELO ENTISOL EN TOCACHE

Programa	:	Ciencias básicas
Línea	:	Ecología y conservación de suelos
Ejecutor	:	Acuña Sobrados, Delmer Abercio.
Asesor	:	Ing. MSc. Rengifo Trigozo, Juan Pablo
Co asesor	:	Dr. Huamaní Yupanqui, Hugo
Lugar de ejecución	:	Universidad Nacional Agraria De La Selva
Duración	:	Seis meses

Tingo María – Perú

DEDICATORIA

Estoy profundamente agradecido con la vida, con el destino, con Dios por brindarme la oportunidad de vivir para ser feliz ejerciendo mi carrera. Nunca me alcanzaran palabras para expresar esta enorme dicha. Sencillamente gracias.

A mis padres, Abercio Acuña Colchado y Evangelina Sobrados Muñoz, por ser el apoyo moral y espiritual necesario para continuar cuando las dificultades se presentaron y por sus sabios consejos con valores y perseverancia.

A mis hermanos Ronald y Merlith, por todo su amor y apoyo moral y fraternal.

A mi hija quien ha sido mi principal fuente de inspiración para terminar mis estudios.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Recursos Naturales Renovables por ser mi alma mater y acogerme con sus enseñanzas.

Este logro se lo debo primeramente a mi padre Abercio Acuña, quien me hizo darme cuenta que el dinero no tiene validez sino las ganas de hacer las cosas con amor; a mi madre Alejandría Sobrados, porque a pesar de mis tropezones siempre estuvo para sanar mis heridas y hacerme caminar de nuevo.

A mi asesor Ing. MSc. Juan Pablo Rengifo Trigozo; por su valiosa colaboración y supervisión de la tesis.

A los miembros del jurado de tesis, Ing. Jaime Torres García, Dr. Roberto Obregón Peña, Ing. MSc. Sandro Junior Ruíz Castre, Dr. Wilfredo Alva Valdiviezo por su colaboración en el presente trabajo.

A todos los docentes que me acompañaron a lo largo de este proceso, quienes me guiaron y forjaron como un profesional integro en mi área.

A mis compañeros y amigos que siempre me brindaron el apoyo incondicional frente a cada evaluación de la vida.

ÍNDICE

	Página
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
RESUMEN.....	iii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Antecedentes.....	3
2.2. Marco teórico.....	6
2.2.1. El suelo	6
2.2.2. Propiedades del suelo	7
2.2.3. Fuentes orgánicas.....	7
2.2.3.1. Fuentes de compuestos orgánicos	7
2.2.3.2. Características de los compuestos orgánicos	7
2.2.4. Propiedades físicas.....	8
2.2.4.1. Textura del suelo	8
2.2.4.2. Densidad aparente	9
2.2.4.3. Densidad real.....	10
2.2.4.4. Temperatura del suelo	10
2.2.4.5. Resistencia del suelo a la penetración	11
2.2.5. Propiedades químicas	11
2.2.5.1. Reacción del suelo (pH).....	11
2.2.5.2. Materia orgánica.....	12
2.2.5.3. Capacidad de intercambio catiónico	12
2.2.5.4. Nitrógeno del suelo	13
2.2.5.5. Fósforo disponible del suelo	13

2.2.5.6. Potasio disponible del suelo	14
2.2.6. Entisoles.....	15
2.2.6.1. Origen de los entisoles	15
2.2.6.2. Uso y manejo de los entisoles	15
2.2.7. Aspectos generales del cacao.....	16
2.2.7.1. Aspecto botánico	16
2.2.7.2. Descripción botánica	16
2.2.8. Importancia	17
III. MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1. Ubicación del área en estudio	18
3.1.1. Ubicación política	18
3.1.2. Ubicación geográfica	18
3.1.3. Ecología	18
3.1.4. Clima.....	18
3.1.5. Fisiografía.....	18
3.1.6. Relieve y suelo.....	19
3.1.7. Accesibilidad	19
3.2. Materiales y métodos.....	19
3.2.1. Insumos.....	19
3.2.2. Materiales	19
3.2.3. Equipos	19
3.2.4. Reactivos.....	19
3.3. Método y diseño de la investigación.....	19
3.3.1. Método de la investigación.....	19
3.3.2. Tipo de investigación.....	20

3.3.2.1.	Variable independiente.....	20
3.3.3.2.	Variables dependientes.....	20
3.3.3.	Componentes en estudio.....	20
3.3.4.	Diseño de la investigación.....	20
3.4.	Metodología.....	21
3.4.1	Evaluar el efecto de la dosis de fuentes orgánicas en el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo con <i>Theobroma cacao</i> L. (cacao).....	21
3.4.2	Evaluar el efecto de las fuentes orgánicas en el rendimiento del <i>Theobroma cacao</i> L. (cacao).....	23
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
4.1.	Evaluar el efecto de la dosis de fuentes orgánicas en el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo con <i>Theobroma cacao</i> L. (cacao).....	24
4.2.	Evaluar el efecto de las fuentes orgánicas en el rendimiento del <i>Theobroma cacao</i> L. (cacao).....	32
V.	CONCLUSIONES.....	35
VI.	RECOMENDACIONES.....	36
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
	ANEXO.....	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Rangos interpretativos para densidad aparente y crecimiento radicular en base a la textura del suelo.....	9
Tabla 2. Niveles de pH del suelo.....	11
Tabla 3. Intervalos de la materia orgánica en el suelo.....	12
Tabla 4. Niveles de contenido de nitrógeno	13
Tabla 5. Niveles de contenido de fósforo disponible	14
Tabla 6. Niveles de contenido de potasio disponible (K ₂ O).....	14
Tabla 7. Fuentes y niveles de dosis a emplear en los tratamientos.....	21
Tabla 8. Propiedades físicas y químicas del suelo (variables).....	23
Tabla 9. Comportamiento de la textura del suelo al inicio y final de los tratamientos observados según la Prueba T	24
Tabla 10. Comportamiento de la porosidad del suelo al inicio y al final de los tratamientos observados según la Prueba T	26
Tabla 11. Comportamiento de las propiedades químicas al inicio y al final del establecimiento del tratamiento testigo (T ₀) según la Prueba T.....	28
Tabla 12. Comportamiento de las propiedades químicas del suelo al inicio y al final de la incorporación de ceniza según la Prueba T.....	29
Tabla 13. Comportamiento de las propiedades químicas del suelo al inicio y al final de la incorporación de compost según la Prueba T.....	30
Tabla 14. Comportamiento de las propiedades químicas del suelo al inicio y al final de la incorporación de ceniza+lodo+compost según la Prueba T.....	31
Tabla 15. Comportamiento de las propiedades químicas del suelo al inicio y al final de la incorporación de hojarasca según la Prueba T.....	32
Tabla 16. ANVA de rendimiento del cacao por las diferentes fuentes orgánicas incorporadas en las parcelas en estudio.	33

Tabla 17. Medias de rendimiento (t.ha⁻¹), producida por los diferentes tratamientos,
en las parcelas en estudio según prueba Duncan $\alpha=0.05$ 34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Perfil del suelo y los distintos horizontes que lo conforman.	6
Figura 2. Rendimiento del cacao por efecto de las fuentes orgánicas incorporadas en el suelo.....	34
Figura 3. Verificando la parcela con cultivo de cacao.....	43
Figura 4. Muestreo de suelo al inicio de la investigación.....	43
Figura 5. Medición de la temperatura del suelo.....	44
Figura 6. Medición de la resistencia a la penetración del suelo	44
Figura 7. Medición de la parcela con cultivo de cacao	45
Figura 8. Revisando los frutos del cacao	45
Figura 9. Incorporación de ceniza al suelo	46
Figura 10. Incorporación de compost al suelo.....	46
Figura 11. Incorporación de ceniza+lodo+compost al suelo.....	47

RESUMEN

El objetivo del estudio realizado fue determinar el efecto de cada una de las fuentes orgánicas en el rendimiento del *Theobroma cacao* L. (cacao) y mejoramiento de las propiedades físicas y químicas de un entisol en Tocache, ubicada en el centro poblado de Tananta, distrito y provincia de Tocache. Las fuentes orgánicas utilizadas fueron (ceniza, hojarasca y lodo). Se ha estudiado el resultado de la dosis de fuentes orgánicas en el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo, así como el rendimiento del *Theobroma cacao* L. (cacao). Se ha utilizado el Diseño en Bloque Completamente al Azar (DBCA), con 4 tratamientos y 3 repeticiones, se ha realizado el ANVA y prueba TUKEY (α : 0.05). No se encontró diferencias estadísticas respecto a la dosis de las fuentes orgánicas en el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo a excepción de la materia orgánica, la ceniza y presentaron efectos positivos en el rendimiento del *Theobroma cacao* L. (cacao) y estadísticamente significativos.

Palabras clave: Fuentes orgánicas, rendimiento, mejoramientos, propiedades y compost

ABSTRACT

The objective of the study carried out was to determine the effect of each of the organic sources on the yield of *Theobroma cacao* L. (cocoa) and improvement of the physical and chemical properties of an entisol in Tocache, located in the town center of Tananta, district and province of Tocache. The organic sources used were (ash, litter and mud). The result of the dose of organic sources in the improvement of the physical and chemical properties of the soil, as well as the yield of *Theobroma cacao* L. (cocoa), has been studied. The Completely Randomized Block Design (DBCA) has been used, with 4 treatments and 3 repetitions, the ANOVA and the TUKEY test (α : 0.05) have been performed. No statistical differences were found regarding the dose of organic sources in the improvement of the physical and chemical properties of the soil, except for organic matter, ash and they presented positive effects on the yield of *Theobroma cacao* L. (cocoa) and statistically significant.

Keywords: Organic sources, performance, improvements, properties and compost

I. INTRODUCCIÓN

La acidez del suelo ha sido objeto de muchas discusiones, ya que plantea un problema muy importante en la agricultura, donde puede haber problemas de toxicidad y afectar el desarrollo de las plantas. Es bien sabido que los suelos ácidos son perjudiciales para el crecimiento de la mayoría de las plantas, es importante ajustar su pH en un intento de reemplazar los cationes de hidrógeno por cationes de calcio, conocida como encalado, técnica muy utilizada.

El suelo es vital para el sostenimiento de la vida en esta tierra, es una fuente de alimento para la producción de biomasa, actúa como filtro, amortiguador y convertidor, es un hábitat para miles de organismos y el entorno en el que nacieron los ciclos. La mayoría de las actividades humanas tienen lugar en la tierra, actuando como soporte físico e infraestructural para actividades agrícolas, forestales, recreativas y agrícolas, así como para actividades socioeconómicas como la vivienda, la industria y las carreteras (De la Rosa et al., 2005, citado por Tijero 2016).

Asimismo, el suelo tiene la característica de frenar sustancias de manera mecánica o inmovilizarlas por adsorción; Puede actuar como un amortiguador y como una colección de materiales. Las dos propiedades necesitan en gran medida del contenido de materia orgánica presente (Contreras, 2005, citado en Tijero, 2016).

La investigación busca determinar el resultado de las fuentes orgánicas en el provecho del *Theobroma cacao* L. (cacao), así como también analizar la mejora de las propiedades físico - químicas de un suelo entisol, durante el tiempo de su ejecución.

En tal sentido surge la siguiente interrogante ¿La adición de fuentes orgánicas tendrán algún efecto en el rendimiento del *Theobroma cacao* L. (cacao), así como también en mejorar las propiedades físicas y químicas de un suelo entisol en Tocache? Bet lo cual se genera la respuesta hipotética "La adición de fuentes orgánicas influyen de manera significativa en el provecho del *Theobroma cacao* L. (cacao), así como también el mejorar sus propiedades físicas y químicas de un suelo entisol". Por consiguiente, se plantea estos objetivos.

1.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de fuentes orgánicas en el rendimiento del *Theobroma cacao* L. (cacao) y mejoramiento de propiedades físicas y químicas de un entisol en Tocache.

1.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la dosis de fuentes orgánicas en el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo con *Theobroma cacao* L. Mart. (cacao).
- Evaluar el efecto de las fuentes orgánicas en el rendimiento del *Theobroma cacao* L. Mart. (cacao).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Al evaluar el efecto de la aplicación de fertilizantes tipo bocashi sobre las variaciones en las propiedades físicas de los suelos degradados, se utilizaron varias cuantías de bocashi para los procedimientos: T1 (300 g), T2 (250 g), T3 (200 g), T4 (100 g) y T5 (0 g). Se evaluaron tres factores de respuesta: densidad aparente, densidad real y estabilidad estructural. Los tratamientos 3 y 4 tuvieron las densidades aparentes más bajas, lo que indica una mejora en el espacio poroso del suelo, lo que contribuyó a una mayor retención de agua y una mejor evolución de las raíces de las plantas. Los tratamientos T1, T2 y T3 redujeron la densidad real del suelo (Asenjo, 2003).

Huamancayo (2011) utilizó el nivel de relación de bocashi en el suelo y su resultado en el crecimiento de los plantones de cacao y encontró que una correlación 1:1 de 35,98 cm de altura y 0,74 cm de diámetro era estadísticamente significativa; para la materia fresca de los plantas, el peso fresco y seco de planta aérea fueron de 8.52 y 2.06 g respectivamente.

Ríos (2014) intentó restaurar suelos degradados mediante la incorporación de fertilizantes tipo bocashi en tres niveles (T1:200, T2:300 y T3:400) y evaluar sus efectos sobre el desarrollo del fruto de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) y efectos sobre la proliferación del suelo desgastado por ácido en fincas San Felipe. Se encontraron alteraciones estadísticas, el procedimiento T3 fue mejor, llegando a 184 cm, ha mejorado los estados de proliferación del suelo, aumentó el pH de 4,3 a 5,2, materia orgánica de 2,0 a 5,3%, N de 0,09 a 0,24%, P de 7,7 a 11,38 ppm y acidez disminuyó de 69.01 a 4.94%, por lo que la saturación de aluminio en el suelo se reduce de 43.66% a 2.47%; el fertilizante fermentado tipo bocashi es una opción efectiva para la mejora de cultivos de Sacha Inchi, lo que nos asegura que el bocashi es un Fertilizante orgánico importante para restaurar la fertilidad del suelo.

Además, Araya et al. (2015) evaluaron el efecto del uso de un fertilizante líquido que contiene silicio, calcio y magnesio sobre el desarrollo de sorgo (*Sorghum bicolor*) en un Ultisol bajo invernadero mediante fertilización a base de agua. La aplicación de calcio y magnesio aumentó significativamente el crecimiento del sorgo y la absorción de nutrientes. El carbonato de calcio promueve los valores más altos de biomasa seca y la absorción de N, P, Ca, S, Cu, Zn, Mn y B. La fuente de Si no tuvo un efecto significativo sobre la biomasa del sorgo, con la excepción de K con Ca y silicatos de Ca. La dosis de magnesio es de 4 ml. pote-1, también aumentó significativamente la absorción de potasio.

. Los mejoradores líquidos presentan un rápido resultado en la neutralización y pH de la acidez intercambiable, pero sus efectos remanentes son a corto plazo, excepto los mejoradores en polvo mojable (productos comerciales) que controlan bien la acidez durante la misión papel. Las enmiendas líquidas son beneficiosas para la evolución del maíz, peso seco de la biomasa completa, longitud y densidad de raíces, estados que sugieren que pueden ser una opción para manejar la acidez del suelo en circunstancia que requiere respuesta inmediata a las enmiendas.

Paredes (2016) determinó que, en un estudio bajo la acción del abono orgánico “alborada”, en diámetro, número de hojas, largo de hojas, ancho de hojas, uso de suelo 75% y fertilizante 25%, diámetro del portainjerto (9.82 mm), número de hojas (6 pares), largo de hoja (23,4 cm) y ancho de hoja (11,2 cm), las semillas utilizadas fueron de clones criollos (comunes). Las aplicaciones posteriores de 100 % de tierra, 75 % de fertilizante, 25 % de tierra, 25 % de fertilizante, 75 % de tierra y mitad de fertilizante y mitad de tierra arrojaron resultados similares, siendo el peor resultado el 100 % de fertilizante.

Cuando Hidalgo (2017) evaluó los efectos de los fertilizantes biodegradables de residuos sólidos urbanos y el bocashi en el crecimiento de las plántulas de cacao, el objetivo fue determinar los aumentos de expansión, sistema radicular y biomasa aérea. Veinte repeticiones fueron controladas por elemento: relación suelo y materia orgánica o fertilizante, diseño completamente al azar, permutación de factores. Las conclusiones mostraron que los valores más altos de altura, diámetro, área foliar y desarrollo radicular de los plantones de cacao en etapa de vivero se realizaron con igual mitad suelo y mitad residuos orgánicos a los 6 meses de la siembra, además se logró la obtención de residuos orgánicos simétricos. Esos desechos orgánicos que ganan indicadores crecientes de desarrollo y progreso.

En su estudio Panaifo (2018) identificó el impacto de abonos orgánicos en las plantones de cacao en la zona Santa Rosa de Shapajilla - Tingo María. El método consistió en aplicar fertilizantes orgánicos mediante tres repeticiones de los cuatro tratamientos, nuevamente muestreando el suelo al inicio, medio y final de cada aplicación para determinar parámetros químicos (pH, materia orgánica, nitrógeno absoluto, fósforo y potasio disponible). El fundo investigado presenta una variación en pH de muy fuerte an extremadamente ácida, bajo en fósforo, materia orgánica, nitrógeno y potasio no presentaron diferencias estadística; en cuanto al incremento en diámetro de tallo T2 (M.E), T3 (manure + M.E) y T1 (fertilizer) fueron similares, los mejores bloques en cuanto a las evaluaciones correspondientes fueron el bloque I y bloque II; concluyendo que el abono orgánico no solo favorece las propiedades físicas y

químicas del suelo sino que además aportan nutrientes que las plantas requieren para su mejora en altura como en diámetro.

Potesta (2018) menciona que la producción mundial de cacao (*Theobroma cacao* L.) es de 485 kg/ha, y el nivel de rendimiento promedio en el Perú es de 650 a 700 kg/ha, ligeramente superior al promedio mundial. Sin la veda, no estamos ni cerca de los rendimientos de Guatemala y Tailandia, donde en 2013 ya superaban las 3000 y 2,6 t/ha. Por lo tanto, esta investigación estudio el efecto de los fertilizantes orgánicos líquidos sobre las propiedades del suelo y el rendimiento del cacao orgánico (*Theobroma cacao* L.) bajo tecnología de riego en el Centro Poblado Alto Palcazu en el Distrito de Palcazu, Provincia de Oxapampa-Pasco. Usando un modelo de bloques generalmente al azar (DBCA) que consta de 4 procesos y 3 reiteraciones, T1: control absoluto, T2: 200 mL/planta de fertilizante orgánico líquido (con riego), T3: 400 mL/planta en remojo y T4: 600 mL/Regar plantas. La conclusión mostró que $p < 0.1$ tuvo unas alteraciones significativas en el provecho de cacao, demostrando T3 un resultado favorable al presentar el aprovechamiento líder del ayuntamiento (1 Kg/ha). Los principales indicadores químicos del suelo, pH, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ y Al³⁺. A excepción de la materia orgánica, no hubo efecto estadísticamente significativo ($p < 0,05$). Se concluyó que la fertilización orgánica líquida por aspersión no ha mejorado las propiedades del suelo, pero aumentó significativamente el rendimiento del cacao.

Rolando (2018) al determinar la variabilidad de tres tipos de fertilizantes en una plantación de cacao en la Localidad de Pendencia - Daniel Alomías Robles; Para ello se determinó las propiedades químicas, así como el mejor tratamiento con city hall leader influencia en el desarrollo de altura en las plantas de cacao. Los resultados fueron que existe diferencias en el fósforo del suelo en T1 (manure) con 7.66 ppm en comparación con T3 (fertilizer +ME) 6.68 ppm, T2 (ME) 6.28 ppm y T0 con 4.92 ppm, mientras los demás parámetros químicos no presentaron diferencias en cuanto al inicio y last de la evaluación entre tratamientos. El tratamiento influencia en el crecimiento de plantas de cacao con respecto al incremento de la altura del cacao fueron T2 y T3. Así mismo, los mejores bloques en cuanto a las evaluaciones se presentaron en el bloque I y bloque II.

2.2. Marco teórico

2.2.1. El suelo

De la Rosa et al. (2005) citado por Tijero (2016) afirma que el suelo está compuesto por capas llamadas horizontes, la disposición de los horizontes en el suelo se

denomina perfil de suelo. Un estrato se define como una capa de suelo aproximadamente paralela a la superficie, caracterizada por procesos de formación, textura, espesor, tonalidad, química y la continuidad de los diferentes estratos que caracterizan el suelo y definen su calidad. Los niveles producidos por el proceso de formación del suelo se dividen en seis grupos principales o niveles O, A, E, B, C, R (Figura 1).

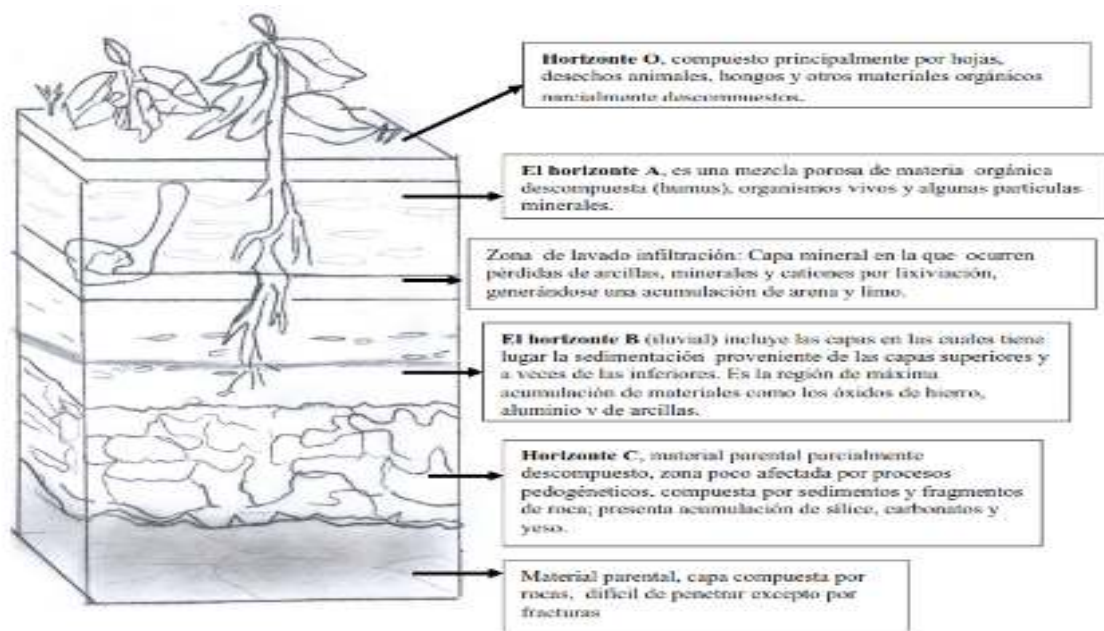


Figura 1. Perfil del suelo y los distintos horizontes que lo conforman.

Miller (1994) y Jaramillo (2001), citados por De La Rosa et al. (2005) indican que los suelos más desarrollados tienen al menos grados A, B y C, mientras que otros suelos menos desarrollados no.

2.2.2. Propiedades del suelo

De la Rosa et al. (2005), citado por Tijero (2016) indica las propiedades físicas, químicas o biológicas del suelo, es la característica del suelo, por ejemplo, la composición química y estructura física del suelo depende del tipo de material geológico del que se parte se deriva, la cubierta vegetal, la meteorización (descompuesto por factores atmosféricos), el tiempo, la topografía y los cambios inducidos por el hombre a lo largo del tiempo.

2.2.3. Fuentes orgánicas

La fuente de nutrientes de los fertilizantes orgánicos se caracteriza por niveles mas bajos de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, B, Zn y Mo en comparación con los abonos comunes. (Santiago, 2017).

2.2.3.1.Fuentes de compuestos orgánicos

En cuanto a los compuestos orgánicos, esta fuente es la más importante, cerca del 90% de las emisiones de compuestos orgánicos, los niños volátiles se producen de forma completamente normal. No hace falta decir que las propias plantas liberan una sorprendente variedad de estos compuestos en el aire. Por lo tanto, las plantas son la fuente más rica de compuestos orgánicos que existe en la actualidad.

Pero además de las plantas, existen otras fuentes naturales que pueden producir fácilmente estos elementos. Son zonas geológicas ricas en carbón, gas natural común o petróleo. También, de animales, especialmente de vacas que producen grandes cantidades de metano (Iglesias, 2017).

2.2.3.2.Características de los compuestos orgánicos

- El carbono en los compuestos orgánico forma enlaces covalentes, lo que permite la formación de compuestos moleculares o moleculares grandes.
- En los compuestos orgánicos el punto de fusión y ebullición son bajos por los enlaces covalentes, por esta razón son poco solubles en agua y solubles en disolventes orgánicos.
- Los compuestos orgánicos reaccionan lentamente porque son moléculas grandes. (Rojas, 2010).

2.2.4. Propiedades físicas

Las propiedades físicas del suelo tienen que ver con la capacidad humana para asignarle diferentes usos. Las propiedades físicas, la capacidad de drenaje y almacenamiento de agua, la plasticidad, la facilidad de penetración de las raíces, la aireación, la detención de nutrientes de las plantas, etc. de los suelos de construcción en condiciones húmedas y secas están estrechamente relacionadas con las condiciones físicas del suelo (PORTA et al., 2003).

2.2.4.1.Textura del suelo

Alude a la gama de campos, residuos y lodos reportados en tasas. En la porción mineral de la suciedad, solo las partículas menores de 2 mm tienen importancia pedológica. (Sánchez, 2007). La textura de un suelo está definida por el número (medido en porcentaje en peso) de partículas minerales inorgánicas de varios tamaños (campo, limo y arcilla), que contienen las proporciones y tamaños de muchas reacciones físicas, químicas y

biológicas; en los suelos se rige por la textura, porque define el tamaño de la superficie sobre la que se produce la reacción, también de la plasticidad, la permeabilidad, la facilidad de trabajo de la tierra, la sequedad, la fertilidad y la productividad, que cambian según el área geográfica (Buckman y Brady), 1966. , citado en Tijero 2016).

Las partículas del suelo se denominan arcilla, limo y campos, se clasifica en fina, media y gruesa. Su particion sigue una escala logarítmica con límites entre 0,002 mm y limos entre 0,002 y 0,063 mm y oscila entre 0,63 y 2 mm. Grava de 2 a 20 mm y piedra silla de ciudad de 20 mm. Este grupo consideró agregados estables formados por la influencia de la materia orgánica (Zavaleta, 1992., citado por Potesta, 2018).

2.2.4.2. Densidad aparente

El resto consiste en espacios intersticiales, en parte por agua y en parte por aire en condiciones normales de campo. El peso por unidad de volumen de suelo con espacio intersticial es la densidad aparente. La mayoría de los suelos minerales deben un rango de densidad aparente de 0,4 a 2,0 g/cc. La densidad aparente es significativa para los estudios cuantitativos del suelo. El resultado de la densidad aparente es crucial para calcular el movimiento del agua. (Wooding, 1967., citado por Potesta, 2018).

La densidad aparente depende del grado de fragmentación o porosidad del suelo, que es un evaluador profundo y depende de la superficie, sustancia y estructura general (Sánchez, 2007). Para El Cairo (1995), el peso por unidad de volumen de suelo seco se determinó mediante la fórmula característica.

Tabla 1. Rangos interpretativos para densidad aparente y crecimiento radicular en base a la textura del suelo.

Textura	Ideal (g cm ⁻²)	Aceptable (g cm ⁻²)	Puede afectar el crecimiento radicular (g cm ⁻²)	Restringe el crecimiento radicular (g cm ⁻²)
Arena, areno-franco	Dap<1.6	1.6≤Dap<1.69	1.69≤Dap<1.80	Dap>1.80
Franco-arenosa, franco	Dap<1.4	1.4≤Dap<1.63	1.63≤Dap<1.80	Dap>1.80
Franco-arcilla-arenosa, franco-arcillosa	Dap<1.4	1.4≤Dap<1.60	1.60≤Dap<1.75	Dap>1.70

Limosa	Dap<1.3	1.3≤Dap<1.60	1.60≤Dap<1.75	Dap>1.75
Franco-limosa, franco-arcillo- limosa	Dap<1.4	1.4≤Dap<1.55	1.55≤Dap<1.65	Dap>1.65
Arcillo-arenosa, arcillo-limosa	Dap<1.1	1.1≤Dap<1.39	1.39≤Dap<1.58	Dap>1.58
Arcillosa (>45% arcilla)	Dap<1.1	1.1≤Dap<1.39	1.39≤Dap<1.47	Dap>1.47

Fuente: Sagarna (2012)

2.2.4.3. Densidad real

El peso del suelo se expresa a través de la densidad de las partículas. Generalmente se caracteriza como masa (o peso) por unidad de volumen de sólidos del suelo y se denomina densidad de partículas; ya que podrán observar diferencias significativas en la densidad de los suelos minerales individuales; La porción urbana de tierra normal varía dentro de un rango estrecho de 2,60 a 2,7 g/cm³. Dado que la materia orgánica tiene un peso significativamente menor que la misma masa de materia mineral sólida, la cantidad de este nutriente en el suelo tiene un efecto marcado en la densidad del grano. Como resultado, la capa superior del suelo tiende a tener una densidad de grano más baja que el lecho rocoso. La densidad más alta en estas condiciones suele ser de 2,4 g/cm³. Se caracteriza como el peso de un volumen conocido relativo al peso de un volumen igual de agua (Buckman y Brady, 1966, citado por Tijero, 2016).

El grado de compactación del suelo está definido por su densidad real, sujeto a la operación continua de equipo pesado para compactar la capa superior del suelo. Por lo tanto, la densidad real es el contenido de grasa constante, a diferencia de la densidad aparente, la primera no puede cambiar el volumen sólido, y la densidad cambia más debido a la nulidad de la estabilidad del suelo. Como resultado, el suelo recién arado tendrá un valor de densidad aparente más bajo. Por el contrario, al final de la cosecha, va a mostrar valores altos de densidad del suelo, lo que es más significativo si se utilizan equipos pesados en métodos agrocompuestos. Finalmente, la densidad aparente es dinámica y varía con las condiciones estructurales del suelo. De igual forma, esta variación se explica por factores como el pisoteo de animales; Maquinaria de agricultura; y clima (Arskead et al., 1996; citado por USDA, 1999).

2.2.4.4. Temperatura del suelo

El calentamiento global va a depender de la cantidad neta de radiación que golpea la tierra, teniendo en cuenta el balance energético de ondas cortas y largas. La proporción de radiación neta que llega a la tierra dependerá de factores ajeno. La existencia de vegetación significativa reduce la irradiancia global, no solo por un efecto de sombra que reduce la radiación directa, sino por cambios en el albedo.

2.2.4.5. Resistencia del suelo a la penetración

Ferreras et al. (2007) puntuó la disminución de carbono orgánico y la estabilidad estructural del suelo suman la susceptibilidad y apiñan el suelo, y que los suelos con mejores propiedades estructurales y baja fortaleza a la infiltración podrían reaccionar respondiendo más rápidamente a los factores que inciden en el deterioro. Por otro lado, el suelo con estructura inestable del grado es suelo compactado.

USDA (1999) con un aumento en la densidad aparente, un aumento en la resistencia mecánica y una disminución en la porosidad del suelo, estas variaciones dificultan el desarrollo de las raíces. El contraste del suelo varía entre el rango bajo $> 2 \text{ g/cm}^3$, medios 2 g/cm^3 y altos o suficientes $< 2 \text{ g/cm}^3$.

2.2.5. Propiedades químicas

La química del suelo estudia las propiedades químicas del suelo y de sus componentes orgánicos e inorgánicos, así como las alteraciones provocadas por la mezcla de estos componentes. (Bornemisa, 1982, citado por Tijero, 2016). Algunas propiedades químicas del subsuelo:

2.2.5.1. Reacción del suelo (pH)

Podría decirse que el pH del suelo es la propiedad química más importante del suelo como medio de cultivo, expresado como pH. Asimismo, el pH del suelo determina no solo la vida microbiana y los procesos importantes en los que interfieren, sino también cuánto o qué pocos elementos químicos digeribles necesitan las plantas sembradas (Sánchez, 2007).

Tabla 2. Niveles de pH en el suelo.

Interpretación	Rango
Ácido Extremo	< 4.5
Ácido Fuerte	4.6 - 5.4
Ácido Moderado	5.5 - 6.5
Neutro	6.6 - 7.3
Alcalino Moderado	7.4 - 8.5
Alcalino Fuerte	>8.5

Fuente: Soil Survey Staff (1993).

2.2.5.2. Materia orgánica

Gran parte son restos de organismos y plantas en descomposición, dado el calor, el agua y la intervención de un mayor número de organismos vivos. Estos materiales se degradan para producir minerales funcionales para las plantas tan pronto como puedan ser absorbidos (Agricultura, 2014).

Por otro lado (Zavaleta, 1992) sostiene que la composición general del lodo depende de un lodo común demasiado líquido (suelo de arena) que se puede mejorar usando una sustancia común (fertilizante) en la misma sustancia. El camino de los suelos sucios se mejora mediante el uso de sustancias comunes.

Tabla 3. Intervalos de materia orgánica en el suelo

Nivel	Rango (%)
Bajo	< 2
Medio	2 a 4
Alto	>4

Fuente: Soil Survey Staff, (1993).

2.2.5.3. Capacidad de intercambio catiónico

Porta et al. (2003), citado por Tijero (2016) demostraron que la capacidad de intercambio catiónico (CIC) de una muestra de suelo o de uno de sus componentes se manifiesta como: moles de iones cargados positivamente adsorbidos como relleno intercambiable por unidad de peso seco; en condiciones de temperatura, presión, composición de la fase líquida y relación de masa de la solución. Un mol de carga positiva corresponde a una carga de $6,02 \times 10^{23}$ para el catión adsorbido. En unidades del Sistema Internacional la CIC se manifiesta en centimoles de carga positiva por kilogramo, $\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1}$ o bien cmolckg^{-1} .

Los cationes más necesarios que intervienen en el desarrollo de cualquier plantación son el calcio, magnesio, potasio, amonio, sodio e hidrógeno. Los primeros 4 nutrientes intervienen directamente en el crecimiento. Los dos últimos influyen en los recursos de nutrientes y agua. En suelos ácidos, la mayoría de los cationes son hidrógenos y aluminio en varios tipos.

La CIC está compuesta por los tipos, cantidades y combinaciones de minerales arcillosos, así como por la cantidad de materia orgánica y su grado de degradación. Los cationes no se mantienen a las mismas energías de enlace. Los sitios de metabolismo orgánico solo están débilmente unidos a los cationes. Las arcillas altamente intercambiables tienden a unir cationes divalentes como Calcio y Magnesio con mayor energía que Potasio. Este rasgo repercutirá la reserva de nutrientes. Los suelos con arcillas caolinitas tienen energías de enlace más bajas, para un nivel analítico dado o porcentaje de saturación de elementos, demostrarán una disponibilidad relativa más alta. Cepeda, 1991, los cationes ácidos totales frente a CIC son una medida de la congestión de ácido. También indica la necesidad de encalar el suelo (aplicación de cal)

2.2.5.4. Nitrógeno del suelo

El porcentaje de nitrógeno que hay en muchos suelos es pequeña ya sus propios elementos y ciclos biogeoquímicos. El nitrógeno puede ingresar al suelo a través de la participación de sustancias comunes (fertilizantes y suministros para plantas) y los ciclos obsesivos de las bacterias en el medio ambiente (Sánchez, 1981). Las condiciones climáticas alteran el porcentaje de nitrógeno del suelo, a medida que aumenta la temperatura, el contenido de nitrógeno disminuye; Con la expansión, la viscosidad del nitrógeno incrementa. Los principales problemas del nitrógeno son la extracción de cultivos, la filtración, la evaporación, la des nitrificación y la fijación de amonio (Navarro, 2003).

Tabla 4. Niveles de contenido de nitrógeno

Nivel	Rango (%)
Bajo	Menor de 0.1
Medio	0.1 – 0.2
Alto	Mayor de 0.2

Fuente: Soil Survey Staff, (1993).

2.2.5.5. Fósforo disponible en el suelo

Este componente es fósforo inorgánico, obtenido de la destrucción del sustrato durante un largo período de tiempo y de la estructura normal del fósforo, se presenta en humus y materia común. La medida del fósforo total en la tierra, denominada P₂O₅, difícilmente sobrepasa las 7 ppm. La mayor parte del fósforo del suelo no es adecuado para las plantas porque es difícil de disolver; Para migrar, debe estar en la planta de procesamiento como H₂PO₄-o HPO₄ =, en la disposición de suciedad. La absorción de fósforo por las plantas se producirá normalmente a pH bajo, es decir, el punto en el que la descomposición del suelo muestra una marcada agudeza, ya que la estructura HPO₄= se absorbe con mayor facilidad (Navarro, 2003). Aunque Sánchez (1981) aconseja que la sustancia de aquel ingrediente está relacionada con la de la materia ordinaria y la superficie de la suciedad, normalmente podrían detectar 180 mg/kg. Independientemente del océano, este elemento está obsesionado con los suelos.

Tabla 5. Niveles de contenido de fósforo disponible

Nivel	Fósforo (ppm)
Bajo	Menor de 7
Medio	7 – 14
Alto	Mayor de 14

Fuente: Soil Survey Staff, (1993).

2.2.5.6. Potasio disponible del suelo

Esta composición está formada por la destrucción y descomposición de las rocas que contienen el mineral potasio, junto con las cuales deben ser complementadas con componentes debido a la descomposición de restos de plantas y criaturas.

Es un componente importante de todas las entidades orgánicas vivos. Las verduras deben complementarse en dosis altas porque son necesarias para el suministro de N. El K es importante en la activación de una multitud de catalizadores, influye en el equilibrio hídrico y el desarrollo de meristemas. Nutriente esencial para todas las formas de vida. Las verduras deben complementarse en dosis altas porque son necesarias para el suministro de nitrógeno. El potasio juega un papel necesario al iniciar una gran cantidad de compuestos (se sabe que más de 60 son activados por este catión) que están activos en varios ciclos metabólicos, como la fotosíntesis, una mezcla de proteína y almidón; También afecta el balance hídrico y meristemático (Guerrero, 2000).

Tabla 6. Niveles de contenido de potasio disponible (K₂O)

Nivel	Rango (Kg/ha)
Bajo	Menor de 300
Medio	300 – 600
Alto	Mayor de 600

Fuente: Soil Survey Staff, (1993).

2.2.6. Entisoles

El subsuelo en la última forma, no refleja la influencia de los factores de formación del suelo, no tiene una estructura diversa y morfología en capas, incluye sustancias naturales y componentes elementales que han pasado por el proceso de transporte de la vertiente oriental de los Andes o de las partes altas de la misma llanura amazónica, por acción del agua. Los insectos de origen andino, tienen la capacidad de reproducirse a intervalos regulares (Iiap, 1994).

2.2.6.1. Origen de los entisoles

Los suelos son formaciones de rocas sueltas muy recientes que surgen sobre conos aluviales, planicies de inundación o montañas donde la erosión geológica está en equilibrio con el crecimiento del suelo (Inta, 2015).

2.2.6.2. Uso y Manejo de los entisoles

- Estos suelos no utilizados no son recomendables para actividades agrícolas intensivas
- El cultivo insuficiente de estos suelos puede acelerar la corrosión, por lo que se recomiendan prácticas agrotécnicas intensivas, especialmente cuando se dan en pendientes pronunciadas.
- En algunos casos, pueden usarse para criar ganado, cuando hay agua disponible, pueden usarse para cultivar arroz inundado.
- Como estas sustancias exhiben una fuerte hidrofilia, pueden asociarse con ecosistemas de humedales. Estos suelos deben ser cultivados y muchas veces se utilizan para protección o reforestación regular (Inta, 2015).
- Castañeda (2016) señala el uso y manejo de los suelos entisoles de la siguiente manera:

- Su conservación favorece la fauna silvestre, siendo esta la mejor forma de utilización y manejo.
- Presentan problemas de compactación y bajo grado de fertilidad.
- Su head limitación para su manejo child los procesos de ablación.
- Su manejo adecuado es con la incorporación de materiales orgánicos.
- Suelos de gran potencial para la agricultura tradicional, importantes por el control de inundaciones.

2.2.7. Aspectos generales del cacao

2.2.7.1. Aspecto botánico

- Nombre común : Cacao
- Nombre científico : Theobroma cacao L.
- Familia : Esteculiaceae o Malvaceae
- Origen : Originario de la Amazonía, luego se extendió a América Central, en especial a México.
- Regiones naturales : Selva alta o rupa rupa (entre 300 a 900 m.s.n.m.).
- Grupo genético : Criollo, Trinitario y Forastero amazónico
- Periodo vegetativo : Arbusto perenne, empieza producir: 5 – 6 años

(Minagri, 2015).

2.2.7.2. Descripción botánica

- **Planta**

El árbol es de tamaño mediano (5 - 8 m), sin embargo podría obtener una altura de 20 m cuando crece libre en una fuerte sombra. Densos, redondos, de 7 a 9 m.

- **Sistema radicular**

Raíz pivotante y tiene muchas secundarias, la mayoría de las cuales se ubican en los primeros 30 cm. de suelo.

- **Hojas**

Sencilla, entera, con un verde bastante variable (bistro claro, morado o rojizo, variedad verde claro) y una cola corta.

- **Flores**

Son pequeños y similares a frutas, se forman en pequeños racimos en los tejidos maduros de un año de edad de los tallos y ramas alrededor de donde se encuentran las hojas.

- **Fruto**

En cuanto a tamaño, tipo y forma, suelen tener forma de baya, 30 cm de largo, 10 cm de largo diámetro.

- **Semilla**

Al igual que los gránulos polimórficos en frutos, varían desde elípticos, ovoides hasta almendrados (en forma de almendra) con sección redondeada y compresión irregular (Misti, 2013).

2.2.8. Importancia

Theobroma cacao L. (cacao) es una de las especies principales de las selvas tropicales. Por lo tanto, su labranza se limita a regiones ubicadas a 20 grados de latitud norte y 20 grados de latitud sur. El cacao comercial se obtiene a partir de frutos secos: chocolate y manteca de cacao. (Garzaro, 1998, citado por Misti, 2013). También, es la única especie del género *Theobroma* ampliamente utilizada comercialmente.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área en estudio

El estudio se llevó a cabo en un área aproximadamente de una hectárea, que pertenece al señor ACUÑA SOBRADOS, Edmundo ubicada en el Centro Poblado Mayor de Tananta, se encuentra a 3.3 kilómetros de la ciudad de Tocache, con dirección al camino vecinal cerca al sector aeropuerto (Vivero de la Cooperativa Acepat).

3.1.1. Ubicación política

La zona de estudio se encuentra ubicada en:

Región : San Martín

Provincia : Tocache

Distrito : Tocache

3.1.2. Ubicación geográfica

Se encuentra ubicada entre las coordenadas UTM del empalme 18 J: Este 327059, Norte 9 101 390 y una altitud de 486 m.s.n.m.

3.1.3. Zona ecológica

De acuerdo con la clasificación de Holgrige (1987), el área en estudio se ubica en una zona ecológica correspondiente a un bosque muy húmedo premontano tropical (bmh PT).

3.1.4. Clima

El clima típico de la región es tropical húmedo. Humedad relativa 85,30%, temperatura media 25°C, precipitaciones superiores a 2500 mm/año (Villota, 1991).

3.1.5. Fisiografía

Las características geográficas del área de estudio incluyen llanuras y colinas de tierras bajas, montañas rocosas caracterizadas por bosques altos, baja o alta capacidad agronómica.

3.1.6. Relieve y suelo

El relieve topográfico varía de suave a ondulado, predominando los terrenos suaves. Los suelos son por lo general profundos, arcillo-Arenoso y de naturaleza sedimentaria,

con predominio de los Fluvisoles eutrícos o también llamado Entisoles (aluviales de morfología estratificada, textura variada y calcáreos).

3.1.7. Accesibilidad

La provincia se encuentra articulada al resto del territorio nacional mediante la carretera Fernando Belaunde Terry (ex marginal) el recorrido desde Tocache, haciendo un total de 15 Km. de carretera asfaltada llegando al Centro Poblado de Nueva Bambamarca, luego ingresando por una carretera afirmada con dirección al sector aeropuerto (Vivero de la Cooperativa Agraria Acepat) haciendo un total 3.3 Km.

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. Materiales

En la ejecución del estudio se utilizaron los siguientes materiales: bolsas plásticas de 2 kg, botas de jebe, cámara fotográfica, Carta Nacional, envases de plásticos, fichas de campo, impermeable, lapicero, lápiz y marcador, libreta de campo, machete, matraz, pala recta, papel bond A4 de 75 g, pipetas, penetrómetro, tamiz de 2 mm y 0,25 mm, termómetro, tubos de plástico, tubo muestreador y como insumos, ceniza de Palma, compost de Palma y lodo de Palma, como reactivos agua destilada y alcohol.

3.2.2. Equipos

Balanza de precisión, espectrofotómetro de absorción atómica, estufa y pH metro

3.3. Método y diseño de la investigación

3.3.1. Método de la investigación

El estudio fue realizado durante 8 meses en una plantación de cacao de 12 años, variedad CCN-51, con una densidad de siembra de 3 x 3 m, sin manejo tecnificado. Durante estos meses, las actividades de investigación han evolucionado en línea con las tareas planteadas.

3.3.2. Tipo de investigación

Este es un estudio aplicado porque se estudió la influencia de la dosis de fuentes orgánicas en el suelo sobre el provecho y la calidad del suelo en la producción de cacao. De igual forma, esto corresponde al nivel experimental del estudio cuando se manejó la variable

independiente y se comparó la variable dependiente medida en la plantación de cacao con la variable control absoluta.

3.3.2.1. Variable independiente

Las variables independientes fueron las dosis de las fuentes orgánicas en el rendimiento del cacao (Ceniza, compost, hojarasca y lodo).

3.3.2.2. Variables dependientes

Las variables dependientes evaluadas fueron: propiedades fisicoquímicas de los suelos. Producción del cacao

3.3.3. Componentes en estudio

Los componentes del presente estudio fueron:

- Las dosis de las fuentes orgánicas (Ceniza, compost, hojarasca y lodo)
- Muestras de suelos (que fueron obtenidos en campo y analizadas en el laboratorio).
- Producción del cacao.

3.3.4. Diseño de la investigación

Fue experimental con el diseño de BCA, con 4 tratamientos y 3 repeticiones para un total de 12 unidades experimentales. Para probar las hipótesis, se usó el método estadístico ANVA al 5% de nivel de significación para las repeticiones y tratamientos, y la prueba de amplitud de Duncan al 5% de nivel de significancia se usó para comparar los valores. Se utilizó el programa IBM SPSS 25 para procesar los datos. (Tabla 7).

Tabla 7. Fuentes y niveles de dosis a emplear en los tratamientos.

Tratamiento	Fuente	Niveles	Dosis
	Material orgánico	Nivel de aplicación	Dosis de aplicación (Tn/ha)
T ₁	Ceniza (F ₁)	F ₁ *N ₁	25
T ₂	Ceniza (F ₁)	F ₁ *N ₂	50
T ₃	Ceniza (F ₁)	F ₁ *N ₃	100

T ₄	Compost (F ₂)	F ₂ *N ₁	25
T ₅	Compost (F ₂)	F ₂ *N ₂	50
T ₆	Compost (F ₂)	F ₂ *N ₃	100
T ₇	Ceniza + lodo + compost (F ₃)	F ₃ *N ₁	25
T ₈	Ceniza + lodo + compost (F ₃)	F ₃ *N ₂	50
T ₉	Ceniza + lodo + compost (F ₃)	F ₃ *N ₃	100
T ₁₀	Hojasasca	F ₄ *N ₁	25
T ₁₁	Hojasasca	F ₄ *N ₂	50
T ₁₂	Hojasasca	F ₄ *N ₃	100
T ₁₃	Testigo (Sin material orgánico)	F ₅ *N ₀	0

3.4. Metodología

3.4.1. Evaluar el efecto de la dosis de fuentes orgánicas en el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo con *Theobroma cacao* L. (cacao)

3.4.1.1. Reconocimiento del área de investigación

Se realizó el reconocimiento y la delimitación del campo experimental, así como también la limpieza de esta.

3.4.1.2. Georreferenciación de la parcela

Se ubicó y georreferenció la parcela con cultivo de *Theobroma cacao* L. (cacao), con la finalidad de realizar el trabajo de campo referente a la investigación según la metodología del proyecto de tesis.

3.4.1.3. Muestreo de suelo

El muestreo de los suelos se desarrolló en cada unidad experimental, por muestreo aleatorio con 30 cm de profundidad, se recolectó 5 submuestras para tener una muestra compuesta de 1 kg y se trasladó al Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva y se analizaron sus características.

3.4.1.4. Densidad aparente

Para determinar el espesor de la malla, primero se colocan hornos de prueba, luego se despeja un espacio de 40 x 40 cm a cada lado, luego se coloca la cámara de metal con un martillo y apuntando hacia arriba en el suelo, y se cubre su superficie. Luego, se retira la cámara de muestra de suelo, los bordes de la cavidad de metal se sujetan con un cuchillo y el agrónomo los transporta al centro de análisis de suelos. Se registraron estimaciones de cámara y nuevo peso del suelo; Luego, la muestra de suelo se colocó en un asador a 105 °C durante 72 h y se registró la carga de suelo seco determinando el espesor de la fisura de acuerdo con la fórmula.

$$\text{Densidad aparente} \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right) = \frac{\text{Peso del suelo seco}}{\text{Volumen del suelo}}$$

3.4.1.5. Resistencia a la penetración del suelo

Para definir la resistencia del suelo, primero se deben ubicar los puntos de muestra, limpiar el sitio y cortar el suelo para introducir el instrumento horizontalmente en la sección transversal de la incisión hecha en el suelo, y luego registrar las lecturas en el suelo y el calibre de penetración se registra en kg/m².

3.4.1.6. Temperatura del suelo

La temperatura del suelo se determina en los puntos de muestra y los termómetros se colocan en el suelo y luego se registran los datos leyendo el termómetro.

3.4.1.7. Variables del suelo a evaluar

Para evaluar las propiedades del suelo de la parcela con el *Theobroma cacao* L. (cacao), se definieron los siguientes componentes fisicoquímicos del suelo, (Tabla 8).

Tabla 8. Propiedades físicas y químicas del suelo (variables).

Propiedades del suelo	
Indicadores físicos	Método de determinación
Textura del suelo	Método del hidrómetro de Bouyoucos
Densidad aparente	Método del cilindro
Densidad real	Por volumen, peso húmedo y seco
Temperatura del suelo	Método directo (termómetro)
Resistencia del suelo	Método directo (penetrómetro)

Indicadores químicos	
Materia orgánica	Método de Walkley y Black
Reacción del suelo	Método del potenciómetro
Aluminio intercambiable	Método de Yuan
Nitrógeno total	Método del micro-Kjeldahl
Fósforo disponible	Método del Olsen modificado
Potasio disponible	Extracción con acetato de amonio
Bases intercambiables	Reemplazamiento con acetato de amonio
CIC	Saturación con acetato de amonio

3.4.2. Evaluar el efecto de las fuentes orgánicas en el rendimiento del *Theobroma cacao* L. (cacao)

Se extrajeron los granos de cacao para determinar el rendimiento junto con la fermentación y el secado apropiados del grano a intervalos mensuales, el registro del peso para cada tratamiento y la replicación adecuada.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluar el efecto de la dosis de fuentes orgánicas en el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo con *Treobroma cacao* L. (cacao)

En la Tabla 9 muestra los resultados obtenidos de la prueba T al 5% de nivel de significación, evaluando la textura del suelo al inicio y al final, donde no se obtuvo diferencia estadística, no significativa al (p -valor < 0.05), y al inicio y final de la estimación de la textura del suelo, en el que se presentan suelos francos de textura media a media, con un grado de textura que va de franco a arcilloso, al respecto Panaifo (2018) en la determinación del efecto de las plantaciones de cacao en la comuna de Santa Rosa de Aplicación de abono orgánico sector Shapajilla-Tingo María. Al repetir la aplicación de fertilizantes orgánicos por 4 veces, y de manera similar, al tomar muestras del suelo al principio, a la mitad y al final de cada aplicación para determinar los parámetros físicos y químicos, se cree que los fertilizantes orgánicos no solo pueden mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo, sino que también aportan nutrientes para el desarrollo de las plantas. Por su parte Zavaleta, 1992., citado por Potesta (2018) menciona que los átomos del suelo se denominan limo, arena y arcilla, y cada uno se subdivide en fino, medio y grueso. Sus divisiones tienen escalas logarítmicas con extremos entre 0,002 mm, limo entre 0,002 y 0,063 mm y arena entre 0,63 y 2 mm. Grava de 2 a 20 mm, piedras mayores de 20 mm. Se estima que en este grupo existe una adherencia continua por influencia de la materia orgánica.

La estructura del suelo está compuesta por partículas minerales inorgánicas (arena, limo y arcilla) de diferentes tamaños (arena, limo y arcilla) que mantienen el equilibrio y la dimensión de varias reacciones físicas, químicas y biológicas; la textura del suelo está determinada por la textura porque determina el volumen de la superficie donde se produce la reacción, así como los cambios de plasticidad, permeabilidad, facilidad de laboreo del terreno, sequedad, fertilidad y productividad según la zona geográfica. (Buckman y Brady, 1966., citado por Tijero 2016).

Tabla 9. Comportamiento de la textura del suelo al inicio y al final de los tratamientos observados según la Prueba T.

Propiedades Físicas	INICIO		FINAL		p - valor
Ceniza (F1)	Franco	a	Franco	a	0.5525
Ceniza (F1)	Franco	a	Franco	a	0.2472

Ceniza (F ₁)	Franco	a	Franco	a	0.2731
Compost (F ₂)	Franco	a	Franco	a	0.5947
Compost (F ₂)	Franco arcilloso	a	Franco arcilloso	a	0.2024
Compost (F ₂)	Franco arcilloso	a	Franco	a	0.3595
Ceniza + lodo + compost (F ₃)	Franco	a	Franco	a	0.0633
Ceniza + lodo + compost (F ₃)	Franco	a	Franco	a	0.1284
Ceniza + lodo + compost (F ₃)	Franco arcilloso	a	Franco	a	0.3883
Hojarasca	Franco arcilloso	a	Franco arcilloso	a	0.5320
Hojarasca	Franco	a	Franco	a	0.2651
Hojarasca	Franco arcilloso	a	Franco	a	0.5200
Testigo (Sin material orgánico)	Franco arcilloso	a	Franco	a	0.2651

Letras iguales en una misma columna indican igualdad estadística ($p \leq 0.05$).

En la Tabla 10 muestra los resultados obtenidos de la prueba t al nivel de significancia del 5%, evaluando la porosidad del suelo al inicio y al final, donde no se obtuvo diferencia estadística, no significativa ($p\text{-value} < 0.05$). Al inicio y al final de la prueba de esponjosidad del suelo, se encontraron suelos con porosidad moderada. Asenjo (2001) Evaluación del intercambio de propiedades físicas del suelo con fertilizantes tipo bocashi aplicados a diferentes tratamientos bocashi: T1 (300 g), T2 (250 g), T3 (200 g), T4 (100 g) y T5 (0 g), analiza tres variables: densidad aparente, estabilidad estructural y densidad real. La mínima densidad aparente se presentó en los tratamientos 3 y 4, lo que indicó una mejora en el área porosa del suelo, favoreciendo un mayor almacenamiento de agua y un mejor desarrollo radicular de las plantas. Los tratamientos T₁, T₂ y T₃, redujeron la consistencia real del suelo.

La consistencia supuesta es primordial para los análisis de cantidad del suelo. Los resultados de la densidad asumida son críticos para prever la transferencia de humedad, el grado de formación de arcilla y la acumulación de carbonato en los perfiles de suelo. En comparación con los suelos minerales, los suelos orgánicos tienen una densidad aparente muy baja (Wooding, 1967., citado por Potesta, 2018), coincidiendo con los autores. Para Sánchez (2007), la densidad aparente necesita del grado de separación o porosidad del suelo, pero es un factor para la estimación de la profundidad y también depende de la superficie, material y estructura de la materia natural.

El grado de compactación del suelo está definido por la densidad real. Después del trabajo continuo de maquinaria pesada para compactar la capa arada del suelo, también es un valor estable. A diferencia de la densidad aparente, el primer volumen no se puede modificar

sólidos, mientras que el segundo varía más debido a la inestabilidad del suelo. En última instancia, la densidad aparente es dinámica y cambia según las condiciones estructurales del suelo. De nuevo, esta variabilidad se ha atribuido a factores como el pisoteo de animales, la maquinaria agrícola y el clima (Arskead et al., 1996; citado por Usda, 1999).

Tabla 10. Comportamiento de la porosidad del suelo al inicio y al final de los tratamientos observados según la Prueba T.

Propiedades Físicas	INICIO	FINAL	p - valor
Ceniza (F ₁)	49.43 ± 0.23 a	50.23 ± 0.32 a	0.1925
Ceniza (F ₁)	43.40 ± 2.36 a	40.25 ± 2.00 a	0.3272
Ceniza (F ₁)	49.06 ± 1.56 a	48.56 ± 1.45 a	0.1031
Compost (F ₂)	47.55 ± 2.30 a	48.62 ± 1.30 a	0.2047
Compost (F ₂)	51.32 ± 0.95 a	52.32 ± 1.25 a	0.2124
Compost (F ₂)	51.32 ± 1.47 a	52.02 ± 1.20 a	0.1995
Ceniza + lodo + compost (F ₃)	49.81 ± 3.23 a	50.26 ± 0.25 a	0.0733
Ceniza + lodo + compost (F ₃)	47.17 ± 1.78 a	46.23 ± 1.40 a	0.2084
Ceniza + lodo + compost (F ₃)	49.06 ± 0.26 a	50.23 ± 1.70 a	0.1683
Hojasca	47.55 ± 1.23 a	48.56 ± 2.01 a	0.6520
Hojasca	51.32 ± 1.45 a	50.23 ± 1.23 a	0.5351
Hojasca	52.83 ± 1.89 a	52.36 ± 1.00 a	0.8900
Testigo (Sin material orgánico)	49.43 ± 2.56 a	50.36 ± 1.54 a	0.5451

Letras iguales en una misma columna indican igualdad estadística ($p < 0.05$).

4.1.1. Evaluación de las propiedades químicas de las unidades exploratorias al inicio y final de la evaluación

4.1.1.1. Testigo

En la tabla 11 muestra los resultados obtenidos en la prueba T al nivel de significación del 5%, evaluada al inicio y al final de las diferentes propiedades químicas del suelo según el tratamiento testigo, sin diferencias significativas diferencia estadística, no significativa (valor $p < 0,05$), al inicio y al final de la evaluación química del suelo, alcanzándose una reacción extremadamente ácida, al inicio y al final de la evaluación, el contenido de materia orgánica varió de 3,91 (media) a 4,77 % (alto), que no es confiable (valor $p 0.1525$) y tampoco es representativo de las diferencias estadísticas, contenido de nitrógeno y fósforo, fósforo medio, K₂O e intercambiabilidad bajos, y contenido promedio de calcio y

magnesio. Rios (2014), en el mejoramiento de suelos degradados mediante la aplicación de fertilizante bocashi a 3 niveles (T1:200, T2:300 y T3:400) y evaluando sus efectos en el desarrollo de *sacha inchi* (*Plukenetia volubilis* L.) y su impacto en el suelo fertilidad, degradada por la acidificación en la finca San Felipe, se encontraron diferencias estadísticas, siendo mejor el agente T3, alcanzando 184 cm, mejoró la fertilidad del suelo, aumentó el pH de extremadamente ácido a fuertemente ácido; materia orgánica medio a alto; N bajo a medio; El valor promedio de P al inicio y al final, la acidez disminuyó de 69,01% a 4,94%, por lo que la saturación de Al del suelo disminuyó de 43,66% a 2,47%; afirma que el uso de bocashi fermentado es una alternativa eficaz al cultivo de *sacha inchi*, asegurando que el bocashi es un fertilizante orgánico importante para la restauración del suelo.

Rolando (2018) en la determinación del impacto de tres abonos orgánicos en plantaciones de cacao en Pendencia - Daniel Alomias Robles; determinar las propiedades químicas y las mejores medidas de tratamiento que tienen mayor influencia en el crecimiento en altura de los árboles de cacao. Se aplicaron fertilizantes orgánicos tres veces en cuatro tratamientos, evaluando el suelo al inicio, medio y final del proceso para determinar parámetros químicos (pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio). Se evaluaron los siguientes tratamientos: T0 = testigo, T1 = 5 kg de compost/planta, T2 = 130 ml de microorganismos efectivos (EM)/planta y T3 = 2,5 kg de compost y 65 ml de microorganismos efectivos objeto/árbol. Los resultados mostraron que había una diferencia en el contenido de fósforo del suelo en T1 (compost) de 7,66 ppm en comparación con T3 (compost + ME) de 6,68 ppm, T2 (ME) de 6,28 ppm y T0 de 4,92 ppm, mientras que otros químicos Los parámetros no tienen diferencia al principio y al final de la evaluación entre tratamientos.

Por otro lado, Potesta (2018) en su estudio sobre evaluación del efecto del abono orgánico líquido por método de humectación sobre las características del suelo y la producción de cacao orgánico (*Theobroma cacao* L.) en Alto Palcazu, Distrito de Palcazu, Provincia de Oxapampa. -Pasco, utilizando un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) que consta de 4 tratamientos y 3 repeticiones, donde T1: testigo absoluto, T2: 200 ml/abono orgánico líquido (agua de riego), T3: 400 ml/tiempo de riego y T4: 600 ml / árbol caído. Los resultados mostraron el efecto de $p < 0.1$ en el rendimiento de cacao, T3 ha mostrado mejor capacidad de replicación, mostrando mayor eficiencia (1 kg/ha). Sustancias químicas importantes del suelo, pH, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ y Al³⁺ no mostró un efecto estadísticamente significativo ($p < 0.05$), excepto para la materia orgánica. Llegamos a la conclusión que la aplicación de fertilizantes orgánicos líquidos a través del riego no mejora la calidad del suelo.

Tabla 11. Comportamiento de las propiedades químicas al inicio y al final del establecimiento del tratamiento testigo (To) según la Prueba T.

Propiedades Químicas	INICIO		FINAL		p - valor
pH	4.09 ± 0.05	a	4.20 ± 0.18	a	0.4924
M.O (%)	3.91 ± 1.19	a	4.77 ± 0.74	a	0.1525
N (%)	0.16 ± 0.05	a	0.20 ± 0.04	a	0.1472
P (ppm)	13.95 ± 7.22	a	14.10 ± 4.42	a	0.9731
K ₂ O (kg.ha ⁻¹)	140.02 ± 80.43	a	139.52 ± 109.24	a	0.9947
CIC (meq/100 g de suelo)	8.17 ± 2.55	a	11.12 ± 0.72	a	0.2024
Ca (meq/100 g de suelo)	4.87 ± 1.22	a	6.05 ± 0.54	a	0.3595
Mg (meq/100 g de suelo)	1.70 ± 0.26	a	2.24 ± 0.22	a	0.1633
Al (meq/100 g de suelo)	2.76 ± 0.72	a	1.50 ± 0.75	a	0.1284
H (meq/100 g de suelo)	0.85 ± 0.08	a	1.33 ± 0.71	a	0.3883

Letras iguales en una misma fila indican igualdad estadística ($p \leq 0.05$).

4.1.1.2. Ceniza (F1)

La Tabla 12 muestra los resultados producidos en la prueba T al 5% de nivel de significancia evaluado inicialmente y al final para las diferentes reacciones químicas del suelo a la fuente de cenizas orgánicas. Cuando no se obtuvo diferencia estadísticamente significativa (valor $p < 0,05$), al inicio y al final de la evaluación, los parámetros químicos fueron: pH extremadamente ácido, contenido de fosfato bajo en fósforo, K₂O y capacidad de intercambio, y contenido moderado de calcio y magnesio.

Mientras que la diferencia estadística al inicio y al final de la evaluación se presenta en los parámetros, donde el bajo contenido de materia orgánica 1.71% al inicio y alto contenido 4.35% al final fue significativo (p valor 0.0142), el nitrógeno pasó de un bajo de 0.08% a un contenido promedio de 0.20% (valor p 0.0399). Araya y otros. (2015) aplicación de fertilizantes de lluvia, investigué el uso de fertilizantes líquidos con silicio, calcio y magnesio en el cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor*) en Ultisol en invernadero. La utilización de Ca y Mg en el crecimiento de las plantas y la lixiviación de nutrientes del sorgo se ha incrementado significativamente. CaCO₃ forma los niveles más altos de biomasa seca y es permeable al nitrógeno, fósforo, calcio, azufre, cobre, zinc, manganeso y boro. El origen del silicio no tuvo un efecto adecuado sobre la biomasa de sorgo, sobre la desigualdad del silicato de potasio con el calcio y el magnesio a la dosis de 4 ml. pot-1, también provocó un aumento

significativo en la hidratación de potasio. El CaCO_3 y el óxido de magnesio aumentaron significativamente el pH, reduciendo la acidez y el aluminio intercambiable, y también aumentó la cantidad de calcio y magnesio en el suelo.

Tabla 12. Comportamiento de las propiedades químicas del suelo al inicio y al final de la incorporación de ceniza *según* la Prueba T.

Propiedades Químicas	INICIO	FINAL	p - valor
pH	4.13± 0.12 a	4.10 ± 0.30 a	0.8811
M.O (%)	1.71 ± 0.53 a	4.35 ± 0.60 b	0.0142
N (%)	0.08 ± 0.03 a	0.20 ± 0.03 b	0.0399
P (ppm)	5.51 ± 1.52 a	7.83 ± 1.64 a	0.2694
K ₂ O (kg.ha ⁻¹)	189.92 ± 70.22 a	55.51 ± 27.28 a	0.0565
CIC (meq/100 g de suelo)	10.83 ± 6.73 a	12.92 ± 1.49 a	0.6172
Ca (meq/100 g de suelo)	6.66 ± 5.65 a	5.76 ± 0.38 a	0.8176
Mg (meq/100 g de suelo)	1.28± 0.65 a	1.99 ± 0.24 a	0.2815
Al (meq/100 g de suelo)	2.09 ± 0.67 a	2.67 ± 1.02 a	0.5230
H (meq/100 g de suelo)	0.80 ± 0.32 a	2.50 ± 0.96 a	0.1171

Letras iguales en una misma fila indican igualdad estadística ($p \leq 0.05$).

4.1.1.3. Compost (f2)

La Tabla 13 muestra lo que se obtuvo con la prueba T al 5 % de nivel de significancia evaluado inicialmente y al final para diferentes químicas del suelo en respuesta a la inclusión de compost. En caso de no alcanzar una diferencia estadísticamente significativa (valor $p < 0,05$), al inicio y al final de la evaluación, mediciones químicas: a pH extremadamente ácido y bajo fósforo, K₂O e intercambiabilidad, medio para materia orgánica y nitrógeno, medio para calcio y magnesio.

A su vez, con la diferencia estadística al inicio y al final de la evaluación se muestran los parámetros, mientras que la materia orgánica al principio alcanzó el contenido promedio de 2,30% y al contenido alto de 4,60%, es significativo (valor p 0,0367) así como su contenido de nitrógeno desde un mínimo de 0,12% hasta un promedio de 0,23% (p -valor 0,0399). Paredes y otros. (2004) fomentan la producción de fertilizantes orgánicos para desarrollar el cultivo del cacao. Los fertilizantes orgánicos sólidos como compost, bocashi y biofertilizantes líquido se elaboran a partir de los residuos de la misma zona de cultivo, estiércol, melaza y algunos minerales.

Anton (1992) argumenta que el tipo de compost más común es el compost elaborado a partir de residuos sólidos municipales; donde se utiliza una fracción orgánica fermentable para separarla de los materiales no deseados, en caso de residuos del procesamiento de vegetales, dado que los residuos orgánicos pueden separarse completa y fácilmente del resto, este tipo de residuos pueden considerarse adecuados y deseables para el compostaje.

Tabla 13. Comportamiento de las propiedades químicas del suelo al inicio y al final de la incorporación de compost *según* la Prueba T.

Propiedades Químicas	INICIO		FINAL		p - valor
pH	4.00 ± 0.12	a	4.03 ± 0.12	a	0.8811
M.O (%)	2.30 ± 1.04	a	4.60 ± 0.31	b	0.0467
N (%)	0.12 ± 0.05	a	0.23 ± 0.01	b	0.0422
P (ppm)	8.06 ± 1.72	a	8.43 ± 4.25	a	0.9230
K ₂ O (kg.ha ⁻¹)	352.91 ± 149.06	a	59.11 ± 34.35	a	0.1026
CIC (meq/100 g de suelo)	9.18 ± 2.61	a	11.92 ± 0.36	a	0.1904
Ca (meq/100 g de suelo)	4.19 ± 2.35	a	5.72 ± 0.17	a	0.3906
Mg (meq/100 g de suelo)	1.29 ± 0.56	a	2.06 ± 0.02	a	0.1434
Al (meq/100 g de suelo)	2.82 ± 0.13	a	2.17 ± 0.21	a	0.1778
H (meq/100 g de suelo)	0.89 ± 0.19	a	1.2 ± 0.15	a	0.1216

Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

4.1.1.4. Ceniza + lodo + compost (f3)

La Tabla 14 muestra los resultados conseguidos en la prueba T al 5% de nivel de significación, evaluados primero y último para diferentes químicas del suelo según la reacción con ceniza + arcilla + compost. A falta de estadísticas, la diferencia no es significativa (valor $p < 0,05$), al inicio y al final de la evaluación, los parámetros químicos: pH extremadamente ácido y bajo en fósforo, K₂O y capacidad de intercambio, medio en materia orgánica y nitrógeno y contenido moderado de calcio y magnesio.

Por otro lado, dada la diferencia estadística al inicio y al final de la evaluación, los resultados de la evaluación se presentan con la letra H, en 0.94 meq/100 g suelo al inicio, y al final de la evaluación como 2, 37 meq/100 g de suelo.

se restauraron suelos degradados mediante fertilización con bokashi a tres niveles (T1:200, T2:300 y T3:400) y sus efectos en la degradación de sachá inchi

(*Plukenetis volubilis* L.) y fertilidad del suelo en la finca San Felipe. Las diferencias estadísticas mostraron que el tratamiento T3 fue mejor, mejoró la condición de fertilidad del suelo, aumentó el valor de pH, disminuyó la materia orgánica, N, P, acidez y por lo tanto disminuyó la saturación de aluminio del suelo, lo que sugiere que el uso de fertilizantes fermentados como bocashi es beneficioso para el cultivo de Sacha inchi: un fertilizante orgánico importante para la mejora del suelo.

Tabla 14. Comportamiento de las propiedades químicas del suelo al inicio y al final de la incorporación de ceniza+lodo+compost según la Prueba T.

Propiedades Químicas	INICIO	FINAL	p - valor
pH	3.98 ± 0.25 a	3.05 ± 0.10 a	0.9261
M.O (%)	3.71 ± 1.68 a	3.99 ± 1.18 a	0.4449
N (%)	0.17 ± 0.08 a	0.18 ± 0.06 a	0.3828
P (ppm)	15.73 ± 18.90 a	9.11 ± 4.51 a	0.6497
K ₂ O (kg.ha ⁻¹)	99.88 ± 35.78 a	90.19 ± 49.14 a	0.8600
CIC (meq/100 g de suelo)	9.76 ± 0.46 a	12.53 ± 1.43 a	0.1257
Ca (meq/100 g de suelo)	4.20 ± 2.38 a	5.46 ± 0.25 a	0.4440
Mg (meq/100 g de suelo)	1.13 ± 0.58 a	2.04 ± 0.28 a	0.1876
Al (meq/100 g de suelo)	3.49 ± 2.06 a	2.67 ± 0.81 a	0.3752
H (meq/100 g de suelo)	0.94 ± 0.42 a	2.37 ± 0.83 b	0.0304

Letras iguales en una misma fila indican igualdad estadística ($p \leq 0.05$).

4.1.1.5. Hojarasca (T4)

La Tabla 15 muestra los resultados obtenidos con la prueba T al 5% de nivel de significación, evaluados primero y último para diferentes químicas del suelo que responden a la combinación de revestimiento. En el caso de que no se obtenga una diferencia estadística no confiable (valor $p < 0,05$), entonces al principio y al final de la evaluación, se presentan los parámetros químicos del suelo en esta ubicación extremadamente ácida, al principio y al final de la evaluación, el valor medio del contenido de sustancias no es significativo (valor $p 0,3046$), al inicio y al final de la evaluación no hay diferencia, el nitrógeno y el fósforo tienen un contenido medio, medio, K₂O bajo e intercambio de calcio y magnesio medio.

Asimismo para Suquilandia (2005); Citando a Rolando (2018), el compost es el producto final obtenido de la biodegradación de la materia orgánica en

condiciones controladas de humedad y temperatura, entre 50 y 70 °C, resultando en la destrucción de los factores patógenos y, por tanto, en la inocuidad absoluta del producto.

Tabla 15. Comportamiento de las propiedades químicas del suelo al inicio y al final de la incorporación de hojarasca según la Prueba T.

Propiedades Químicas	INICIO		FINAL		p - valor
pH	4.14 ± 0.07	a	3.99 ± 0.16	a	0.1137
M.O (%)	3.71 ± 1.13	a	3.99 ± 1.13	a	0.2946
N (%)	0.12 ± 0.05	a	0.18 ± 0.05	a	0.3076
P (ppm)	15.90 ± 19.23	a	8.44 ± 5.75	a	0.6081
K ₂ O (kg ha ⁻¹)	172.26 ± 75.92	a	83.26 ± 70.71	a	0.3692
CIC (meq/100 g de suelo)	8.76 ± 2.39	a	12.05 ± 1.29	a	0.1487
Ca (meq/100 g de suelo)	4.57 ± 2.70	a	5.53 ± 0.44	a	0.6792
Mg (meq/100 g de suelo)	1.34 ± 0.68	a	1.95 ± 0.18	a	0.3356
Al (meq/100 g de suelo)	2.20 ± 0.76	a	2.47 ± 0.93	a	0.7911
H (meq/100 g de suelo)	0.65 ± 0.19	a	0.68 ± 0.15	a	0.1060

Letras iguales en una misma fila indican igualdad estadística ($p \leq 0.05$).

4.2. Evaluar el efecto de las fuentes orgánicas en el rendimiento del *Theobroma cacao* L. (cacao)

La Tabla 16 muestra que el ANVA es consistente con la evidencia estadística de que el rendimiento del cacao está directamente influenciado por las fuentes orgánicas, muy significativo (valor $p < 0,0001$) al nivel de significación del 0,5 %, y también representa un coeficiente de variación del 14,46 %, lo que indica una buena homogeneidad y baja dispersión de las estimaciones. De igual manera, Potesta (2018) evaluó el efecto del abono orgánico líquido sobre las propiedades del suelo y la producción de cacao orgánico (*Theobroma cacao* L.) por maceración en el centro poblado Alto Palcazu, distrito de Palcazu, provincia Oxapampa. Se usó un sistema de bloques completamente al azar (DBCA) que consta de 4 tratamientos y 3 repeticiones con T1: testigo absoluto, T2: 200 ml/líquido (impregnado), T3: 400 ml/planta se riega y T4: 600 ml/remojo de planta. Los resultados demuestran que $p < 0.1$ tiene un efecto significativo en el rendimiento de cacao, el cual aumenta significativamente en el caso de la aplicación de fertilizante orgánico líquido.

Tabla 16. ANVA de rendimiento del cacao por las diferentes fuentes orgánicas incorporadas en las parcelas en estudio.

F.V	GL	SC	CM	F	P-Valor
Modelo	4	1660.75	415.19	129.41	<0.0001
Rendimiento	4	1660.75	415.19	129.41	<0.0001
Error	8	32.08	3.21		
Total	12	1692.83			

ANVA con una probabilidad del 95%

En la Tabla 17 muestra según prueba Duncan a un nivel de significancia $\alpha=0.05$, que existe un efecto significativo (p valor <0.0001), estadísticamente presentan diferencias entre los tratamientos, sobre el rendimiento del cacao, siendo Ceniza y compost que presentaron mejor respuesta por la igualdad de medias, siendo superior a las demás, con 10.09 y 9.24 (t.ha⁻¹) respectivamente, asimismo presento un coeficiente de variación (CV) de 14.46% mostrando homogeneidad y poca dispersión en los datos evaluados y un $r^2 = 0.98$ indicando que el modelo presenta el 98% de la variabilidad absoluta expresado por influencia del tratamiento. Para Potesta (2018) La producción mundial de cacao (*Theobroma cacao* L.) es de 485 kg/ha, y el rendimiento promedio de Perú es de 650 a 700 kg/ha, ligeramente superior al promedio mundial. Sin la veda, no estamos ni cerca de los rendimientos de Guatemala y Tailandia, donde en 2013 ya superaban las 3000 y 2,6 t/ha. Paredes (2000) argumenta que la baja producción de cacao a nivel nacional, los bajos precios por la volatilidad de los mercados bursátiles internacionales y la incidencia de la candidiasis del cacao hacen de esta actividad un incentivo para la producción agrícola. Es bien sabido que la selva peruana tiene una enorme diversidad genética, y el cacao en particular es uno de los cultivos potenciales que los productores pueden aprovechar muy bien con técnicas sencillas..

Tabla 17. Medias de rendimiento (t.ha⁻¹), producida por las diferentes tratamientos, en las parcelas en estudio según prueba Duncan $\alpha=0.05$.

Tratamientos	Medias de t.ha ⁻¹ ± DE
T ₁ <i>Ceniza</i>	10.9 ± 1.95 a
T ₂ <i>Compost</i>	9.24 ± 1.16 a
T ₃ <i>Ceniza+lodo+compost</i>	7.98 ± 0.46 b
T ₄ <i>Hojasasca</i>	4.5 ± 0.05 c
T ₀ <i>Testigo</i>	3.99 ± 0.07 c
P valor	<0.0001

CV	14.46
r^2	0.98

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según prueba Duncan aun nivel de significancia del 5%, DE (desviación estándar)

La Figura 2 muestra la cantidad en $t.ha^{-1}$ de fuentes orgánicas que se necesita incorporar al suelo, estadísticamente presentan diferencias entre los tratamientos, sobre el rendimiento del cacao, siendo Ceniza y compost que presentaron mejor respuesta por la igualdad de medias, superando a las demás fuentes orgánicas. mostrando homogeneidad y poca dispersión en los datos evaluados e influenciados por los tratamientos.

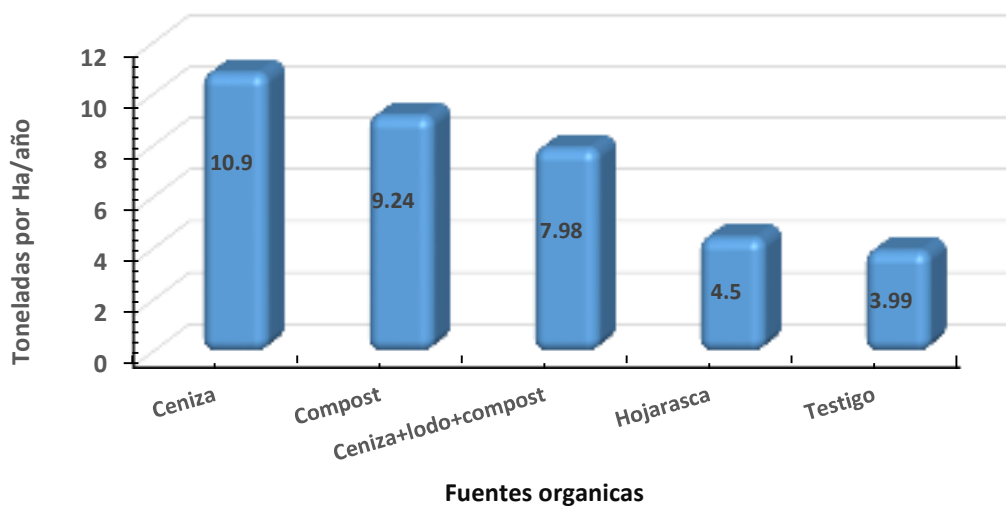


Figura 2. Rendimiento de cacao por efecto de las fuentes orgánicas incorporadas en el suelo

V. CONCLUSIONES

1. El efecto de las dosis de las fuentes orgánicas en el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo estadísticamente no son significativas, a excepción de la materia orgánica.
2. Las fuentes orgánicas ceniza y compost presentan efectos positivos en el rendimiento del *Theobroma cacao* L (cacao) y estadísticamente son altamente significativos.

VI. PROPUESTA AFUTURO

1. Para condiciones de suelo acido se debe, aplicar enmiendas calcáreas (cal o Dolomita) para corregir el pH y mejorar la disponibilidad de los nutrientes en el suelo.
2. Para obtener mejores resultados en la producción del Theobroma cacao L. (cacao) se deben de complementar con la utilización de fertilizantes orgánicos líquidos y con ello se mejorará el sistema de uso del suelo

VII. REFERENCIAS

- Antón, F. (1992). Compostaje de los residuos orgánicos: Urbanos y Agrarios. I Problemática de los residuos orgánicos. Cuadernos de Fitopatología 1, septiembre. 113-121 p.
- Agriculturers. (2014). La importancia de la materia orgánica en el suelo. Red de especialistas en agricultura. Medellín, Colombia [En línea]: (<http://agriculturers.com/la-importancia-de-la-materia-organica-en-el-suelo/>), documento web, 05 de junio del 2018).
- Araya, M.A., Camacho, M.E., Molina, E., Cabalceta, G. (2015). Evaluación de fertilizantes líquidos con silicio, calcio o magnesio sobre el crecimiento del sorgo en invernadero. *Agronomía Costarricense* 39(2):47-59. Disponible en: <http://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v39n2/0377-9424-ac-39-02-00047.pdf>.
- Castañeda, P. (2016). Entisoles. Ingeniería Geográfica y Ambiental. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambiental. Bogotá, Colombia [En línea]: (<https://es.slideshare.net/paula05039/entisoles>), documento web, 05 de junio del 2018).
- Cepeda, D. (1991). Química de suelos. 2da. Edi. Trillas S.A-, Mexico. 167 p.
- DE LA ROSA, D., VELASCO, J., VOLKE, T., (2005). Suelos Contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación, Secretaria de Medio ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Impreso en México. p. 19-31.
- Escalante, V. (2011). Efecto de abonos orgánicos en la obtención de plantones de dos variedades de café (*Coffea arábica*). Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 99 p.
- Hidalgo, A. (2017). Efecto del compost de residuos municipales biodegradables y bocashi en el crecimiento de plantones de cacao -Tingo María. Perú. 45 p.
- Holdridge, L. (1987). Ecología basada en zona de vida. Centro Tropical de Investigación y de Enseñanza. Costa Rica. 216 p.
- Félix Herrán, J.A. (2008) Importancia de los abonos orgánicos. Ingeniero Bioquímico (con Mención Honorífica) por el Instituto Tecnológico de Los Mochis, Los Mochis, Sinaloa. Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente del Centro Interdisciplinario para la Investigación de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR-IPN, Unidad Sinaloa), Guasave, Sinaloa, México. Facilitador Educativo (Profesor) de la Carreras de Ingeniería Forestal e Ingeniería en Desarrollo Sustentable de la Universidad Autónoma Indígena de México.

- Ferreras L, Magra G; Besson P; Kovalevski E; García F., (2007). Indicadores de calidad física en suelos de la región pampeana norte de argentina bajo siembra directa. *Ci. Suelo (Argentina)* 25(2): 159-172 p.
- Garbanzo, L.G., Molina, R.E., Cabalceta, A.G. (2016). Efecto de la aplicación de enmiendas líquidas en el suelo y en el crecimiento de maíz bajo condiciones de invernadero. *Agronomía Costarricense* 40(2): 33- 52. Disponible en: <http://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v40n2/0377-9424-ac-40-02-00033.pdf>
- García, J., y Moreno, L. (2015). Respuestas fisiológicas de *Theobroma cacao* L. en etapa de vivero a la disponibilidad de agua en el suelo. [En línea]: (<http://isij.in/articles/ijsei/vol03-issue01/40ijsei.pdf>, documento en pdf revisado el 20 de abril del 2018).
- García, L.; Guarda, D.; Chia, J., y García, V. (2012). Importancia de la bioprospección para el rescate del cacao “criollo” y nativo. [En línea]: (<https://censalud.ues.edu.sv/CDOCDeployment/documentos/BIOPRO~1.pdf>, revisado el 15 de mayo del 2018).
- Guerrero, A. (2000). El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. 2ª reimpresión. Edit. Aedos S.A. España.
- González A. T. (2018). Efecto de dos abonos orgánicos en el crecimiento de plantones de cacao (*Theobroma cacao*) de los clones CCN – 51 E IMC – 67 en vivero. Tesis Ingeniero Agrónomo. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 96 p.
- Huamancayo, G. (2011). Efecto del bocashi en las propiedades del suelo y en el crecimiento del cacao (*Theobroma cacao* L.) fase vivero en Santa Rosa – Naranjillo. Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 51 p.
- Iglesias, R. (2015). Las diversas fuentes de compuestos orgánicos que existen. Cali, Colombia [En línea]: (<https://fuentesde.com/compuestos-organicos/>, documento web, 07 de junio del 2018).
- Iiap. (1994). Estudios de inventario y evaluación de suelos en la región de Loreto. Documento técnico N° 06. Iquitos, Perú [En línea]: (<http://www.iiap.org.pe/upload/publicacion/st006.pdf>, documento pdf, 05 de Junio del 2018).
- Inta. (2015). Suelos de Costa Rica orden entisol. Boletín técnico 2. San José, Costa Rica [En línea]: (<http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/Av-1822.PDF>, documento pdf, 05 de junio del 2018).

- Loli, F.O. (2012). Análisis de suelos y fertilización en el cultivo de café. Guía técnica UNALM-Agrobanco. Tocache San Martín -Peru. 2012: 28. [Citado el 14 de agosto 2018]. Disponible en: <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/011-c-cafe.pdf>
- López Mtz., José Dimas; Díaz Estrada, Antonio; Martínez Rubin, Enrique; Valdez Cepeda, Ricardo D. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz Terra Latinoamericana, vol. 19, núm. 4, octubre-diciembre, 2001, pp. 293-299. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México.
- Llerena, L.; Bermeo, C., y Plaza, P. (2017). Evaluación de diferentes tipos de sustratos en vivero de cacao (*Theobroma Cacao* L.). [En línea]: (<http://isij.in/articles/ijsei/vol03-issue01/40ijsei.pdf>, documento en pdf, revisado el 20 de abril del 2018).
- Minagri. (2015). Requerimientos agroclimáticos del cultivo de cacao. Juanjuí, Perú [En línea]: (<http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/ais-2015/ficha11-cacao.pdf>, documento pdf, 08 de junio del 2018).
- Misti. (2013). Cultivo de cacao, Iquitos, Perú [En línea]: (<http://www.infocafes.com/descargas/biblioteca/157.pdf>, documento pdf, 08 de junio del 2018).
- Navarro, G. (2003). Química agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales en la vida vegetal. 2 ed. Mundi Prensa, España.
- Panaifo, G. J. (2018). Fertilización orgánica en una plantación de cacao del sector Santa Rosa de Shapajilla – Tingo María. Tesis para optar el título de Ingeniero en Conservación de Suelos y Agua. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 91 p.
- Pinchi, H. (2009). Efecto de diferentes dosis de bokashi EM, sobre el crecimiento en vivero de plantas de castaña (*Bertholletia excelsa* HBK) producidas en tubetes. Tesis para optar el título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 46 p.
- Porta, M., López, A., Roquero, C. (1999). Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 2ed. Ediciones Mundi Pren. Bilbao, España. 622 p.
- Potesta, Cayetano. J. S. (2018). Efecto del Abono Orgánico Líquido Bajo Técnica Drench En las Propiedades del Suelo y la producción del cacao (*Theobroma cacao*) Orgánico en el Centro Poblado Palcazu. Tesis Ingeniero en recursos naturales renovables mención en conservación de suelos y agua. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 86 p.

- Reátegui, M. (2010). Evaluación del efecto de tres abonos orgánicos para el crecimiento de *Colubrina glandulosa* Perkins (*Shaina*) en fase de vivero en Tingo María. Tesis para optar el título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables mención en Ciencias Forestales. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 66 p.
- Recavarr, S. (2009). Efecto de tres tipos de abonos orgánicos, en el crecimiento de *Guazuma crinita* (bolaina blanca), en Tingo María. Tesis para optar el título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. mención Ciencias Forestales. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María Perú. 44 p.
- Rengifo, M. (2011). Aislamiento e identificación de fungi y bacterias presentes en abonos orgánicos bocashi en el distrito de Daniel Aloma Robles. Tesis para optar el título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables mención Ciencias Forestales. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 78 p.
- Ríos, D. (2014). Aplicación del bocashi en el crecimiento del sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) y en la recuperación de un suelo degradado de la finca san Felipe. Tesis para optar el título de Ingeniero en Recursos Naturales. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Lima, Perú. 80 p.
- Rivas, T. (2013). Efecto de dosis de abono orgánico compuesto en dos variedades de café (*Coffea arábica*), en la fase de vivero. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 77 p.
- Rojas, J. (2010). Fuente de los compuestos orgánicos. Tijuana, México [En línea]: (<http://quimicaorganicaainscarmen.blogspot.com/2010/10/fuentes-de-los-compuestos-organicos.html>), documento web, 07 de junio del 2018).
- Rolando, C. C. R. (2018). Efecto de abonos orgánicos sobre las propiedades químicas del suelo en una plantación de cacao Pendencia – Daniel Alomía Robles. Tesis para optar el título de Ingeniero en Conservación de Suelos y Agua. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 87 p.
- Sagarpa (2012). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Subíndice de Uso Sustentable del Suelo – Metodología de Cálculo. [En Línea]: SMYE, (http://smye.info/rn/ind_fin/suelos/Documento_metodologico_suelos.pdf, 02 setiembre 2021).
- Sánchez, J. (2007). Fertilidad de suelos y nutrición mineral de plantas. FERTITEC S.A. 19 p.

- Sánchez, P. (1981). Suelos del Trópico Características y Manejo. Traducido por Edilberto Camacho, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José, Costa Rica. 634 p.
- Santiago, J. (2017). Fuentes de nutrientes para la fertilización orgánica. Bogotá, Colombia [En línea]: (<http://www.hortalizas.com/proteccion-de-cultivos/fuentes-de-nutrientes-en-la-fertilizacion-organica/>), documento web, 07 de junio del 2018).
- Soil Survey Staff. (1993). Soil survey manual. United States Department of Agriculture. Hnbk no. 18 U.S. Gov. Printing Office, Washington, DC.
- Tijero, J. (2016). Evaluación y estimación del carbono almacenado en tres sistemas agroforestales en el distrito de José Crespo y Castillo. Tesis Ingeniero en recursos naturales renovables mención en conservación de suelos y agua. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 129 p.
- Usda. (1999). Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Departamento de agricultura de los Estados Unidos. 88 p.
- Valerio, J., Molina E. (2012). Evaluación de una fuente enmienda líquida en el rendimiento del arroz en un ultisol de la zona norte de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 36(1):89-96. Disponible en: http://www.mag.go.cr/rev_agr/v36n01_089.pdf
- Villota, H. (1991). Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de las Tierras. IGAC-Bogotá. 212 p.}
- Zavaleta, G. (1992). Edafología. El suelo en relación con la producción. Consejo Nacional de Concentración y Tecnología. Lima, Perú.

ANEXO

Anexo 1. Panel fotográfico



Figura 3. Verificando la parcela con cultivo de cacao



Figura 4. Muestreo de suelo al inicio de la investigación



Figura 5. Medición de la temperatura del suelo



Figura 6. Medición de la resistencia a la penetración del suelo.



Figura 7. Medición de la parcela con cultivo de cacao



Figura 8. Revisando los frutos del cacao



Figura 9. Incorporación de ceniza al suelo



Figura 10. Incorporación de compost al suelo



Figura 11. Incorporación de ceniza+lodo+compost al suelo

