

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN CONSERVACIÓN DE
SUELOS Y AGUA



“EFECTO DE MANEJO ORGÁNICO EN EL RENDIMIENTO DE *Theobroma cacao*
L. (CACAO) Y CALIDAD DE SUELO EN EL FUNDO SAN JUAN, DISTRITO
DANIEL ALOMÍA ROBLES”

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN CONSERVACION DE SUELOS Y AGUAS

PRESENTADO POR:

MORA CALIXTO JEANPIERS ALEXANDER

Tingo Maria – Perú

2023





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María- Perú
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N°033-2023-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 03 de abril de 2023, a horas 7:00 p.m. 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 MANEJO ORGANICO EN EL RENDIMIENTO DE *Theobroma cacao* L. (CACAO) Y CALIDAD DE SUELO EN EL FUNDO SAN JUAN, DISTRITO DANIEL ALOMIA ROBLES”

Presentado por el Bachiller: **MORA CALIXTO JEANPIERS ALEXANDER**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de “**MUY 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, 03 de mayo de 2023

Ing. M.Sc. **JOSE LEVANO CRISOSTOMO**
PRESIDENTE



Ing. M.Sc. **SANDRO RUIZ CASTRE**
MIEMBRO

Ing. M.Sc. **OSCAR CABEZAS HUAYLLAS**
MIEMBRO

Dr. **NELINO FLORIDA ROFNER**
ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL
(RIDUNAS)

Correo: repositorio@unas.edu.pe



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 145 - 2023 - CS-RIDUNAS

El Coordinador de la Oficina de Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El trabajo de investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Facultad:


Facultad de Recursos Naturales Renovables

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de investigación	
-------	---	--------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
“EFECTO DE MANEJO ORGÁNICO EN EL RENDIMIENTO DE Theobroma cacao L. (CACAO) Y CALIDAD DE SUELO EN EL FUNDO SAN JUAN, DISTRITO DANIEL ALOMÍA ROBLES”	MORA CALIXTO JEANPIERS ALEXANDER	23% Veintitrés

Tingo María, 12 de junio de 2023


Mg. Ing. García Villegas, Christian
Coordinador del Repositorio Institucional
Digital (RIDUNAS)

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN CONSERVACIÓN DE
SUELOS Y AGUA



“EFECTO DE MANEJO ORGÁNICO EN EL RENDIMIENTO DE *Theobroma cacao*
L. (CACAO) Y CALIDAD DE SUELO EN EL FUNDO SAN JUAN, DISTRITO

DANIEL ALOMÍA ROBLES

Autor : Bach. Mora Calixto, Jeanpiers Alexander

Asesor(es) : Dr. Florida Rofner, Nelino

Programa de investigacion : Ciencias Basicas

Linea de investigacion : Fisicos y Quimicos del suelo

Eje tematico : Practicas y uso de manejo que mejoren la calidad de suelo.

Lugar de ejecucion : Fundo San Juan – Daniel Alomias Robles

Duracion de programa : 6 meses

Financiamiento : 11 635,5

FEDU : No

Propio : Si

Otros : No

Tingo Maria – Perú

2023

DEDICATORIA

A Dios, porque siempre me guía por el buen camino, por darme las fuerzas que necesito para seguir adelante y afrontar los problemas que se presentan, enseñándome a afrontar y a superar las limitaciones sin perder los buenos valores.

A mis padres y abuelos: Jenny Silvia Calixto Rodríguez y Alex Mora pinedo, Ida Rodríguez camavilca y Zósimo Calixto Jaimes, por sus consejos, enseñanza y apoyo que me brindaron en todo momento.

A mis hermanos: Patrick Giussepe Mora Calixto, Karla Nicole Mora Calixto, Marianne Juliet Mora Calixto y Geanlucas Hassiel Irigoin Calixto, por siempre darme fuerzas para salir adelante en la vida y contar con su cariño y aprecio que me dieron durante este proceso.

A mi hijo Matheus Reik Mora Gonzales, por darme la fuerza necesaria para salir adelante y poder lograr todas mis metas.

A mi pareja Jocelyn Díaz Almeida, por siempre estar presente en los buenos y malos momentos apoyándome incondicionalmente en todo este transcurso y por siempre brindarme su comprensión y su paciencia.

El autor

AGRADECIMIENTO

A Dios, porque con su misericordia y amor, me permites gozar de cada uno de mis logros que son gracias a la ayuda que me brinda, y cada tropiezo que tengo siempre me sirve para mejorar como ser humano. Gracias a la bendición que me brindas se pudo realizar la tesis y siempre estaré agradecido, ya una gran meta de mi vida esta cumplido.

A mis amigos: Patrick Espinosa Reyna Farje, Mercy Tello Domínguez, Junior Caldas lipa, Romel Daviran Vega, Mishell Villar Santamaria, Jheper Martel Tucto, por el apoyo, cariño y los consejos brindados en mi día a día durante todo este proceso.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por las enseñanza y formación brindada, gracias a los docentes que participaron en todo este proceso, ya sea indirecta o directamente, gracias a sus enseñanza y aportes, que hoy culmina mi paso por la universidad.

Al Dr. Florida Rofner, Nelino, por la enseñansa en la formulacion del proyecto de tesis y por el acesoramiento brindado en todo momento de la ejecucion, redactacion y sustentacion de la misma.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo general	2
1.2 Objetivos específicos	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Cacao.....	3
2.1.1 Taxonomía de cacao.....	3
2.1.2 Origen del cacao.....	3
2.1.3 Distribución del cultivo de cacao	3
2.1.4 Producción mundial de cacao.....	4
2.1.5 Producción de cacao en Perú.....	5
2.2 Manejo y producción orgánica.....	6
2.3 Manejo tradicional	6
2.4 Calidad de suelo	7
2.5 Índice de calidad de suelos.....	8
2.5.1 Indicadores físicos.....	8
2.5.1.1 Textura de suelo	8
2.5.1.2 La densidad aparente.....	9
2.5.1.3 Resistencia a la penetración del suelo.....	10
2.5.2 Indicadores químicos.....	10
2.5.2.1 Materia orgánica	10
2.5.2.2 Potencial Hidrogenión (pH)	11
2.5.2.3 Nitrógeno	11
2.5.2.4 Fosforo	11
2.5.2.5 Potasio.....	12
2.5.2.6 Calcio	12
2.5.2.7 Magnesio.....	12
2.5.2.8 Capacidad de intercambio catiónico	13
2.6.1 Antecedentes internacionales.....	13
2.6.2 Antecedentes nacionales y locales.....	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1 Área de estudio.....	18
3.2 Características del área de estudio.....	18
3.3 Acceso al proyecto	19

3.4	Materiales y equipos	19
3.4.1	Materiales de campo y laboratorio.	19
3.4.2	Equipos de campo y laboratorio.	19
3.5	Áreas evaluadas.....	19
3.5.1	Parcelas de T. cacao con 4, 6 y 8 años de manejo orgánico.	19
3.5.2	Manejo orgánico aplicado.	20
3.5.3	Parcela de cacao con 8 años de manejo tradicional.....	20
3.6	Criterio y análisis de estudio	21
3.6.1	Tipo y nivel de investigación	21
3.6.2	Diseño de la investigación.....	21
3.7	Muestreo de campo	21
3.8	Metodología	21
3.8.1	Determinación de los indicadores de calidad física del suelo: textura, densidad aparente (Da), y resistencia a la penetración (Rp).....	22
3.8.2	Determinación de los indicadores de calidad química del suelo	22
3.8.3	Determinación de la calidad del suelo.....	22
3.8.3.1	Indicadores de calidad.....	22
3.8.3.2	Índice de calidad de suelo (ICS)	23
3.8.4	Determinación de los indicadores de producción cacao: Rendimiento, Numero de mazorcas e índice de mazorca.	24
3.8.4.1	Rendimiento	24
3.8.4.2	Número de mazorcas.....	25
3.8.4.3	Índice de mazorca	25
3.9	Determinación de los análisis estadísticos: análisis de varianza (ANOVA), comparaciones múltiples (HSD - Tukey) y la correlación de Pearson.....	25
3.10	Variables	26
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1	Indicadores físicos del suelo	27
4.2	Indicadores químicos del suelo	30
4.3	Análisis de componentes principales (ACP).....	34
4.4	Índice de calidad de suelo	36
4.5	Indicadores de produccion	38
V.	CONCLUSIONES	42
VI.	PROPUESTAS A FUTURO.....	43
VII.	REFERENCIAS.....	44
VIII.	ANEXOS	51

8.1	Análisis de varianza (ANOVA) de los diferentes indicadores fisicoquímicos y de Rendimiento.	51
8.2	Análisis de componentes principales para cada indicador fisicoquímico.	61
8.3	Clase de ICS para cada tratamiento.....	63
8.4	Evaluación del rendimiento, numero de cocos y índice de mazorca.....	66
8.5	Actividades desarrolladas en el área experimental.....	68
8.6	Análisis de suelo	75

INDICE DE TABLA

Tabla	Página
1. Niveles taxonómicos del cacao	3
2. Manejo orgánico que se realiza en cada mes.....	20
3. Tratamientos de las cuatro parcelas.....	21
4. Carga factorial según el tamaño de muestra.....	23
5. Parámetros edáficos para la determinar el índice de calidad de suelo.....	24
6. Clase de calidad según Cantú.	24
7. Modelo de análisis de varianza.....	25
8. Interpretación del coeficiente de correlación de Pearson.....	26
9. Estadística descriptiva para los indicadores físicos del suelo, según tratamientos	27
10. Comparaciones múltiples HSD Tukey de los indicadores físicos.	28
11. Correlación de Pearson con los indicadores físicos.	29
12. Estadística descriptiva para los indicadores químicos del suelo, según tratamientos .	30
13. Comparaciones múltiples HSD Tukey de los indicadores químicos.	31
14. Correlación de Pearson con los indicadores químicos.	32
15. Estadísticos de Bartlett y KMO	35
16. Comunalidades para cada indicador	35
17. Clase de ICS según tratamiento.....	37
18. Estadística descriptiva para los indicadores de producción, según tratamientos.	38
19. Comparaciones múltiples HSD Tukey de los indicadores de producción.....	38
20. Correlación de Pearson de indicadores de producción	39
21. Índice de mazorca, N° de cocos y Rendimiento en base seca de cada tratamiento	39
22. Análisis de varianza para el indicador pH.	51
23. Análisis post-hoc HSD Tukey del indicador pH	51
24. Análisis de varianza para el indicador MO	51
25. Análisis post-hoc HSD Tukey del indicador MO.	52
26. Análisis de varianza para el indicador N.	52
27. Análisis de varianza para el indicador P.	52
28. Análisis post-hoc HSD Tukey del indicador P.	53
29. Análisis de varianza para el indicador K.	53
30. Análisis post-hoc HSD Tukey del indicador K.	53
31. Análisis de varianza para el indicador Ca.	54

32. Análisis post-hoc HSD Tukey del indicador Ca.	54
33. Análisis de varianza para el indicador Mg.	54
34. Análisis post-hoc HSD Tukey del indicador Mg.....	55
35. Análisis de varianza para el indicador CIC.	55
36. Análisis post-hoc HSD Tukey del indicador CIC	55
37. Análisis de varianza para el indicador Na.	56
38. Análisis post-hoc HSD Tukey del indicador Na.	56
39. Análisis de varianza para el indicador Rp.	56
40. Análisis post-hoc HSD Tukey del indicador Rp.	57
41. Análisis de varianza para el indicador Arena.	57
42. Análisis post-hoc HSD Tukey del indicador Arena.	57
43. Análisis de varianza para el indicador Arcilla.	58
44. Análisis post-hoc HSD Tukey del indicador Arcilla.	58
45. Análisis de varianza para el indicador Limo.	58
46. Análisis post-hoc HSD Tukey del indicador Limo.	59
47. Análisis de varianza para el indicador Da.	59
48. Análisis post-hoc HSD Tukey del indicador Da.	59
49. Análisis de varianza para el indicador N° de cocos.	60
50. Análisis post-hoc HSD Tukey del indicador N° de cocos.	60
51. Análisis de varianza para el indicador Rendimiento.	60
52. Análisis post-hoc HSD Tukey del indicador Rendimiento.	61
53. Análisis de varianza para el indicador ICS.	61
54. Análisis post-hoc HSD Tukey del indicador ICS.	61
55. Varianza total explicada para cada componente.	62
56. Matriz de componente rotado para cada indicador.	62
57. Clase de ICS para el tratamiento MT8.	63
58. Clase de ICS para el tratamiento MO4.	64
59. Clase de ICS para el tratamiento MO6.	65
60. Clase de ICS para el tratamiento MO8.	66
61. Fecha de cosecha según tratamiento, N° de cocos, rendimiento y índice de mazorca	67

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Ubicación del área de estudio.	19
2. Gráfico de sedimentación y de componentes de espacios rotados.	36
3. Fundo San Juan	68
4. Parcela de manejo orgánico de 6 años.	68
5. Parcela de manejo tradicional de 8 años	69
6. Selección y etiquetado de plantas según tratamiento.	69
7. Extracción de la muestra de suelo.	70
8. Golpes para medir Rp con el penetrómetro.	70
9. Muestras de suelo secos y tamizados para cálculo de Da.	71
10. Peso de 50 g de suelo para cálculo de Da.	71
11. Volumen de 50 gramos de suelo en el vaso precipitado 50ml.	72
12. Cosecha de cacao según tratamiento.	72
13. Despulpado de cacao según tratamiento	73
14. Almendra fresca por tratamiento.	73
15. Eliminación del mucilago según tratamiento.	74
16. Secado de cacao según tratamiento.	74
17. Rendimiento de almendras secas por cada tratamiento.	75
18. Preparación de muestras de suelo para análisis fisicoquímico	75

RESUMEN

El Perú es el segundo mayor productor de cacao orgánico en el mundo. Por lo que el manejo orgánico, es un sistema agrícola innovador que combina métodos tradicionales con tecnologías modernas que mejoran las características físicas, químicas y microbiológicas generando una mejor calidad del suelo a diferencia del manejo tradicional que aplica técnicas y producciones limitadas. Por ello, la investigación evaluó el efecto de manejo orgánico en la calidad de suelo y el rendimiento de *Theobroma cacao* L. (cacao) en clon CCN51 en el fundo San Juan en el centro poblado Huamancoto, Leoncio Prado. Investigación descriptiva comparativa-no experimental correlacional, ajustada al Diseño Completo al Azar. Los tratamientos fueron: cacao de 4 años (MO4), cacao de 6 años (MO6) y cacao de 8 años (MO8), y manejo tradicional de cacao de 8 años (MT8). Se evaluaron indicadores físicos: textura, resistencia a la penetración y densidad aparente, indicadores químicos: pH, MO, N⁺, P³⁻, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ y CIC e indicadores de producción: rendimiento índice de mazorca y N° de cocos. Se encontró diferencias para la textura, Da y Rp, estos dos último, con tendencia a disminuir con el tiempo. Los indicadores químicos evaluados la mayoría presentan diferencias, excepto, Na⁺. Los indicadores de producción todos los indicadores muestran diferencias. Se concluye, que el manejo orgánico es una alternativa sostenible para el área de estudio al mostrar efectos positivos en el rendimiento y superar al manejo tradicional, mejorando los indicadores fisicoquímicos con el tiempo.

Palabra clave: indicadores fisicoquímicos, calidad de suelo, sostenibilidad, rendimiento.

ABSTRAC

Peru is the second largest producer of organic cocoa in the world. Therefore, organic management is an innovative agricultural system that combines traditional methods with modern technologies that improve the physical, chemical and microbiological characteristics, generating better soil quality as opposed to traditional management that applies limited techniques and production. Therefore, the research evaluated the effect of organic management on soil quality and yield of *Theobroma cacao* L. (cacao) in clone CCN51 in the San Juan farm in the town of Huamancoto, Leoncio Prado. Descriptive comparative-non-experimental correlational research, adjusted to the Complete Randomized Design. The treatments were: 4-year-old cocoa (MO4), 6-year-old cocoa (MO6) and 8-year-old cocoa (MO8), and traditional management of 8-year-old cocoa (MT8). Physical indicators were evaluated: texture, penetration resistance and bulk density; chemical indicators: pH, MO, N+, P3-, K+, Ca²⁺, Mg²⁺, Na+ and CIC; and production indicators: yield, ear index and number of coconuts. Differences were found for texture, Da and Rp, the latter two with a tendency to decrease with time. Most of the chemical indicators evaluated showed differences, except for Na+. The production indicators all show differences. It is concluded that organic management is a sustainable alternative for the study area as it shows positive effects on yield and surpasses traditional management, improving physicochemical indicators over time.

Keywords: physicochemical indicators, soil quality, sustainability, performance.

I. INTRODUCCIÓN

(La Organización Internacional del Cacao [ICCO], 2021) ha estimado una producción récord mundial de 5 024,000 toneladas, un 6,3% más durante la campaña 2020/2021. Esta es la primera vez que supera los 5 millones de toneladas, gracias a las mejores condiciones climáticas en las principales regiones productoras. En Perú la región de San Martín se destaca como un importante productor regional de 48,4 mil toneladas (35,6% de participación). Le sigue Junín con 25,5 mil toneladas (18,8%). Ucayali 17,000 toneladas (12,5%); de igual forma Huánuco y Cusco con 13,000 toneladas y 10,000 toneladas, respectivamente. Cabe resaltar que Perú es el segundo mayor productor de cacao orgánico en el mundo (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego - [MIDAGRI], 2021).

El manejo orgánico, es un sistema agrícola innovador que combina métodos tradicionales con tecnologías modernas y que representa una opción en la búsqueda de sistemas sostenibles, que permitan la producción de alimentos y la conservación de los ecosistemas. Además, mejoran las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo y la incorporación de insumos orgánicos optimizan la absorción de nutrientes en las plantas. Por lo que, presentan niveles más altos de C orgánico, mayor aireación y retención de humedad, así como, menor acidez, pérdida de nutrientes y erosión, y generan una mejor calidad del suelo. A diferencia del manejo tradicional que presentan conocimientos y tecnologías limitadas a conocimientos antiguos y presentan menor productividad siendo menos sostenibles.

En este contexto, se plantea como problema a través de la interrogante ¿Cuál es el efecto de manejo orgánico en la calidad de suelo y el rendimiento de *Teobroma cacao* L. (cacao) en el fundo “San Juan” en el centro poblado de Huamancoto, Daniel Alomía Robles, Leoncio Prado?

La justificación teórica de la investigación se fundamenta que el manejo orgánico es un sistema de producción sostenible que genera rendimientos altos en la plantación de cacao y que el manejo aplicado mejora la calidad del suelo, proporcionando buenos ingresos a los agricultores y evitando la degradación del suelo, tomando como caso el fundo “San Juan”. La justificación práctica del trabajo se fundamenta en la búsqueda de información técnica y científica sobre el efecto o impacto del manejo orgánico sobre la calidad del suelo para plantear soluciones que permitan tener buenos rendimientos y con las buenas prácticas para evitar el deterioro de la calidad física y química del suelo, obteniendo alternativas

tecnológicas para desarrollar sistemas de cultivos sostenibles y que respondan a las condiciones agroecológicas locales.

Los alcances de esta investigación contribuirán con nuevos conocimientos para la comunidad científica, como información que servirá para contribuir con la conservación de suelos en las diferentes especialidades, así contribuir en la comunidad científica a través de la difusión de las revistas científicas. Además, los nuevos conocimientos adquiridos servirán para las instituciones peruanas que promuevan la agricultura orgánica en los sectores como: el (MIDAGRI) y para los pequeños agricultores que llevan un manejo orgánico en plantación de cacao.

En este contexto general, la investigación plantea como hipótesis “El manejo orgánico, tiene efectos significativos en la calidad de suelo y en la producción del *Theobroma cacao* L. (cacao), desarrollados en el fundo San Juan - Leoncio Prado.”. Los resultados permitieron contrastar la hipótesis planteada, para ello, se trabajó con los siguientes objetivos:

1.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de manejo orgánico en la y calidad de suelo y el rendimiento de *Theobroma cacao* L. (cacao) en el fundo San Juan en el centro poblado Huamancoto, Leoncio Prado.

1.2 Objetivos específicos

- Determinar indicadores de calidad física del suelo: textura, densidad aparente (Da), y resistencia a la penetración del suelo (Rp).
- Determinar indicadores de calidad química del suelo: MO, pH, N, P, K, Ca, Mg, Na y CIC.
- Determinar de la calidad de suelo: indicadores de calidad y índice de calidad de suelo(ICS).
- Determinar el efecto del manejo orgánico en indicadores de producción cacao: Rendimiento, índice de mazorca y numero de mazorcas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Cacao.

El *Theobroma cacao L.*, sitúa a sus frutos como esenciales ingredientes en la generación del chocolate y azúcares entre otras producciones; productos que tienen peculiaridades nutritivas y organolépticas estando dentro de los más considerados por los habitantes del mundo. Las plantaciones llevan excelentes procesos de producción en diferentes regiones, posicionándose favorablemente como variantes del crecimiento económico lo cual constituye una fortaleza que aumenta la calidad de vida de las personas. Estas especies son originarias de los bosques tropicales (América del Sur), siendo su lugar de origen en las regiones comprendidas entre las cuencas de los ríos Caquetá, Putumayo y Napo: tributarios del río Amazonas (Romero, 2016).

Se deduce que el cultivo de cacao se originó en la cuenca amazónica, y en la actualidad es aprovechada en muchas regiones de los trópicos húmedos. Los pequeños agricultores son los que proveen la mayor parte de la producción mundial de cacao (a.c. 90%). Actualmente se conocen más de 20 especies dentro del género *Theobroma L.*, y *T. cacao*, es el único linaje que se cultiva de manera extensiva (Romero et al., 2017).

2.1.1 Taxonomía de cacao

Tabla 1. Niveles taxonómicos del cacao

Niveles taxonómicos del cacao	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Malvales
Familia	Malvaceae
Subfamilia	Sterculioideae
Género y Especie	<i>Theobroma cacao L.</i>

Fuente: Romero (2016)

2.1.2 Origen del cacao

El *Theobroma cacao L.* es originario de Sudamérica y Mesoamérica, su nombre deriva de la palabra griega que significa “alimento de los dioses”, este cultivo se genera bajo sombra en bosques tropicales húmedos de América Sur. El cacao es el principal ingreso de los agricultores, y de las manufacturas que usan como subproductos a base del cacao por medio de su materia prima. (López, S. & Gil A., 2017)

2.1.3 Distribución del cultivo de cacao

Según el Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI], (2016) señala que las plantas de cacao son cultivadas en la región tropical. Se cultiva comercialmente entre los 15° N y 15° S de la línea ecuatorial. Sin embargo, se observa que en latitudes subtropical entre los 23° 26´ de latitud norte y los 23° 26´ de latitud sur de la línea del ecuador. De forma similar, Romero, (2016) muestra plantas de cacao que son estrictamente tropicales y crecen esencialmente en latitudes de 10 grados desde el ecuador, pero se extienden más allá de los trópicos húmedos hasta las latitudes 20 grados norte y 20 grados sur. Sin embargo, puede haberse encontrado en latitudes subtropicales hasta los 23° norte y los 25° sur (Paredes et al., 2003).

2.1.4 Producción mundial de cacao.

Según la ICCO, (2021) ha estimado una producción récord mundial de 5.024.000 tn, un 6,3% más para la campaña 2020/2021. Gracias a las condiciones climáticas favorables en las principales regiones productoras, la producción supero por primera vez los 5 millones de toneladas. De esta forma, la producción de África se incrementará un 9% hasta los 3.871.000 de tn. Del mismo modo, aumentarán un 2% Asia y Oceanía. Es decir, aumentará a 278.000 toneladas. Mientras tanto, se espera que la producción estadounidense menore un 2% a 875.000 toneladas.

En África, el buen tiempo explica el aumento de la producción, con un récord de 2.225.000 toneladas. La producción anual en Ghana se estima en 950.000 toneladas y se espera que se mantenga en esta campaña gracias al desarrollo de iniciativas de fomento de la producción a nivel nacional (programas de fumigación masiva, polinización manual, etc.). Dado que no se han informado cambios en Camerún, se espera que la campaña 2020/2021 arroje los mismos rendimientos que la anterior campaña, estimado actualmente en 280.000 toneladas. Se espera que la producción de Nigeria aumente un 8% interanual hasta las 270.000 toneladas. Ahora se espera que la cosecha principal supere los resultados de la temporada anterior, pero las lluvias recientes parecen favorecer la próxima cosecha media (ICCO, 2021).

En América, se espera que la producción menore un 2%, o 875.000 toneladas. Esto se debe principalmente al mal tiempo en Brasil, que podría reducir la producción en un 10.6%. Es decir, de 201.000 toneladas a 180.000 toneladas. Por su parte, en Perú, la producción también se reducirá un 0.7% pasando de 151.000 toneladas a 150.000 toneladas. Se espera que la producción de Ecuador aumente alrededor de un 4% interanual a 340.000 toneladas. Sin embargo, este pronóstico se ve afectado por varios factores que

afectan la producción, entre ellos: Ejemplos: condiciones climáticas, presencia de plagas, etc. República Dominicana mantendrá una producción de 75.000 toneladas como parte de este. En otras palabras, no hay cambios en comparación con la temporada pasada (ICCO, 2021).

2.1.5 Producción de cacao en Perú

Perú produce tres tipos de cacao: Trinitario de 53,3% para Junín, el forastero amazónico de 37,3% (Cusco y Ayacucho) y el Criollo de 9,4% (San Martín, Cajamarca y Amazonas). En las últimas décadas, la producción nacional de cacao en grano ha crecido constantemente, hasta llegar a una tasa anual promedio de 12,6%. Cabe resaltar el continuo aumento en la producción de cacao en el Perú. Este comportamiento es menos importante hasta 2009 y puede observarse en niveles relativamente estancados. Desde el 2010, la producción es de 46,600 tn, lo que demuestra el proceso de fuerte crecimiento de la producción nacional. En los próximos años aumentara una tasa media anual del 1,6%. Así, en el 2014 registramos una cifra de 81,600 tn. En 2016, fue de 179 mil tn. Registró 135,900 tn en 2019 y 151,6 mil toneladas en 2020 (MIDAGRI, 2021).

El Perú presentan regiones que se han convertido en un importante centro de producción de cacao, San Martín se destaca como el principal productor regional con 48,400 toneladas con una participación del 35,6%. Le sigue Junín con 25,500 toneladas con un 18,8%. Ucayali 17.000 tn (12,5%); de igual forma Cusco y Huánuco con 13.000 tn y 10.000 tn, respectivamente. Alrededor del 84% de la producción total del país se concentra en estas cinco regiones. Es importante destacar el aumento de la producción en la región de Ucayali. En los últimos 10 años, esta cifra ha aumentado con una tasa anual de 36,6%, seguida de Huánuco con 24,7%, Junín con 21,5% y San Martín con una tasa anual de 9,7%. Otras regiones con baja producción, pero buen desempeño son Piura y Pasco con 25% y 37%, respectivamente. El comportamiento en la región Ayacucho es espectacular, ya que la presencia manufacturera en la región Ayacucho se deteriora a una tasa negativa de 0.5% anual. Cabe señalar que uno de los principales productores y proveedores de cacao aromáticos y finos es el Perú. También, es el 2^{do} mayor productor de cacao orgánico de mundo. Además, nuestro país presenta un 60% de la biodiversidad existen de cacao (MIDAGRI, 2021).

El *Theobroma cacao L.* (cacao) en la actualidad, es importante para la economía peruana y en los últimos 10 años presento un crecimiento sostenido con promedio un anual de 15,5 %, alcanzando una extensión de 199, 000 ha con un rendimiento promedio de 720 kg/ha, superior al promedio mundial 485 kg/ha (MINAGRI, 2018).

2.2 Manejo y producción orgánica

(La Food and Agriculture Organization [FAO], 2003) menciona que “el término agricultura orgánica tiene varios sinónimos: ecológica, biológica, etc. según los idiomas. Los inicios de la agricultura orgánica permanecen en armonía con los inicios de la agricultura biodinámica y la permacultura. Se puede conceptualizar la agricultura orgánica como un proceso que usa procedimientos que respetan el ambiente, a partir de los periodos de producción hasta las de manipulación y procesamiento”. La agricultura orgánica no únicamente enfoca al producto, sino además a la integridad del sistema que se usa para la producción y entrega del producto al consumidor final.

Los productos orgánicos provienen de la agricultura orgánica o conocido también como sistema de producción orgánico. Por lo tanto, el concepto orgánico significa un proceso (FAO, 2001). La agricultura ecológica es un sistema de gestión integral que gestiona la biodiversidad, el medio ambiente y la fertilidad del suelo. Utilizamos tecnología ecológica que consume menos energía, no usamos pesticidas ni fertilizantes y prestamos atención a la rotación saludable de cultivos. Este sistema de producción ecológico favorece el logro de agroecosistemas social, ecológica y económicamente óptimos y sostenibles (Codex, 2007).

La incorporación de insumos orgánicos (viola, compost, vermicompost, etc.) tiene como objetivo la preparación e integración del suelo, ya que mantienen y mejoran las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del suelo, es fundamental en agricultura orgánicos, siendo este un método común para optimizar la nutrición, salud y vitalidad de las plantas (Gliessman, 2002 & Monreal, 2003).

La agricultura o manejo orgánicos se remonta a varias décadas. En 1924, Steiner plantó promover en el suelo la presencia de microorganismos mediante el compostaje de materia orgánica rica en humus (Martínez, 1996). En 1938, Dymond mencionó que la base de una agricultura sostenible es la aplicación o uso del humus. Sin embargo, Howard (1940) argumentó que la verdadera sostenibilidad del país es el suelo, y es importante mantener su fertilidad para protegerlo. Esto ha afectado el futuro de las finanzas, la industria, la salud pública, la eficiencia de la población y la civilización.

2.3 Manejo tradicional

Las técnicas tradicionales forman parte de la agricultura conservadora que incluye concepto sostenibles y aplicados a la agricultura tradicional de altos rendimientos (Gutiérrez et al., 2008). Por lo tanto, los tipos de manejo que la comunidad desarrolla en

armonía con el medio ambiente, son los frutos mixtos y la rotación de cultivo, se consideran labranza conservadora, una técnica de producción diferente a los métodos tradicionales, con buenas opciones de manejo para mantener la fertilidad de la superficie, Mejora de la estabilidad estructural y mejora el contenido de agua reteniéndola (Navarro, et al. 2012).

Las técnicas tradicionales de manejo incluyen básicamente el control de poda, control de sombra y control de plagas (Urquhart 1963). Estas prácticas aplicadas pueden incrementar el rendimiento de cacao seco de 200 a 1000 kg/ha/año.

La perspicacia del capitalismo destaca la desigualdad social y tecnológica, lo que lleva a una percepción generalizada de que la agricultura tradicional es practicada por agricultores indígenas, paupérrimos, ignorantes, aferrados a sus propias creencias, que son poco productivas, lo cual se diferencia de la agricultura moderna, que es representada por sistemas agrícolas productivos y gente capitalista, educada e innovadora (Hernández, 1988).

2.4 Calidad de suelo

La calidad de suelo es un indicador del estado en el cual está este recurso, debido a que de esta forma establece el soporte de vida o la afectación en el aumento de la vegetación. Generalmente el deterioro del recurso suelo está relacionado con el uso excesivo de la agricultura y en la utilización desmesurado de insumos agrícolas, es de esta forma que todo lo mencionado ha creado monumentales inconvenientes de carácter ambiental y agronómico, debido a que la pérdida de la calidad en las características edafogénicas afecta la productividad y también atribuye a la reducción de la biomasa microbiana benéfica, hasta llegar a conformar gigantes áreas de tierras infértiles (Estrada et al., 2017).

La calidad del suelo funciona también como un almacenador de micronutrientes y macronutrientes esenciales para el desarrollo de la vegetación, además este funciona como un filtro que da protección de la calidad del agua ya que de este depende asegurar que las capas freáticas del agua subterránea no lleguen contaminadas ya que interactúan de manera dinámica entre sí por procesos fisicoquímicos y biológicos (Valbuena, Rodríguez & Suárez, 2017).

Carrasco (2008), por su parte, adapta los suelos bajo esquemas de manejo específicos con climas y paisajes específicos para mantener una buena productividad y calidad vegetal y animal y así promover una salud humana. Se llama “calidad y salud del suelo”.

Según Acevedo, et al. (2005) menciona que la calidad del suelo es dinámica y puede presentar cambios rápidamente según su uso y gestión. Para mantener eso, se deben

implementar prácticas sostenibles a largo plazo. Así mismo, para generar beneficios económicos de mayor productividad se tiene que mantener o mejorar la calidad del suelo, que a la vez mejor la disponibilidad de nutriente, la calidad del aire y agua y reduce la emisión de gases de efecto invernadero.

2.5 Índice de calidad de suelos

El índice de calidad de suelo son propiedades medibles del suelo que influyen en las funcionalidades de producción agrícola o medioambiental (Jiménez & González, 2006). De modo, que hablamos de las características usadas en las producciones agrícolas que incluso puedan servir para detectar la calidad del medio ambiente, por esto, es necesario que el índice de calidad sea: importantes científicamente, presenten datos confiables, tienen que ser representativos, propensos a los cambios útiles.

El índice de calidad es conocido como herramientas que proporcionan el estado en el que el suelo se encuentra, tanto desde la disponibilidad de minerales, propiedades fisicoquímicas, masa orgánica, crecimiento de la vegetación, y actividad microbiana. Es así que siguiendo las variables mencionadas es posible medir el grado de afectación que han ocasionado las actividades antropogénicas de diversas actividades, y a la vez implementar procesos de recuperación que mejoren o mitiguen los impactos negativos al recurso (Acevedo et al, 2005).

A largo plazo es más notorio ver el deterioro en el nuestro recurso suelo, se encuentra generalmente por la intervención de la agricultura la cual se encarga de modificar su estructura por los diferentes manejos de cultivos y productos de generalmente de origen químico que son empleados para la producción. Los indicadores que comúnmente se usan son de carácter físico, químico y biológico (Marcelo, 2017).

2.5.1 Indicadores físicos.

Los indicadores físicos a menudo son requeridos y reflejan la capacidad del suelo para transportar, aceptar, retener la capacidad de agua de las plantas, así también dentro de los perfiles del suelo se determina la infiltración o el movimiento respectivo del agua en la planta (Bautista et al., 2004)

2.5.1.1 Textura de suelo

La textura del suelo representa la porción de arena, limo y arcilla, componentes inorgánicos de varias formas y tamaños. Además, sus propiedades

actúan como un factor de fertilidad que afecta la capacidad para retención del agua, drenaje, aireación, porcentaje de materia orgánico y otros indicadores (FAO, 2015).

Las rocas tienden a dar diferentes clases de textura y esto se debe a los factores de formadores del suelo y estos producen acciones que se reflejan en la textura. Esto se vuelve más evidente a medida que el suelo es más joven (inicialmente, el suelo siempre hereda la textura del material base o parental). La textura es determinada por el clima según su agresión (la textura gruesa se da en climas secos o áridos y la textura arcillosa en climas templados y húmedos). Los relieves provocan que partículas se transporten, el tiempo suele marcar una gran diferencia y la proporción de arcilla aumenta (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SAGARPA], 2012).

Según Escarlata, (2011) los suelos francos tienen una textura media (alrededor de 45% arenas, 40% limos y 15% arcillas). Teniendo estos suelos una mejor condición física y química, siendo los más aptos para la mayoría de cultivo.

El cacao requiere un suelo que sea fácil de penetrar para las raíces, esto retiene la humedad y hace circular el aire y la humedad durante la estación seca. El cacao puede adaptarse a diversos tipos de suelo, incluso con niveles muy bajos de nutrientes, pero los rendimientos son promedios si el cultivo tiene la sombra adecuada y se prefieren otros factores ecológicos, muy limitada (Gómez & Azócar, 2002).

En cuanto a las propiedades fisicoquímicas, la plantación del cacao necesita una capa de suelo profundo, ricos en materia orgánicos, nutrientes minerales y libre de gravas y piedras que dificultan el desarrollo de las raíces. Para los suelos arcillosos, la penetración de las raíces está restringida dependiendo del mineral que componen la fracción. Además, la porción de arcilla en la mayoría de los suelos tropicales húmedos está compuesta de arcilla caolinita y óxidos de aluminio y hierro, lo que proporciona un entorno físico óptimo en para el crecimiento de la raíz del cacao. Las condiciones óptimas se encuentran en suelos francos-arcilloso (Gómez & Azócar, 2002).

2.5.1.2 La densidad aparente

Para la calidad de suelo la densidad aparente es una propiedad incluida en su evaluación, como indicador en la composición para los suelos, la resistencia a la penetración del suelo y la cohesión de este. Los cambios en la composición del suelo se ven reflejados por la variación de densidad aparente, gracias a la interacción que existe entre la porosidad total y la densidad aparente. Así mismo, esta propiedad perjudica al incremento o desarrollo de las plantas debido a que poseen un impacto en la porosidad y la resistencia a la

penetración del suelo sobre las raíces. A medida que aumenta de la densidad aparente, la resistencia penetración del suelo se incrementa y se reduce la porosidad en suelo, lo que impide el incremento de las raíces a un valor crítico. La textura los suelos varía conforme a los valores críticos de la densidad aparente. (SAGARPA, 2012).

2.5.1.3 Resistencia a la penetración del suelo.

Los suelos compactados reducen su capacidad de movilidad del agua, aire y genera mayor resistencia mecánica para las raíces, el acercamiento de las partículas del suelo incrementa la tasa de difusión de los nutrientes. Las características físicas del suelo se ven afectadas por la compactación los cual generan cambios incrementando la resistencia mecánica y generando una reducción en la porosidad del suelo, lo que indica el incremento de la densidad aparente (Mendoza, 2011).

La resistencia a la penetrabilidad es una variable mediada en campo para determina el grado de compactación presente en el suelo, su determinación es importante ya que presentas una relación directa con la penetración de raíces. La compactación degrada las propiedades físicas del suelo reduciendo el tamaño los poros y la densidad del suelo, afectando de esta manera el contenido de humedad y el intercambio de gases, a la vez impide el desarrollo de las raíces (Bravo et al., 2015).

2.5.2 Indicadores químicos

Los indicadores químicos del suelo se refieren a condiciones que afectan la relación entre el suelo y la planta, la capacidad amortiguadora del suelo, calidad del agua, la disponibilidad de nutrientes para las plantas y microorganismos, presentando algunos indicadores como son la disponibilidad de nutrientes, carbono orgánico total y lábil, potencial de hidrogeno, la adsorción de fosfatos, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio de cationes, materia orgánica, nitrógeno total y mineralizable (Bautista et al., 2004).

2.5.2.1 Materia orgánica

La M.O consiste en compuestos de origen biológico que se encuentran en el suelo. Asimismo, el material principal originario de la materia orgánica son los residuos de las plantas (Navarro & Navarro, 2003). Además, la MO depende de una adecuada estructuración para los suelos, siendo un suelo de textura arenoso de consistencia

suelta, pero con la aplicación de materia orgánica mejora su consistencia, lo cual, favorece la formación de agregados, buena consistencia (friables) (Zavaleta, 1992).

El aumento de la cantidad de M.O disminuye la resistencia mecánica del suelo, y esto se debe a que la M.O contribuye al aumento de la porosidad del suelo (Ramírez & Salazar, 2006). El contenido de materia orgánica en el suelo no es el principal responsable de la cantidad y estabilidad de los agregados. Por consiguiente, la estabilidad de agregados depende en gran medida del tipo de materia orgánica y de la disposición de partículas minerales (Pulido et al., 2009).

2.5.2.2 Potencial Hidrogenión (pH)

El potencial hidrógeno es el que mide el nivel tanto de acidez como alcalinidad presente en el suelo este parámetro es determinante en el desarrollo de la planta ya que limita el suministro de nutrientes esenciales, además en niveles altos o bajos de alcalinidad o acidificación la macrofauna no logra sobrevivir. El instrumento que mide los niveles de hidrógeno en el suelo se lo conoce como pH-metro o sensor de pH y dicha escala está definida por rangos entre 0 y 14 (Bronsted, 2015).

Paredes, (2004) menciona que el potencial de hidrogeno del medio de crecimiento controla la actividad de los microorganismos y la disponibilidad de nutrientes. El rango óptimo para el cultivo de cacao es 5,5-6,5. Un buen sustrato es un sustrato con una composición de 50% buena tierra, 25% MO y 25% arena.

2.5.2.3 Nitrógeno

El nitrógeno en el suelo generalmente nace de residuos de fertilizantes nitrogenados, y procesos del periodo del nitrógeno, este componente en el suelo es fijado como nitrógeno orgánico el cual por ocupaciones microbianas se transforma en diferentes maneras de nitrógeno como por ejemplo nitritos y amonio debido a que estas maneras son consumibles para las plantas y condicionan el aumento y desarrollo de la vegetación (Perdomo & Barbazán, 2016).

2.5.2.4 Fosforo

El fósforo pertenece a los macroelementos que condiciona los procesos metabólicos, transferencia de energía y descomposición de sustancias en las plantas, en el suelo está a modo de forma natural en las piedras y es liberado por procesos de erosión,

además es incorporado de manera artificial por productos fosforados que son descargados o arrojados (Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria [DICTA.], 2016).

2.5.2.5 Potasio

El potasio en el suelo se muestra en diferentes maneras y mayoritariamente en proporciones inorgánicas, es un macroelemento sustancial en las ocupaciones metabólicas y síntesis de proteína en las plantas y es determinante en el aumento, desarrollo y maduración de los frutos, una vez que la vegetación carece de potasio estas muestran manchas decoloradas en las hojas (Del Rey, 2019). Además, el potasio en la corteza terrestre tiene un promedio de 1.9 % y alrededor del 1.2 % en el suelo, teniendo los suelos jóvenes una mayor concentración de K^+ y los suelos orgánicos tienen un contenido de K^+ (< 0.03 %), debido a su bajo contenido de arcillas (Navarro y Navarro, 2003).

2.5.2.6 Calcio

Las proporciones de calcio en el suelo van a venir a variar según el material del que esté formado y los procesos de meteorización de los minerales y es el responsable de crear la estructura de los suelos agrícolas. Este componente es determinante en el desarrollo del sistema radicular y región del área de las plantas debido a que condiciona la calidad y la proporción de los cultivos (Chen, 2020).

El calcio en la superficie ocupa el 5^{to} lugar de elementos más abundantes en la superficie terrestre, con una concentración media de alrededor del 3.6 %, y generalmente proviene de la descomposición de la base rocosa y de los minerales que comprende el suelo; por lo tanto, la roca madre o base rocosa puede presentar grandes variaciones por causa de la concentración del Ca; los suelos ácidos constituyen el 0,1 a 0,2%, pero los suelos alcalinos pueden llegar al 25%. El Ca^{2+} se presenta en cantidades mínimas cuando los suelos son muy meteorizados, fuertemente lavados y muy antiguos. (Havlin, et al. 1999) y también contienen sustancias químicas de baja solubilidad (SAGARPA, 2012).

2.5.2.7 Magnesio

El magnesio en el suelo nace principalmente por procesos de desintegración de minerales, es un factor clave en la fotosíntesis y es el responsable de la coloración verde en las plantas, el déficit de este produce clorosis y manchas rojas sobre las hojas (Fertibox, 2020).

Sadeghian, (2012) el Magnesio se considera un elemento necesario, ocupando el 8^{vo} lugar entre los elementos más abundantes de la superficie terrestre,

y este se encuentra concentrado de alrededor del 2,1 %, presentan formas comunes que se encuentran en los suelos como constituyentes minerales, ion en el complejo de intercambio y en la disolución.

2.5.2.8 Capacidad de intercambio catiónico

La CIC mide la cantidad de la carga negativa presentes en la superficie de componentes orgánicos y minerales en suelo, y reflejan la cantidad de cationes que el suelo pueden retener (Ca^{2+} , Mg^{2+} , etc.). Los cuales, se intercambiarán con otros iones de hidrogeno presente en la solución del suelo que son liberados por las raíces. Los niveles en la CIC indican una buena capacidad del suelo para la retención de cationes, disponibilidad y la cantidad de nutrientes para la planta y mejora el potencial de hidrogeno. Los suelos con una CIC bajan indican una baja capacidad para almacenar nutrientes y son arenosos (bajo contenido de MO). La CIC presentan unidad de medición en $\text{Cmol}^{(+)}/\text{kg}$ o $\text{meq}/100\text{g}$ de suelo (FAO, 2015).

2.6 Estado del arte.

2.6.1 Antecedentes internacionales.

Villalaz *et al.* (2021) en la república de Panamá. Determinaron las concentraciones de cd, el factor del riesgo ecológico y la relación con el manejo de las propiedades del suelo y la planta, en el cultivo de cacao orgánico. Se realizo en 8 fincas productoras, para el muestreo realizo métodos sistemáticos. Se midió la disponibilidad de cadmio y el cd total, Calcio, Magnesio, textura, pH, M.O, el cd foliar total, los granos y frutos. Se utilizo el estadístico R para el análisis de los indicadores. Los resultados arrojaron que la textura presenta suelos franco-arenosos, arena francosa y franco arcillo arenoso, la MOS presenta intervalos de 3,8% para la finca (RM) y 6,8% para (MA), el pH es moderadamente ácido, la CIC en concentraciones medias, para el riesgo ecológico no muestran riesgo las fincas, El Cd total en el suelo presenta valores de $1,98 \text{ mg kg}^{-1}$ para finca (GB) y $2,46 \text{ mg kg}^{-1}$ para (RT). En conclusión, los niveles de cadmio en el tejido foliar, no es un riesgo ecológico potencial para las fincas.

Navarro *et al.* (2019) en el municipio de Jaboticabal, estado de São Paulo Brasil. Evaluaron el efecto de sistemas de manejo sobre atributos físicos y materia orgánica (MO) de dos oxisoles (Rhodic Hapludox (Rh) y Anionic Acrudox (Aa) y la producción de

caña de azúcar en el municipio de Jaticabal, se utilizó un diseño de bloques completamente al azar en los 4 tratamientos (SMS, SCS, SDS y S) con 5 repeticiones. Se midió el IEA, DMP, DS, PT, Ma, Mi, Rp y MO. Los resultados arrojaron que los indicadores evaluados no muestran diferencias significativas para los tratamientos (sistema de manejo) en los estratos de 0 – 10 cm y 10 – 20cm, se observó que el DMP del oxisol Rh presenta diferencia de 0 – 10 cm y el oxisol Aa de 10 a 20 cm y la densidad de suelo en el estrato 10 – 20 cm del oxisol Aa. En conclusión, se demostró que los usos del suelo alteran la mayoría de las propiedades físicas, pero no afecta la profundidad, ni el azúcar total recuperable, antes del 4^{to} corte de caña de azúcar

García et al. (2018) “Evaluaron el impacto de tres sistemas de labranza: Labranza reducida (T1), siembra directa (T2) y labranza de conservación (T3) sobre ciertas variables físicas, químicas y biológicas del suelo, como lo son la Da, porosidad, contenido de MO del suelo y colonias de bacterias y hongos. Para los 3 tratamientos se utilizaron un diseño de bloques completamente al azar, con 5 repeticiones para 15 unidades experimentales. Evaluados en dos épocas: antes de la preparación (M1) y después de 2 meses de siembra de maíz (M2). Los resultados arrojaron que la Da presento valores más altos en T1 con 1.52g/cm³ en M1, la densidad aparente más baja (1,27g/cm³) lo presento el T3 en ambas épocas. La T3 presento una mayor porosidad fue mayor con el T3. La siembra directa ocasiono un mayor contenido de MO en el suelo en M2. La labranza de conservación debe ser tenida en cuenta para un mejor manejo de los suelos de la zona. La labranza conservacionista se debe tener en cuenta un buen manejo de suelo.

Alvarado, C. (2016) en la zona Huerta norte de Costa Rica. Evaluo el efecto de la aplicación de abono orgánico e inorgánico en el rendimiento del clon de cacao CATIE-R6 y en la fertilidad del suelo. Para los tratamientos utilizó un DCA con 3 repeticiones, los tratamientos fueron: testigo, N, K, RF, N-K, N-RF-K, Ao L, Ao S y Ao SL. Los resultados arrojaron que 6 de los tratamientos presentan valores del pH por debajo del nivel crítico, El N-RF-K presentan las medias más bajas, con 5,12 y el K las medias más altas con 5,70, la saturación de acidez presenta valores que oscila entre 2,75 y 5,38 para los tratamientos, el tratamiento N-RF-K, presentó una media de 0.47 cmol⁽⁺⁾/L de acidez, la RF presentó una media de 0.28 cmol⁽⁺⁾/L., el rendimiento promedio de grano seco fue de 1322.03 kg/ha. En conclusión, las variables del análisis foliar y los componentes de producción no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos.

Montes (2016) en la zona de Babahoyo – Ecuador. Evaluo los efectos del fosforo y el azufre sobre el rendimiento de mazorcas, en una plantación de cacao. Se utilizo un

DBCA con 3 repeticiones y pruebas de HSD Tukey con $P < 0.05$, los tratamientos fueron (DAP de 30 y 60 kg/ha, sulfato de amonio de 40 y 60 kg/ha, DPA + sulfato de amonio de 30 +40, 30 + 60, 60 +40, 60 + 60 kg/ha). La aplicación de fertilizante en la planta de cacao no tiene influencia significativa con respecto al diámetro de mazorca y el índice de semilla y el mejor rendimiento de cultivo de cacao CCN51 lo obtuvo el tratamiento DAP + sulfato de amonio de 30 + 60 kg/ha con 1539.00 kg/ha. En conclusión, la aplicación de fósforo y azufre influyen un mayor rendimiento de grano de cacao.

Álvarez et al. (2015) en Huila – Colombia. Evaluaron la Contribución de esquemas de fertilización orgánica y convencional al crecimiento y producción del cacao (*Theobroma cacao L.*) bajo arreglo agroforestal. Para los datos estadísticos obtenidos se utilizó un DCA y las pruebas LSD de Fisher con un nivel de significancia de 5%, evaluados por se evaluó 4 tratamientos: fertilización del agricultor o convencional – AG (T1), sulfato de potasio – SP (T2), ECO-S4 – orgánico (T3) y sulfato de potasio más ecocacao – SP-ECO (T4). Los resultados arrojaron que el tratamiento SP tiene mejores valores para el crecimiento del tallo, la producción del SAF si presentó diferencias significativas en tratamientos de para Mc, gntot y Pgs, el crecimiento y la producción fueron mayores en el tratamiento 4 (SP-ECO). Concluye que la fertilización orgánica y tradicional tienen respuestas similares, lo cual corrobora con la hipótesis planteada demostrando que el esquema de fertilización puede ser una alternativa que mejore la producción de cacao.

Landero, E. et al. (2015) en “Manejo agronómico y caracterización socio económica del cacao en Comalcalco, tabasco” el trabajo de investigación fue diagnosticar la producción de cacao (*Theobroma cacao L.*) desde el punto de vista agronómico, económico y social, en la comunidad rural Comalcalco. Se encuestó a 49 productores de cacao, para recopilar datos o información clave para el estudio, se calculó por un muestreo aleatorio simple. Dando como resultado que la mitad de los productores de cacao tienen más de cincuenta años, la mayoría de productores son masculinos, un 85.7% de productores son casados, solo un productor de cacao tiene estudios superiores, un 70% presenta título de propiedad, un 93.9 % le gustaría recibir capacitaciones, más de la mitad de productores de cacao tuvieron la capacidad de innovar nuevas tecnologías, 17 productores de cacao tienen una edad de la plantación de 50 años y un rendimiento por superficie de 94.26 kg/ha, y esto está por debajo del rendimiento nacional. En conclusión, la mayoría de ingresos de los productores de cacao se deben a las diversas actividades agrícolas y cosecha de algunos cultivos asociados al cacao.

Ohep, c. et al. (2002) en la zona maicera del estado Yaracuy. Evaluaron el Efecto de la labranza conservacionista en los atributos físicos del suelo y la incidencia que tiene en el cultivo de *Zea mays L.* (maíz) y seleccionar alternativa que eviten el deterioro del suelo. Se utilizó un DBCA con 7 tratamientos, los cuales son: LC + barbecho cobertura + CG (T1), LC + barbecho incorporado + CG (T2), LC + canavalia como cobertura + CG (T3), LC + crotalaria como cobertura + CG (T4), LC + canavalia incorporada +CG (T5); LC + crotalaria incorporada + CG (T6) y Labranza convencional (T7). Los resultados arrojaron que la densidad radical y los rendimientos en el maíz tuvieron cambios por sus atributos físico por causa del sistema conservacionista y convencional. En conclusión, Los mejores resultados obtenidos fueron los de labranza conservacionista gracias a que utilizaron residuos de leguminosas y gramíneas incorporadas al suelo, y los menos favorables fueron la labranza convencional, causando efectos negativos en todas las variables evaluadas.

2.6.2 Antecedentes nacionales y locales.

Aguilar, M. (2021) en "Evaluación de la calidad del suelo agrícola mediante las características químicas". En la investigación se evaluó la calidad del suelo en tres diferentes cultivos (maíz, café y plátano). La metodología que se usó, al principio fue una caracterización inicial de los subsistemas agrícolas a través de las fichas de observación y encuestas en los que se determinó el manejo de las unidades agronómicas y la percepción de los encuestados relacionado a la gestión de los fitosanitarios, técnicas de recuperación, e impactos ambientales prolongados. No obstante, en la zonificación 1 se obtuvo como resultados, concentraciones de 4,50 pH, 0,62% M.O, 0,10% N, 10,63mg/kg/P, 41,33 mg/kg/k, 121,33 mg/kg/Ca, 19,00 mg/kg/Mg y 9,48 mg/kg/Na, para la zonificación 2, las concentraciones fueron de 4,85 pH, 0,71% M.O, 0,13% N, <5 mg/kg P, 25,00 mg/kg, k, 173,00 mg/kg Ca, 38,00 mg/kg Mg y 11,33 mg/kg Na, mientras que en la zonificación 3, se tubo valores de 4,76 pH, 3,00% M,O, 0,23%N, 5,90mg/kg P, 78,53 mg/kg K, 274,67 mg/kg Ca, 58,67 mg/kg Mg y 9,60 mg/kg Na. Dándome como Conclusión que en los dos diferentes cultivos que son el café y el plátano tienen deficiencia en P, K, Mg, Ca y Na, a excepción del fósforo en el suelo del cultivo de maíz ya que mantiene dentro del rango óptimo.

Celis et al. (2020), en Padre Abad región Ucayali, evaluo el impacto sobre indicadores físicos y químicos del suelo con manejo convencional de coca y cacao. Se utilizo un DCA, con tres tratamientos que están constituidos por el: sistemas del manejo convencional (CO – coca, CA - cacao y BS - bosque secundario está como testigo, con un nivel de significancia de 5%, evaluaron los indicadores físicos de Rp y Da en los estratos de 0

a 10 cm (RP10 y DA10) y 10 a 20 cm (RP20 y DA20) y en los indicadores químicos potencia de hidrogeno, M.O , K, P, Ca, Mg, Al, saturación de aluminio y %AC. Los resultados presentan diferencias significativas en para los indicadores físicos como la DA10 y 20 y RP10 y 20 y en para los indicadores químicos la mayoría muestra diferencias significativas a excepción de fosforo y magnesio. Dando como conclusión, que los indicadores físicos de Da y Rp son afectados con severidad por el manejo convencional de coca en los dos estratos evaluados y los niveles medios de los indicadores químicos se ven afectados de manera negativa.

Potesta, (2018) en alto Palcazú evaluo el efecto que tiene el abono orgánico líquido (técnicas de drench) en las propiedades del suelo y la producción de cacao (*Theobroma cacao* l.). Se utilizó un DBCA con 3 repeticiones y 4 tratamientos, los cuales son: testigo absoluto – T1, drench (abono orgánico liquido) de 200 ml/planta – T2, drench de 400 ml/planta – T3 y drench de 600 mL/planta – T4. Los resultados obtenidos muestran diferencias significativas para niveles de significancia de 10% en el rendimiento del cacao (1111 plantas/ ha), el mejor rendimiento de cacao lo presento el T3 con 1 127.66 kg/ha. En la evaluación de los cationes cambiabes, el Mg^{2+} mostro diferencias significativas en un nivel de significancia de 5% a diferencia de los otros indicadores y pero en los indicadores de fertilidad a un nivel de significancia de 10% la materia orgánica presento diferencia significativa. Concluyendo así que la aplicación de drench o abonos líquidos no mejora las propiedades de los suelos, pero si, produce un incremento significativo positivo en el rendimiento del cacao.

Ludeña, (2013) evaluo el efecto de fertilización orgánica y microelementos en el rendimiento de cacao CCN-51 en Jaén. Fueron evaluados mediante un DBCA con 68 repeticiones y con las pruebas HSD Tukey con un ($P < 0,05$), con 4 tratamientos, que son: sin fertilización (T0), fertilización 1 (T1), fertilización 2 (T2) y fertilización 3 (T3). Los mejores resultados obtenidos en los 4 trimestres, para el T3 con 11760.58 (Bloque 4), 1296.77 (Bloque 4), 1347.07 (Bloque 3) y 1537.92 (Bloque 3) . En conclusión, que el efecto de uso de fertilizantes en diferentes tratamientos, se traduce en el incremento en la producción de cacao. Además, la necesidad de realizar fertilización combinada en los macro y micro nutrientes en la planta de cacao, lo cual genera el crecimiento y desarrollo de la planta, lo cual manifiesta en el aumento del rendimiento.

Arévalo, (2014) en Tarapoto, San Martín, Perú. Estudio los cambios en las características físicas y químicas del suelo, la dinámica poblacional de nematodos y hongos asociados a la rizosfera del cultivo de cacao y los índices de calidad de suelo en

indicadores fisicoquímicos y biológicos bajo sistemas agroforestales y tradicionales. Los resultados determinaron que las propiedades físicas de los indicadores de Da (g/cm^3) y porosidad (%) presentaron medias que resultaron estadísticamente diferentes para la mayoría de las evaluaciones, del mismo modo, las propiedades químicas de los indicadores de materia orgánica, potencial de hidrogeno, NPK y microelementos presentan medias que resultaron ser diferentes para la mayoría de los sistemas evaluados. Se concluye que las alteraciones del medio ambiente producen algunos cambios en las propiedades físicos, químicos y biológicos del suelo y por consiguiente influye en la calidad de los suelos para una agricultura sustentable.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de estudio

La investigación se encuentra desarrollado en el centro poblado de Huamancoto, que pertenece a Pumahuasi, en el distrito de Daniel Alomía Robles, provincia de Leoncio prado región Huánuco (Figura 1). Las áreas de cultivo de caco son de propiedad del señor Calixto Jaimes, Zósimo y su señora Rodríguez Camavilca, Ida.

El fundo San Juan geográficamente se ubica en las coordenadas Latitud Sur $09^{\circ} 12' 25.08''$ Longitud Oeste $75^{\circ} 56' 17.05''$ con una Altitud de 649 m.s.n.m.

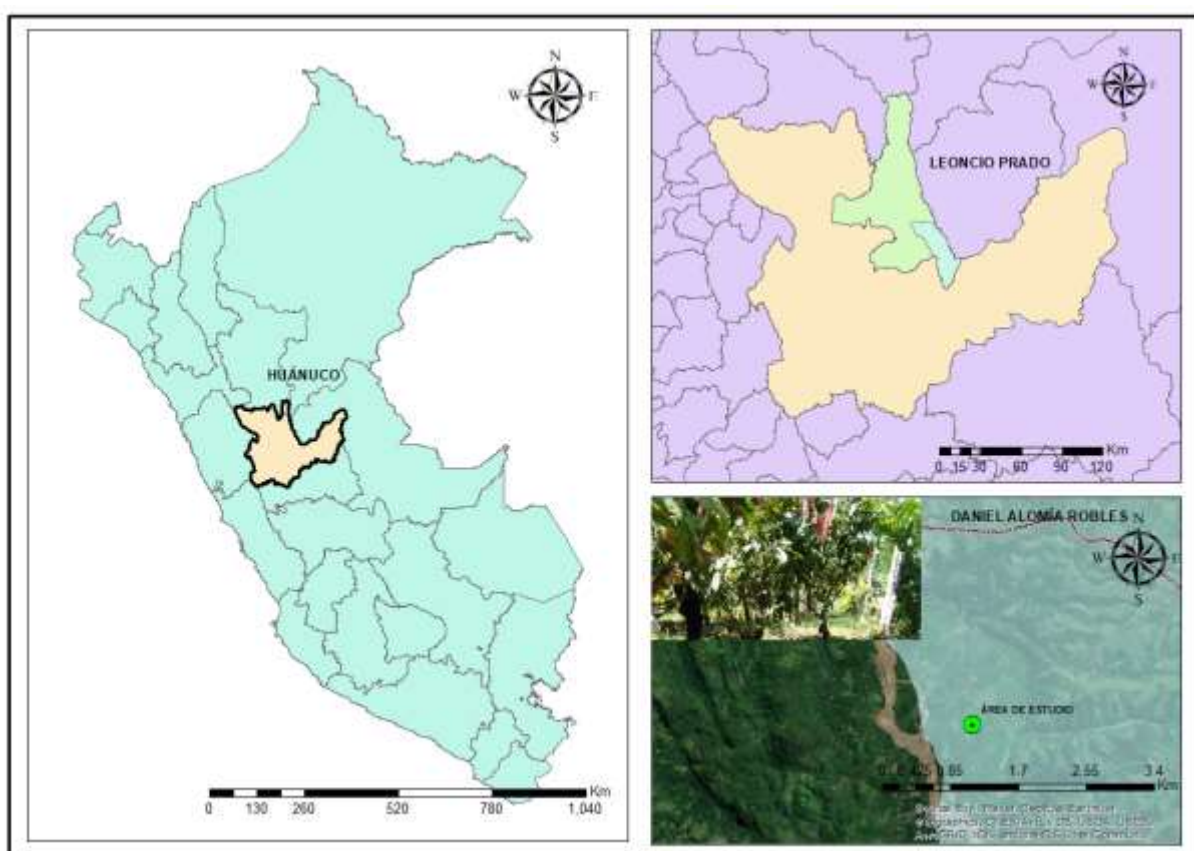


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

3.2 Características del área de estudio.

Según Holdrige, (1953) menciona que Huamancoto pertenece a un Bosque muy Húmedo Sub Tropical (bmh-ST), con temperaturas que oscilan desde los 18°C a 28°C . Precipitaciones frecuentes que superan los 200 mm/h. Además, con unas precipitaciones pluviales que se encuentra en un promedio de 3 200 mm/año, similares a la provincia leoncio prado (SENAMHI, 2020).

3.3 Acceso al proyecto

El recorrido para llegar desde Tingo María al lugar de ejecución del proyecto (Fundo San Juan) por pura carretera asfaltada hasta Pumahuasi, para luego entrar a Huamancoto es carretera no pavimentada, a una distancia de 22 km con un Tiempo de 45 min hasta la zona de estudio.

3.4 Materiales y equipos

3.4.1 Materiales de campo y laboratorio.

El tubo muestreador, cinta roja, libreta de campo, cilindro metálico, bolsas de 2 kg o 3 kg, pala recta, navaja, machete, balde de 4 y 20 litros, wincha, Matraz de Erlenmeyer, vaso de precipitación, tubo de ensayo, papel filtro #40, probeta graduada, varilla, tamiz, balanza de precisión, estufa, agua destilada, ácido sulfúrico, difenilamina sulfúrica, sal de Mohr y cloruro de potasio.

3.4.2 Equipos de campo y laboratorio.

Cámara fotográfica, sistema de posicionamiento global (GPS) marca garmin, pHmetro, Espectro fotómetro de absorción atómica y Espectro fotómetro UV-VIS.

3.5 Áreas evaluadas

3.5.1 Parcelas de T. cacao con 4, 6 y 8 años de manejo orgánico.

Las parcelas agrícolas de manejo orgánico de cacao, están dentro del fundo San Juan, Estos cultivos se caracteriza por tener árboles de tamaño mediano por el manejo de poda anual, Su corona es densa, redondeada. Las plantaciones de cacao son en cuadrado de 3x3 metros, con 1 111 plantas de cacao por hectárea. Como sombra se utiliza el árbol de *inga edulis* sp (guaba) que es una leguminosa que es bien coposa y da buena sombra al cacao, generalmente se realizan las actividades como control de sombra a través de podas, control de malezas, control de enfermedades, etc. El abonamiento del cacao se realiza con el abono orgánico que preparan con microorganismos sólidos de monte virgen, se utilizó 1500 kg de hojarasca, 40 kg de polvillo de arroz fresco, 1 galón de 5 litros de melaza de caña se mezcla y se coloca en un barril de 80 litros junto con los 10 kg microorganismo sólidos y se mezcla hasta que se homogenice y se deja por 30 días bien tapado (parte anaeróbica) y por otro lado en un costal se separa 10 kg del preparado más 10 kg de microorganismo sólidos y se

deja por 30 días (parte aeróbico), luego del barril se saca un 1 kg de la mezcla anaeróbica y del costal 4 kg de la mezcla aeróbica, se hecha 100 litros de agua con 3 litros de melaza de caña y se mezcla, se esperan 15 días para obtener las levaduras, lo cual son mezclados en 555 kg de excremento de cuy, se mezcla mañana y tarde durante 8 días, y después de 15 días está listo para el abonamiento del cacao, por planta de cacao se aplica ½ kg del abono orgánico y por hectárea entra 555 kg de abono orgánico.

3.5.2 Manejo orgánico aplicado.

En el (Tabla 02) se muestra el manejo orgánico que se está aplicando en la parcela de cacao en todo el año.

Tabla 02. Manejo orgánico que se realiza cada año.

Año	Manejo orgánico
Abril – Mayo	Se realiza control de maleza para cada parcela de cacao con la moto guadaña y machetes.
Mayo – junio – Julio	En estos meses se realiza la cosecha general porque hay mayor producción.
Julio – Agosto	se realiza el abonamiento, con abono preparado con excremento de cuy, melaza de caña, microorganismos aeróbicos y anaeróbicos (monte virgen).
Agosto – Setiembre	Poda al 50 %
Octubre – Noviembre	Control de maleza Control de plagas
Diciembre – Enero	se realiza la cosecha Baja, porque da menor producción durante eso meses.
Enero – Febrero	Despunte se realiza tomando en cuenta las ramas que estorban
Febrero – Marzo	se realiza el abonamiento, con abono preparado con excremento de cuy, melaza de caña, microorganismos aeróbicos y anaeróbicos (monte virgen).

Fuente: Propia

3.5.3 Parcela de cacao con 8 años de manejo tradicional

La parcela agrícola de manejo tradicional del cacao tiene 8 años de haber sido instalado, están dentro del fundo San Juan, Este cultivo solo lleva manejo de poda y control de sombra. Su corona es densa, redondeada. La plantación de cacao es en cuadrada de 3x3 metros, con 1 111 plantas de cacao por hectárea.

3.6 Criterio y análisis de estudio

3.6.1 Tipo y nivel de investigación

Es de tipo básico, porque se recurrió a conocimientos establecidos en las ciencias del suelo, para la práctica y uso de manejo orgánico que mejore el rendimiento y la calidad del suelo. Corresponde a un nivel de investigación descriptiva comparativa porque se evaluó los indicadores de calidad física y química del suelo, se comparó con indicadores de rendimiento en sistema de manejo orgánico de cacao.

3.6.2 Diseño de la investigación

Corresponde a una investigación no experimental correlacional, con ajuste estadístico de diseño completamente aleatorizado (DCA), donde los tratamientos lo constituyen la parcela de manejo orgánica de 4 años, 6 años y 8 años y la parcela de manejo tradicional de 8 años sirvió como parcela de referencia, de las 4 tratamientos se extrajeron 15 muestras en una subárea de muestreo de 2000 m² por cada parcela, haciendo en total 60 muestras de suelo y también se evaluó el rendimiento y el índice de mazorcas con 15 plantas por parcela de tratamiento dando en total 60 plantas evaluadas.

Tabla 03. Tratamientos de las cuatro parcelas.

Tratamientos	Parcelas	código
T1	Parcela de Cacao de 4 años	MO4
T2	Parcela de Cacao de 6 años	MO6
T3	Parcela de Cacao de 8 años	MO8
T4	Parcela de manejo tradicional de Cacao de 8 años	MT8

Fuente: Propia

3.7 Muestreo de campo

En cada tratamiento seleccionado se extrajeron 15 muestras de suelo completamente al azar por cada parcela son cuatro parcelas, haciendo 60 muestras de suelo, también se evaluó la producción del cacao, se seleccionó 15 plantas al azar por parcela de tratamiento de las cuales se tiene 60 plantas evaluadas, se le puso una cinta roja para distinguirlos, se cosechó cada fruto por parcela, se despulpo y coloqué en un balde respectivamente y así se calculó el rendimiento por cada tratamiento y con eso se halló el índice de mazorca.

3.8 Metodología

3.8.1 Determinación de los indicadores de calidad física del suelo: textura, densidad aparente (Da), y resistencia a la penetración (Rp).

Se determino los indicadores físicos en base al United States Department of Agriculture (USDA, 1999), en cada tratamiento seleccionado se determinó la densidad aparente lo cual se realizó por el método de la probeta, la resistencia a la penetración se obtuvo por el método directo (penetrómetro de cono) y la textura del suelo por el método del hidrómetro de Bouyoucos, metodología descrita por Bazán (2017), cuales se evaluó en el laboratorio de suelo de agronomía en la universidad nacional agraria de la selva.

3.8.2 Determinación de los indicadores de calidad química del suelo

En cada tratamiento seleccionado se extrajo en base a Bazán (2017) de los cuales se evaluaron los indicadores químicos como materia orgánica por el método de Walkley y Black, pH por el método electrométrico, el nitrógeno por el método de materia orgánica, el fósforo disponible por el método de Olsen modificado, el potasio disponible por el método acetato de amonio, el calcio disponible por el método de acetato de amonio, el magnesio disponible por el método de acetato de amonio, conductividad eléctrica por el método electrométrico y la capacidad de intercambio catiónico por el método de acetato de amonio, todos los indicadores químicos se han evaluado en el laboratorio de suelos de agronomía en la universidad agraria de la selva.

3.8.3 Determinación de la calidad del suelo

3.8.3.1 Indicadores de calidad

a) Análisis de componentes principales

En el análisis de componentes principales se identificó los indicadores más relevantes, se utilizó el software SPSS, se determinó la prueba de KMO y de Bartlett, matriz de componentes rotados para cada indicador según la carga factorial, el gráfico de sedimentación y el gráfico de componente de espacio rotado.

Se muestra la carga factorial según el tamaño de muestra (tabla 8), los cuales se compararon con los valores obtenidos de la matriz de componentes rotados valores menores a la carga factorial son carentes de explicación.

Tabla 04. Carga factorial según el tamaño de muestra

Carga factorial	Tamaño de muestra
0,30	350
0,35	250
0,40	200
0,50	150
0,55	120
0,60	85
0,65	70
0,70	60
0,75	50

Fuente: Hair et al (1999)

3.8.3.2 Índice de calidad de suelo (ICS)

Se determino por el método del SUSS realizado por SAGARPA (2012). Además, se utilizó valores deseables y corte para la Arena, Limo y Arcilla tomado como referencia el triángulo textural propuesto por la FAO (2009).

Subíndice del SUSS. según SAGARPA (2012).

$$SUSS = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$$

Donde:

P: Promedio de los parámetros normalizados

i : Indicador analizado

n: Números total de indicadores analizados

Para determinar el SUSS primero se obtuvo el promedio de los valores normalizados en cada indicador.

$$P = \frac{\sum_{j=1}^n R_{nj}}{rn}$$

Donde:

Rn : Valor del parámetro normalizado

rn : Numero de muestras analizadas

j : Es cada muestra de suelo

Encontrado el valor de P se calculó el parámetro normalizado de cada indicador.

$$R_{nj} = 1 - \left(\frac{V_{rj} - d_j}{c_j - d_j} \right)$$

Donde:

Rn: Resultado normalizado

Vr: Valor del indicado.

d: Valor deseable del indicador

c: Valor de corte del indicador

j: cada muestra de suelo

Tabla 05. Parámetros edáficos para la determinar el índice de calidad de suelo

Indicador	Unidad	Rango Deseable	Valor de Corte
M.O	%	M.O > 5	0.5
Da	G cm ³	Da < 1.1	1.47
CE	dS m ⁻¹	CE < 1	4.1
pH	pH	6 < pH < 7	5 < pH < 8.5
P	ppm	P > 5.5	0
Mg	Cmol ⁽⁺⁾ /kg	Mg > 0.3	0
Ca	Cmol ⁽⁺⁾ /kg	Ca > 5	0
CIC	Cmol ⁽⁺⁾ /kg	CIC > 15	5
N	%	N > 0.2	0.05
Arena*	%	70	30
Arcilla*	%	10	40
Limo*	%	70	30

Fuente: SAGARPA (2012), * FAO (2009).

La determinación de la calidad se realizó con los valores medios finales obtenidos, aplicando rangos de calidad del SUSS, según la clase propuesta por Cantú et al. (2007).

Tabla 06. Clase de calidad según Cantú et al (2007)

Clase	Escala
Muy alta calidad	0,80 - 1,00
Alta calidad	0,60 - 0,79
Moderada calidad	0,40 - 0,59
Baja calidad	0,20 - 0,39
Muy baja calidad	0,00 - 0,19

Fuente: Cantú et al (2007)

3.8.4 Determinación de los indicadores de producción cacao: Rendimiento, Numero de mazorcas e índice de mazorca.

3.8.4.1 Rendimiento

Para el cálculo del rendimiento se seleccionó 15 plantas al azar por tratamiento, son 4 tratamientos lo cual da 60 plantas a las cuales se le puso una cinta roja para poder reconocerlas, después se cosecho los frutos sanos de cacao de cada tratamiento por separado con una frecuencia de cosecha de cada 15 días durante 4 meses, los cuales son

despulpados y puesto en un balde, se realizó la fermentación del cacao por 7 días y luego realizo el secado del cacao para luego pesarlo y así se calculó el rendimiento por planta, luego se proyectó el rendimiento para una hectárea.

3.8.4.2 Número de mazorcas

Para el cálculo del número de mazorcas se contó las mazorcas por planta de tratamiento que se cosecho durante los cuatro meses. Calculando así el número de mazorcas tienen cada planta.

3.8.4.3 Índice de mazorca

Para el cálculo del índice de mazorca (IM) se determinó directamente dividiendo el número de mazorcas o cocos con kg de grano seco, obteniendo el IM de cada planta evaluada.

3.9 Determinación de los análisis estadísticos: análisis de varianza (ANOVA), comparaciones múltiples (HSD - Tukey) y la correlación de Pearson

El diseño utilizado es completamente aleatorizado DCA en donde los tratamientos lo constituyen las áreas con manejo orgánico de *Theobroma cacao*: Parcela de Cacao de 4 años -MO4 (T2), Parcela de Cacao de 6 años -MO6 (T3) y Parcela de Cacao de 8 años -MO8 (T4), y parcela de cacao de 8 años con manejo tradicional-MT8 (T1) con tamaño de muestra $n=60$ (15 muestras por tratamiento). Los datos se someterán a la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5% para la comparación de medias para los indicadores fisicoquímicos del suelo y de producción. Para el procesamiento de los datos se utilizará el software libre SPSS, los datos se presentan en tablas, analizadas estadísticamente.

Tabla 07. Modelo del análisis de varianza

Fuente de variación	GL	SC	CM	Valor de F
Tratamiento	$t - 1$	$\sum_{i=1}^t \frac{Y_i^2}{r} - \frac{Y^2}{tr}$	SC_{trat}/gl_{trat}	CM_{trat}/CM_{ee}
Error	$t(r - 1)$	$SC_{total} - SC_{trat}$	SC_{ee}/gl_{ee}	
Total	$tr - 1$	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r Y_{ij}^2 - \frac{Y^2}{tr}$		

El modelo aditivo lineal que se aplicará:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

Donde:

Y_{ij} = Observación

μ = Media general

T_i = Efecto del tratamiento

β_j = Efecto del tipo del manejo

ε_{ij} = Error experimental

Para la correlación de Pearson se usó para medir la relación lineal entre dos variables cuantitativas y es independiente de la escala de las variables como se muestra en la Tabla 08.

Tabla 08. Interpretación del coeficiente de correlación de Pearson.

Valor del coeficiente r	Significado
-1.00	Correlación negativa perfecta.
-0.90	Correlación negativa muy fuerte.
-0.75	Correlación negativa considerable.
-0.50	Correlación negativa media.
-0.25	Correlación negativa débil.
-0.10	Correlación negativa muy débil.
0.00	No existe correlación alguna entre las variables
0.10	Correlación positiva muy débil.
0.25	Correlación positiva débil.
0.50	Correlación positiva media.
0.75	Correlación positiva considerable.
0.90	Correlación positiva muy fuerte.
1.00	Correlación positiva perfecta.

Fuente: Hernández et al. (2014)

3.10 Variables

a) Independiente:

Manejo orgánico y tradicional del cacao.

b) Dependiente:

Calidad de suelo: Física (textura, resistencia a la penetrabilidad y densidad aparente) y Química (MO, pH, N^+ , P^{3-} , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y CIC)

Producción: Rendimiento e índice de mazorca.

c) Interviniente

Edad de la Plantación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Indicadores físicos del suelo

Los indicadores físicos del suelo muestran que ninguna parcela de manejo orgánico de diferentes edades son iguales, la **Tabla 09**, muestra diferencias altamente significativas en todos los indicadores. Además, se puede apreciar que el MT8 (manejo tradicional de 8 años) presenta las medias más altas en los indicadores Rp ($2,72 \text{ kg/cm}^2$) y Limo (53,73%) a diferencia del MO4, 6 y 8; esto me indica que en los tratamientos de manejo orgánico hay un menor incremento de la Rp a diferencia del tratamiento de manejo tradicional. MT8 y MO8 presenten medias más altas en Da ($1,28 \text{ g/cm}^3$) a diferencia del MO4 y 6. El MO4 (manejo orgánico de 4 años) presenta medias más altas en el indicador Arcilla (22,73 %) y El MO8 (manejo orgánico de 8 años) presenta medias más altas en indicadores de Arena (43,67 %).

Tabla 09. Estadística descriptiva para los indicadores físicos del suelo, según tratamientos.

Indicadores	Tratamiento				Estadísticos	
	MT8	MO4	MO6	MO8	SEM	Sig.
Rp (kg/cm^2)	2,72±0,22c	2,27±0,15a	2,25±0,15a	2,50±0,29b	0,044	0,00**
Da (g/cm^3)	1,28±0,04b	1,25±0,04ab	1,20±0,05a	1,28±0,07b	0,002	0,00**
Arena (%)	30,00±1,96b	25,53±1,19a	41,07±1,58c	43,67±1,50d	2,500	0,00**
Arcilla (%)	16,27±1,28a	22,73±0,88b	15,80±1,32a	16,13±0,92a	1,250	0,00**
Limo (%)	53,73±3,13c	51,73±1,39c	43,13±2,50b	40,13±1,55a	5,095	0,00**

Rp resistencia a la penetración, MT8 manejo tradicional de 8 años, MO manejo orgánico de 4, 6 y 8 años, Sig. significancia estadística, * significativo ($P < 0,05$), ** altamente significativo ($P < 0,01$), SEM cuadrado medio del error. las letras a, b, c y d.

Las comparaciones múltiples (**Tabla 10**), muestran que la Arena en todas las parcelas de manejo orgánicos son diferentes al MT8, la Arcilla en la parcela de MO4 son diferentes al MT8, el MO6 Y MO8 del Limo son diferentes al MT8, la Rp de MO de 4, 6 y 8 son diferentes al MT8, la Da en el MO6 es diferente al MT8.

Tabla 10. Comparaciones múltiples HSD Tukey de los indicadores físicos.

Comparaciones múltiples			
Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
Variable dependiente: Arena			
MO4	4,4667*	0.57735	0,000
MT8 MO6	-11,0667*	0.57735	0,000
MO8	-13,6667*	0.57735	0,000
Variable dependiente: Arcilla			
MO4	-6,4667*	0.40825	0,000
MT8 MO6	0.4667	0.40825	0.665
MO8	0.1333	0.40825	0.988
Variable dependiente: Limo			
MO4	2	0.82424	0.084
MT8 MO6	10,6000*	0.82424	0,000
MO8	13,6000*	0.82424	0,000
Variable dependiente: Rp			
MO4	,4480*	0.07699	0.000
MT8 MO6	,4713*	0.07699	0.000
MO8	,2127*	0.07699	0.038
Variable dependiente: Da			
MO4	0.0300	0.01819	0.360
MT8 MO6	,0780*	0.01819	0.000
MO8	-0.0047	0.01819	0.994

MT8= manejo tradicional de 8 años, MO= manejo orgánico de 4, 6 y 8 años, Sig. Significancia, * significativo (P<0.05).

El análisis de correlación (**Tabla 11**) muestra relación negativa significativa débil entre los tratamientos y la Rp, positiva considerable con la Arena, negativa débil con la Arcilla y negativa muy fuerte con el limo; esto explica, que el manejo orgánico realizado en las parcelas de cacao, tendrá una disminución de la Rp con el tiempo, la fracción limo, arcilla y arena van a mejorar su estructura positivamente. También se observa relación positiva débil entre la Rp y la Da y relación negativa débil con la Arcilla; esto quiere decir que con el manejo realizado la Rp con el tiempo va a disminuir y esto origina que la fracción del suelo sea menos arcillosa, lo cual también me indica que la Da va a disminuir con el tiempo positivamente, ya que se muestra relación con la Rp. Además, la Arena muestra relación negativa media con la Arcilla y Negativa muy fuerte con el Limo. Relación positiva débil entre la Arcilla y el Limo.

Tabla 11. Correlación de Pearson con los indicadores físicos.

		Tratamiento	Rp	Da	Arena	Arcilla
Tratamiento	Correlación de Pearson					
	Sig. (bilateral)					
	N					
Rp	Correlación de Pearson	-,264*				
	Sig. (bilateral)	0.042				
	N	60				
Da	Correlación de Pearson	-0.065	,428**			
	Sig. (bilateral)	0.621	0.001			
	N	60	60			
Arena	Correlación de Pearson	,823**	-0.047	-0.070		
	Sig. (bilateral)	0.000	0.719	0.595		
	N	60	60	60		
Arcilla	Correlación de Pearson	-,266*	-,296*	-0.015	-,675**	
	Sig. (bilateral)	0.040	0.022	0.908	0.000	
	N	60	60	60	60	
Limo	Correlación de Pearson	-,906**	0.222	0.097	-,923**	,342**
	Sig. (bilateral)	0.000	0.088	0.462	0.000	0.008
	N	60	60	60	60	60

Rp= resistencia a la penetración, Da= densidad aparente, *= significativo, **= altamente significativo.

Los indicadores físicos evaluados (Tabla 09) fueron la textura, la Rp y Da, encontrándose según la FAO (2009) texturas franco limoso para el MT8 y MO4, y franco para el MO6 y 8. Además, las fracciones de arena, arcilla y limo muestran diferencias altamente significativas en todos los casos al igual que la Da y Rp, este último presenta valores que fluctúa entre los 2,25 (MO6) y 2,72 (MT8) para Acuña (2021) corresponden a suelos duros (2- 3) entrando todos los tratamientos MT8 y MO4, 6 y 8. Asimismo, la Da presenta valores que fluctúan de 1,20 (MO6) y 1,28 (MT8 y MO8) para Navarro (2003) corresponde a suelos francos (1.20 – 1.32) entrando todos los tratamientos, también, se puede apreciar que el MT8 y MO8 muestran mayores densidades aparentes (1,28 g/Cm³) a comparación del MO4 y 6 años, según USDA (1999) presentan densidades ideales en todas las parcelas de tratamientos. Según el análisis de comparación múltiple HSD-Tukey (Tabla 10) revelan que los tratamientos MO4, 6 y 8, para Arena y Rp es el que muestra diferencias respecto al MT8 y en caso de la Da en el tratamiento de MO6 es diferente respecto al MT8.

Según USDA (1999) el incremento de la Da, la Rp tiende a aumentar y la porosidad del suelo disminuye, estos cambios limitan el crecimiento de las raíces a valores críticos. En el estudio realizado la (Tabla 09) muestra que las densidades aparentes más altas lo presentan el MT8 y MO8, los cuales presentan resistencias a la penetración del suelo más altas lo cual corrobora con lo mencionado. Por otro lado, Navarro y Navarro (2003) menciona que los valores bajos de densidad aparente se asocian con una condición general

más apropiada para los cultivos. En nuestro estudio presentan valores más bajos los manejos orgánicos de 4 y 6 años, lo cual indica que tendrán condición adecuada para el cultivo de cacao.

Bruand *et al.* (2004) señalan que la Rp y Da presentan una diferente sensibilidad para medir la compactación del suelo y, por tanto, no hay buena correlación entre ellas. En nuestro estudio presentan una correlación positiva débil como se aprecia en la (Tabla 11), esto indica que en los tratamientos de manejo orgánico hay un menor incremento de la Rp a diferencia del tratamiento de manejo tradicional, lo cual hace que la Da sea menor para las parcelas de tratamiento orgánico con el tiempo, lo cual no concuerda con señalado el autor.

4.2 Indicadores químicos del suelo

Los indicadores químicos del suelo muestran que la parcela de manejo orgánico de diferentes edades y manejo tradicional no son iguales en la mayoría de los indicadores, la Tabla 12, muestra diferencias altamente significativas en los indicadores MO, P³⁻, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, CIC y Na⁺, el pH muestra diferencias significativas y el N⁺ no muestra diferencias significativas.

Tabla 12. Estadística descriptiva para los indicadores químicos del suelo, según tratamientos.

Indicadores	Tratamiento				Estadísticos	
	MT8	MO4	MO6	MO8	SEM	Sig.
´pH	8,16±0,08a b	8,13±0,06ab	8,19±0,13b	8,09±0,08a	0,008	0,040*
MO %	1,62±0,10a	2,35±0,15c	1,74±0,13b	1,77±0,11b	0,015	0,00**
N (%)	0,08±0,004 a	0,12±0,01a	0,09±0,01a	0,13±0,15a	0,006	0,260
P (%)	3,45±0,16a	3,29±0,17a	3,90±0,27b	7,67±0,44c	0,080	0,00**
K (%)	88,76±6,78 a	109,73±5,00c	111,08±4,48c	101,56±5,27b	29,709	0,00**
Ca (Cmol ⁽⁺⁾ /kg)	15,94±0,93 c	16,28±1,61c	10,27±0,59b	7,73±1,04a	1,252	0,00**
Mg (Cmol ⁽⁺⁾ /kg)	1,67±0,22b	1,87±0,11c	1,59±0,17b	1,25±0,14a	0,027	0,00**
CIC	17,99±0,95 c	18,53±1,52c	12,22±0,68b	9,39±1,14a	1,243	0,00**
Na (Cmol ⁽⁺⁾ /kg)	15,47±1,06 a	16,00±4,00ab	14,93±1,94a	18,00±1,00b	5,476	0,00**

MT8 manejo tradicional de 8 años, MO manejo orgánico de 4, 6 y 8 años, SEM cuadrado medio del error, Sig. significancia estadística, * significativo, ** altamente significativo.

Además, en la Tabla 12, se puede apreciar que el MO4 (manejo orgánico de 4 años) presenta las medias más altas en los indicadores MO (2,35 %), Ca²⁺ (16,28 Cmol⁽⁺⁾/kg), Mg²⁺ (1,87 Cmol⁽⁺⁾/kg) y CIC (18,53 Cmol⁽⁺⁾/kg). El MO6 (manejo orgánico de 6 años)

presenta las medias más altas en los indicadores pH (8,19) y K^+ (111,08 ppm) y el MO8 (manejo orgánico de 8 años) presenta las medias más altas en el N^+ (0,13 %), P^{3-} (7,67 ppm) y Na^+ (18,00 $Cmol^{(+)/kg}$).

Las comparaciones múltiples (**Tabla 13**), muestran que el pH, N^+ y Na^+ en todas las parcelas de manejo orgánico de diferentes edades no muestra diferencias estadísticas al MT8, la M.O y K^+ en todas las parcelas de MO4,6 y 8 años son diferentes al MT8, el MO6 y MO8 del P^{3-} y Ca^{2+} son diferentes al MT8, el MO4 del P^{3-} y Ca^{2+} no muestran diferencias con el MT8.

Tabla 13. Comparaciones múltiples HSD Tukey de los indicadores químicos

Comparaciones múltiples				
Tratamiento		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
Variable dependiente: pH				
MT8	MO4	0,0247	0,03288	0,876
	MO6	-0,034	0,03288	0,73
	MO8	0,0593	0,03288	0,282
Variable dependiente: M.O				
MT8	MO4	-,7333*	0,04498	0,000
	MO6	-,1213*	0,04498	0,044
	MO8	-,1567*	0,04498	0,005
Variable dependiente: N				
MT8	MO4	-0,0366	0,02758	0,55
	MO6	-0,006	0,02758	0,996
	MO8	-0,0467	0,02758	0,337
Variable dependiente: P				
MT8	MO4	0,1527	0,10338	0,458
	MO6	-,4500*	0,10338	0,000
	MO8	-4,2207*	0,10338	0,000
Variable dependiente: K				
MT8	MO4	-20,9693*	199,028	0,000
	MO6	-22,3173*	199,028	0,000
	MO8	-12,8013*	199,028	0,000
Variable dependiente: Ca				
MT8	MO4	-0,3427	0,40862	0,836
	MO6	5,6647*	0,40862	0,000
	MO8	8,2100*	0,40862	0,000
Variable dependiente: Mg				
MT8	MO4	-,1993*	0,06024	0,009
	MO6	0,0787	0,06024	0,563
	MO8	,4187*	0,06024	0,000
Variable dependiente: CIC				
MT8	MO4	-0,5347	0,40703	0,558
	MO6	5,7733*	0,40703	0,000
	MO8	8,6033*	0,40703	0,000
Variable dependiente: Na				
MT8	MO4	-0,5333	0,85449	0,924
	MO6	0,5333	0,85449	0,924
	MO8	-2,5333*	0,85449	0,022

MT8= manejo tradicional de 8 años, MO= manejo orgánico de 4, 6 y 8 años, Sig. Significancia, * significativo ($P < 0.05$).

El análisis de correlación (**Tabla 14**) muestra relación positiva altamente significativa considerable entre los tratamientos y el P, positiva débil con el K, Negativa

considerable con el Ca, negativa media con el Mg y negativa considerable con la CIC. También, se observa relación negativa débil entre el pH y el Na. Además, la MO muestra relación positiva débil con la K, Ca, Mg y CIC. El P muestra relación negativa considerable con el Ca, Mg y CIC, y positiva débil con el Na. Relación positiva media entre el Ca y el Mg, positiva muy fuerte con el CIC. Relación positiva considerable entre el Mg y el CIC.

Tabla 14. Correlación de Pearson con los indicadores químicos.

Tratamiento	Correlación de Pearson	pH	MO	N	P	K	Ca	Mg	CIC	
	Sig. (bilateral)									
	N									
pH	Correlación de Pearson	-0.143								
	Sig. (bilateral)	0.276								
	N	60								
MO	Correlación de Pearson	-0.052	-0.101							
	Sig. (bilateral)	0.695	0.442							
	N	60	60							
N	Correlación de Pearson	0.162	-0.178	0.158						
	Sig. (bilateral)	0.217	0.174	0.229						
	N	60	60	60						
P	Correlación de Pearson	,815**	-0.230	-0.235	0.184					
	Sig. (bilateral)	0.000	0.078	0.070	0.160					
	N	60	60	60	60					
K	Correlación de Pearson	,431**	-0.049	,464**	0.134	-0.029				
	Sig. (bilateral)	0.001	0.708	0.000	0.309	0.827				
	N	60	60	60	60	60				
Ca	Correlación de Pearson	-,896**	0.082	,389**	-0.067	-,791**	-0.174			
	Sig. (bilateral)	0.000	0.534	0.002	0.614	0.000	0.184			
	N	60	60	60	60	60	60			
Mg	Correlación de Pearson	-,626**	0.053	,389**	-0.057	-,758**	0.140	,699**		
	Sig. (bilateral)	0.000	0.685	0.002	0.668	0.000	0.287	0.000		
	N	60	60	60	60	60	60	60		
CIC	Correlación de Pearson	-,895**	0.080	,396**	-0.066	-,803**	-0.156	,998**	,734**	
	Sig. (bilateral)	0.000	0.545	0.002	0.616	0.000	0.234	0.000	0.000	
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	
Na	Correlación de Pearson	,287*	-,260*	0.061	0.160	,399**	-0.002	-0.195	-0.176	-0.196
	Sig. (bilateral)	0.026	0.045	0.641	0.223	0.002	0.986	0.134	0.179	0.133
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60

* significativo ($P < 0,05$), ** altamente significativo ($P < 0,01$)

El resultado de evaluados revela que existe diferencias estadísticas significativas en la mayoría de los indicadores químicos, excepto, en el N (Tabla 12). Este comportamiento es ratificado en el análisis de comparaciones múltiples HSD de Tukey, donde el N⁺, PH y Na⁺ de las parcelas de manejo orgánico no son diferentes al MT8, además, pone en evidencia que el K⁺ y MO en todas las parcelas de manejo orgánico son diferentes al MT8. Sin embargo, en el MO6 y MO8 el P³⁻ y Ca²⁺ son diferentes al MT8, el MO4 del P³⁻ y Ca²⁺ no muestran diferencias con el MT8. Finalmente, el análisis de correlación (Tabla 14) muestra relación positiva altamente significativa considerable entre

los tratamientos y el P, positiva débil con el K, Negativa considerable con el Ca, negativa media con el Mg y negativa considerable con la CIC.

El pH, presento diferencias significativas y fluctúa entre 8,09 (MO8) y 8,19 (MO6), para SAGARPA (2012) corresponden a suelos medianamente alcalinos (7,30 – 8,50). según Azabache (2003), los pH medianamente alcalinos generan baja disponibilidad de P. En nuestro caso el P presenta niveles bajos ($< 5,50$) los tratamientos MT8, MO4 y MO6, y niveles medios (5,50-11,00) para el MO8 (SAGARPA ,2012), y esto se debe a que el P se encuentran más disponibles a pH entre 6 y 7.5 (Romero, 1996) y eso explica por qué el P presenta niveles bajos y medios para nuestro estudio. También, El uso de enmiendas orgánicas ya sea en sistemas orgánicas o convencionales inducen a cambios en la dinámica del nitrógeno, disminuye la acidez del suelo, mantiene el predominio de la CIC y mejora la actividad microbiana (Theodoro et al., 2003). En nuestro estudio las parcelas de manejo orgánico gracias al manejo aplicado no presentan pH ácidos y mantienen niveles de la CIC corroborando con lo que dice el autor.

La MO, presento diferencia altamente significativa y fluctúa entre 1,62 (MT8) y 2,35 (MO4) , según SAGARPA (2012) el indicador presenta niveles medios ($1,50 \leq MO < 3,50$) para todos los tratamientos. La MO se considera la base de la fertilidad y tiene un efecto directo sobre los parámetros físicos y químicos, especialmente sobre la formación de agregados estables y la disponibilidad de importantes macronutrientes como N, P y S (Cunha et al., 2018, Demuner et al., 2013). En nuestro estudio la MO no tiene una relación directa con el N y P como se observa en la Tabla 14, pero si presenta relación débil con indicadores K, Ca, Mg y CIC. Además, Ramírez & Salazar (2006) observaron que la resistencia mecánica del suelo disminuye con el aumento del contenido de materia orgánica, probablemente porque la materia orgánica contribuye con el aumento porosidad del suelo. En nuestro estudio estos valores obtenidos de la MO con el tiempo van a disminuir la Rp del suelo en las parcelas MO4, 6 y 8 por el manejo que se aplica.

El nitrógeno (N), no presentan diferencias significativas, y fluctúa entre 0,08 (MT8) a 0,13 % (MO8), según SAGARPA (2012) presentan niveles bajos (0.05 – 0.1) para tratamientos MT8 Y MO6, y niveles medios (0.1-0.15) para tratamientos MO4 y MO8. El N puede ingresar al suelo a través de la incorporación de materia orgánica (abonos orgánicos, estiércol y los residuos de cosecha) y procesos de fijación bacteriana a partir de la atmosfera

(Navarro & Navarro 2003). En nuestro estudio el nitrógeno y materia orgánica obtenida presentan nivel bajos y medios lo cual corrobora con lo que dice el autor.

Con respecto a los valores de K, Ca y Mg en la (Tabla 12) sus rangos interpretativos según SAGARPA (2012), el K presenta niveles bajos(<100) para el MT8 y niveles medios (100-240) para MO4, 6 y 8, para Ca presentan niveles medios(5,00- 10,00) el MO8 y niveles altos ($\geq 10,00$) para MT8 y MO4 y 6, y para el Mg presentan niveles bajos(0,50- 1,30) el MO8 y niveles medios(1,30- 3,00) los MT8 y MO4 y 6. Estos niveles encontrados en nuestros tratamientos se debe a que los suelos de los sistemas en estudio presentan pH medianamente alcalino esto indica que estos elementos se encuentran en niveles bajos, medios y altos, aparte de ello las condiciones ambientales influyen sobre estos. Esto concuerda en lo mencionado por SAGARPA (2012), que suelos desarrollados en zonas áridas el lavado es mínimo y los suelos se alcalinizan (pH entre 7.0 y 8.5). Esto puede traer como consecuencia el aumento del pH y la baja solubilidad de algunos nutrientes debido a la presencia de carbonato de calcio.

La capacidad de intercambio de cationes (CIC), presenta diferencias altamente significativas y su valor fluctúa entre 9,39 (MO8) a 18,53 (MO4), según SAGARPA (2012). presentan niveles bajos ($5-15 \text{ Cmol}^{(+)} \text{ kg}^{-1}$) para los tratamientos MO6 y MO8, y niveles medios ($15 - 25 \text{ Cmol}^{(+)} \text{ kg}^{-1}$) para los tratamientos MT8 y MO4. Asimismo, SAGARPA (2012) menciona la relación de las clases texturales, donde los suelos arenosos presentan los rangos más bajos, de 1 a $5 \text{ Cmol}^{(+)} \text{ kg}^{-1}$, suelos de textura franca de 5 a $15 \text{ Cmol}^{(+)} \text{ kg}^{-1}$, y suelos arcillosos presentan valores mayores a $30 \text{ Cmol}^{(+)} \cdot \text{kg}^{-1}$. En el estudio realizado los tratamientos MO6 Y MO8 tienen texturas francas y presentando niveles bajos de CIC lo cual si cumple con lo mencionado. Sánchez (1981) menciona que se necesita una CIC de por lo menos $7 \text{ Cmol}^{(+)} \cdot \text{kg}^{-1}$, para retener la mayoría de los cationes contra la lixiviación. En nuestro caso la CIC presenta valores mayores a $7 \text{ Cmol}^{(+)} \cdot \text{kg}^{-1}$ como se aprecia en (tabla 12) lo cual indica que tiene mayor retención de cationes y son más resistente a la lixiviación.

4.3 Calidad de suelo

4.3.1 Indicadores de calidad

4.3.1.1 Análisis de componentes principales (ACP).

La prueba de esfericidad de Bartlett en aproximación de Chi-cuadrado (Tabla 15) con valor de 1147,419 es estadísticamente significativo ($p < 0.01$) y respaldada por 0.000 como nivel de significancia, logran la existencia de correspondencia lineal entre indicadores. Así mismo, los valores > 0.50 en el estadístico de KMO revelan que la correlación entre pares de indicadores no es pequeña, teniendo una medida de adecuación de 0.704 lo cual me indica que hay una condición adecuada para realizar el ACP.

Tabla 15. Estadísticos de Bartlett y KMO

Prueba de KMO y Bartlett		
Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		0,704
	Aprox. Chi-cuadrado	1147,419
Prueba de esfericidad de Bartlett	Gl	91
	Sig.	0,000

Gl grados de libertad, Sig. Significancia.

Se muestra la matriz de componente rotado, La **Tabla 16.** nos brindan las cargas factoriales de cada indicador fisicoquímico para cada componente, los cuales serán comprado con una carga factorial de 0,70 entrando los indicadores como Arena, CIC, Ca, Limo, P, Mg, K, Rp y pH. Componentes menores a la carga factorial de 0,70 no son relevantes y son carentes de explicación como la Arcilla, MO, Da, N y Na y no se toman en cuenta en el estudio de análisis de componentes principales.

Tabla 16. Matriz de componente rotado para cada indicador.

Indicadores	Matriz de componente rotado ^a		
	Componente		
	1	2	3
Arena*	-0.980	0.000	-0.043
CIC*	0.972	-0.053	-0.075
Ca*	0.965	-0.077	-0.070
Limo*	0.914	-0.285	-0.101
P*	-0.805	-0.080	0.411
Mg*	0.786	0.288	-0.171
Arcilla	0.643	0.550	0.306
K*	-0.132	0.849	0.019
Rp*	0.049	-0.830	0.122
M.O	0.486	0.670	0.339
pH*	0.026	0.070	-0.748
Da	0.056	-0.512	0.662
Na	-0.203	0.028	0.555
N	-0.048	0.235	0.471

Rp resistencia a la penetración, Da aparente, * son relevantes

En la **Figura 2**, se muestra al lado izquierdo el gráfico de sedimentación que representa valores de cada componente de los indicadores físicos y químicos del suelo. De acuerdo con la pendiente en cada factor, nos recomienda tomar los tres primeros componentes por conservar autovalores mayores a unidad. El factor 1 conserva un valor propio de 5.750 y explica el 41.07% de la varianza total, el factor 2: 2.617 y 18.70% el factor 3: 1.925 y 13.75%, en suma, los tres logran explicar el 73.52% de la varianza total.

El gráfico de la derecha expresan a los componentes en espacio rotado. Al rotar los factores por el método de varimax, se obtiene para el factor 1 una varianza de 5.657 representando el 40.41% sobre la varianza total, explicado por el primer componente que lo conforman el Arena, CIC, Ca, Limo, P y Mg, el factor 2: 2.663 representando el 19.02%, explicado por el segundo componente que están conformados por el K y Rp el factor 3: 1.973 y 14,089 % explicado el tercer componente conformado por el pH.

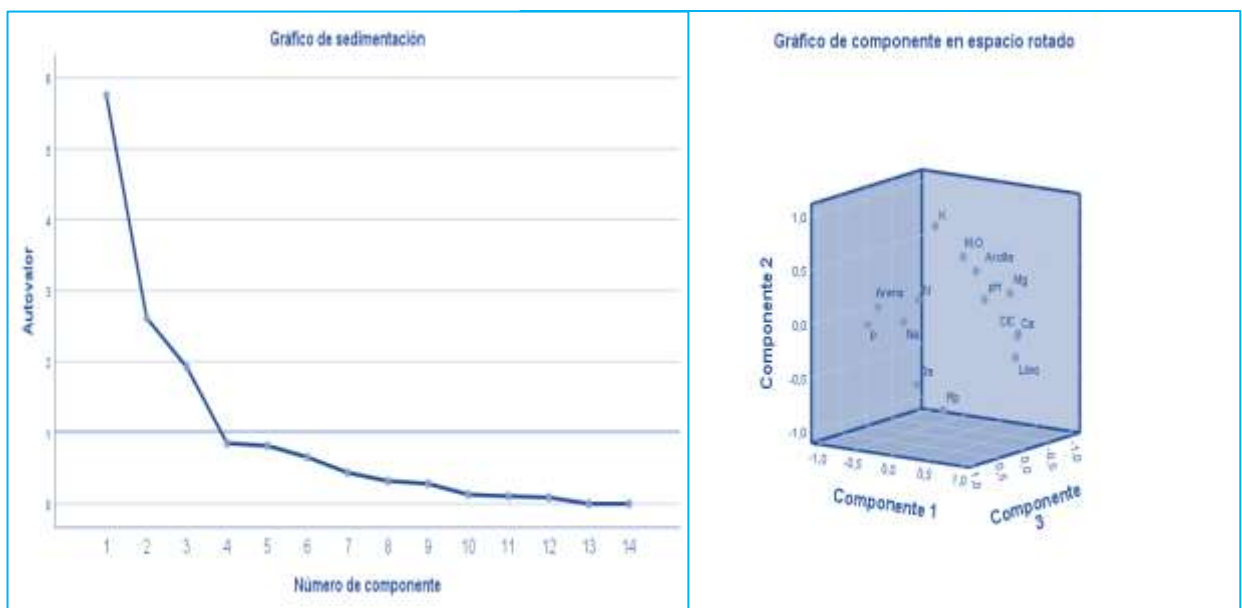


Figura 2. Gráfico de sedimentación y de componentes de espacios rotados.

Las correlaciones entre factores rotados toman como referencia al factor 1 y procede a recoger la mayor proporción de variabilidad original, seguidamente, descarta al primero y toma el factor 2 que recoge la máxima variabilidad no recogida por el primero, y por último se toma el factor 3, es allí, donde se observa los indicadores con las varianzas más altas que explican a cada factor. Todos los indicadores evaluados, excepto Arcilla, MO, Da, N y Na, representan la varianza total encontrada.

4.4 Índice de calidad de suelo

La Tabla 17, muestran con claridad los valores del ICS para cada tratamiento, clasificándolos como suelos sensibles para los tratamientos MT8 y MO4, y marginal para los tratamientos MO6 Y MO8 según SAGARPA (2012). Sin embargo, para cantú et al. (2007) los clasifica como alta calidad para para todas las parcelas de tratamiento.

Tabla 17. Clase de ICS según tratamiento.

Características del suelo		Criterios del SUSS		Rn según tratamiento e indicador evaluado							
Indicador	Unidad	Deseable	Corte	MT8	Rn	MO4	Rn	MO6	Rn	MO8	Rn
CIC	Cmol ⁽⁺⁾ /kg	15	5	17.99	1.30	18.60	1.36	12.22	0.72	9.39	0.44
Ca	Cmol ⁽⁺⁾ /kg	9	0	15.94	1.77	16.28	1.81	10.27	1.14	7.73	0.86
Mg	Cmol ⁽⁺⁾ /kg	3	0	1.67	0.56	1.87	0.62	1.59	0.53	1.25	0.42
Limo	%	70	30	53.73	0.59	51.73	0.54	43.13	0.33	40.22	0.26
K	ppm	100	240	88.76	1.08	109.73	0.93	111.08	0.92	101.56	0.99
P	ppm	5.5	0	3.45	0.63	3.29	0.60	3.90	0.71	7.67	1.39
Rp	g/cm ³	1	4	2.72	0.43	2.30	0.57	2.25	0.58	2.51	0.50
pH	pH	7	8.5	8.16	0.23	8.13	0.25	8.19	0.21	8.10	0.27
Arena	%	70	30	30.00	0.00	25.53	-0.11	41.07	0.28	43.67	0.34
SUSS según tratamiento (p<0.01)				0,73±0,02b		0,73±0,04b		0,60±0,02a		0,61±0,04a	
Clase de ICS- SAGARPA (2012)				Sensible		Sensible		Marginal		Marginal	
Clase de ICS-Cantú et al. (2007)				Alta calidad (0.60 - 0.79)							

Rn resultado normalizado, MT8 manejo tradicional de 8 años, MO manejo orgánico de 4, 6 y 8 años

Según Sarmiento et al. (2018) el índice de calidad de suelo es una variable numérica obtenida de los indicadores físicos, químicos y biológicos del suelo, permitiendo evaluaciones exactas, integradas y confiables del estado del suelo aplicando principios estadísticos como el conjunto mínimo de datos y el análisis de componentes principales (ACP), en el estudio el análisis de componentes principales que se realizó presento 3 componentes de los cuales representan un 73.54 % de la varianza total entrando los indicadores (Arena, CIC, Ca, Limo, P, Mg, K, Rp y pH) este análisis nos permite determinar que indicadores son más influyentes en nuestro suelos. Los resultados obtenidos de la (Tabla 17), muestran la clase de ICS en cada tratamiento de cacao, según SAGARPA (2012) los indicadores de calidad son distantes a los valores deseables clasificándolos como suelos marginales a las parcelas de tratamientos MO6 y MO8, sin embargo, a los tratamientos MT8 y MO4 los clasifica como suelos sensibles los cuales sus parámetros medios ocasionalmente se alejan de los valores óptimos. Pero según cantú et al (2007) clasifica a nuestras parcelas de tratamiento como alta calidad para todos los tratamientos (MT8, MO4, MO6 y MO8).

4.5 Indicadores de producción

Los indicadores de producción muestran que los tratamientos son diferentes para cada indicador en la Tabla 18. Muestran diferencias altamente significativas en todos los indicadores de producción. Además, se puede apreciar que el MO8 (manejo orgánico de 8) presenta las medias más altas en los indicadores de N° de mazorcas (18,87) y rendimiento (1,19 kg/planta) a diferencia del MO4, 6 y MT8; esto indica que el manejo orgánico que se aplicando en la parcela tiene una mayor producción a diferencia del manejo tradicional. El MO6 (manejo orgánico de 6 años) presenta medias más altas en el indicador de I.M. (16,97%).

Tabla 18. Estadística descriptiva para los indicadores de producción, según tratamientos

Indicadores	Tratamiento				Estadísticos	
	MT8	MO4	MO6	MO8	SEM	Sig.
N° de mazorcas	11,07±2,22a	16,27±2,99b	16,87±3,70b	18,87±4,19b	11,274	0,00**
Rendimiento	0,69±0,13a	1,05±0,19b	1,00±0,24b	1,19±0,27b	0,047	0,00**
I.M.	16,02±0,40b	15,46±0,44a	16,97±0,74c	15,87±0,54ab	0,301	0,00**

MT8 manejo tradicional de 8 años, MO manejo orgánico de 4, 6 y 8 años, I.M índice de mazorca.

Las comparaciones múltiples (**Tabla 19**), muestran que el N° de mazorcas en todas las parcelas de manejo orgánicos son diferentes al MT8, el Rendimiento en la parcela de M.O son diferentes al MT8. Además, el I.M. del M.O4 y 6 años son diferentes al MT8 a diferencia del MO8 no presenta diferencias significativas.

Tabla 19. Comparaciones múltiples HSD Tukey de los indicadores de producción.

Comparaciones múltiples			
Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
Variable dependiente: N° de mazorcas			
MO4	-5,2000*	1.22604	0.000
MT8 MO6	-5,8000*	1.22604	0.000
MO8	-7,8000*	1.22604	0.000
Variable dependiente: Rendimiento			
MO4	-,3620*	0.07936	0.000
MT8 MO6	-,3067*	0.07936	0.002
MO8	-,4993*	0.07936	0.000
Variable dependiente: I.M.			
MO4	,5633*	0.20023	0.033
MT8 MO6	-,9540*	0.20023	0.000
MO8	0.1520	0.20023	0.872

Sig. Significancia, * significativo (P<0.05).

El análisis de correlación (**Tabla 20**) muestra relación positiva significativa media entre los tratamientos y el Rendimiento, y positiva media con el Numero de mazorcas. También, se observa relación positiva muy fuerte entre el Rendimiento y el Numero de mazorcas. Además, se muestra correlación inversa o negativa entre el Rendimiento y I.M. El I.M muestra una relación negativa con el N° de mazorcas.

Tabla 20. Correlación de Pearson de indicadores de producción .

		Correlaciones		
		Tratamiento	Rendimiento	IM
Tratamiento	Correlación de Pearson			
	Sig. (bilateral)			
	N			
Rendimiento	Correlación de Pearson	,580**		
	Sig. (bilateral)	0.000		
	N	60		
I.M	Correlación de Pearson	0.155	-0.219	
	Sig. (bilateral)	0.238	0.093	
	N	60	60	
N° de mazorcas	Correlación de Pearson	,619**	,986**	-0.055
	Sig. (bilateral)	0.000	0.000	0.675
	N	60	60	60

Sig. Significancia, * significativo ($P < 0.05$).

En el **Tabla 21**, observamos los datos de índice de mazorca, N° de mazorca y rendimiento por hectárea de cada uno de los tratamientos evaluados, donde tenemos los mejores índices de mazorca en el MO4 (15.46) y MO8 (15.85) a diferencia de la parcela testigo y el MO6. También, el mayor número mazorcas por árbol lo presenta la parcela de MO4, 6 y 8 a diferencia de la parcela MT8. Así mismo encontramos rendimientos mayores en las parcelas de manejo orgánico a diferencia de la parcela de manejo tradicional.

Tabla 21. Índice de mazorca, N° de mazorcas y rendimiento en base seca para cada tratamiento.

Tratamiento	Índice de mazorca	N° de mazorca/árbol	Rendimiento (K/planta)	Rendimiento (kg/ ha)
MT8	16.02	11,07	0.69	766.77
MO4	15.46	16,27	1.05	1170.13
MO6	16.97	16,87	1	1109.83
MO8	15.87	18,87	1.19	1323.87

MT8 manejo tradicional de 8 años, MO manejo orgánico de 4, 6 y 8 años

Los resultados de la Tabla 18, se muestran las medias para la variable índice de mazorca, con 16,97 para el MO6 (T3), 16,02 para el MT8 (T1), 15,87 para el MO8 (T4) y 15,46 para el MO4 (T2), encontrándose diferencias altamente significativas entre los

tratamientos para esta variable. Además, las medias para el rendimiento del cacao, presenta 0,69 kg/planta para parcela testigo MT8 (T1), 1,00 kg/planta para MO6 (T3), 1,04 kg/planta para MO4(T2) y 1,19 kg/planta para el MO8 (T4), encontrándose diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para esta variable. Por otro lado, el N° de mazorcas de cacao, presenta 11,07 mazorca/planta para el MT8, 16,27 mazorca/planta para el MO4, 16,87 mazorca/ planta para el MO6 y 18,87 mazorca/planta para el MO8, encontrándose diferencias altamente significativas entre los tratamientos para esta variable.

El índice de mazorca es un indicador que expresa el N° de mazorcas por unidad de peso, permitiendo tener una mejor interpretación del comportamiento de los tratamientos. En el estudio realizado se encontró que el MO6 (T3) presentó índices más altos, es decir, que necesita un mayor número de mazorcas para obtener 1 kg de almendra seca, lo cual no es muy favorable; en contraste, el MO4 (T2) presentó menores índice de mazorca, indicando un menor número de mazorcas para obtener 1 kg de almendras, esto es muy favorable para el productor, refleja que el manejo que llevan mejoró el tamaño de los frutos y granos y aumento el rendimiento por mazorca. En el caso del manejo tradicional también presenta índice mayor, es decir, mayor número de mazorcas para obtener 1 kg de almendra, lo cual no es muy favorable. Según Enríquez, (1963), siendo preferible seleccionar materiales con un índice menor a 20 mazorcas, para obtener un mayor rendimiento. En el estudio realizado se puede observar en la (tabla 21) que las parcelas de cacao de manejo orgánico presentan rendimientos de 1,05 para (MO4) y 1,19 kg/planta para (MO8), los cuales presentan índices de mazorca bajos con número de mazorcas menores a 20, lo cual si corrobora con lo dicho por el autor.

El manejo orgánico es un sistema agrícola innovador que combina métodos tradicionales con tecnologías modernas y que representa una opción en la búsqueda de sistemas sostenibles, que permitan la producción de alimentos y la conservación de los ecosistemas (Reganold & Wachter 2016). Siendo la labranza conservacionista la que mejora el rendimiento, la fertilidad del suelo y optimizan el área (Ahmed *et al.* 2020, Bogunović *et al.* 2019), en el estudio realizado el manejo orgánico de las parcelas de cacao presenta mejores rendimientos que la parcela de manejo tradicional como se aprecia en (la tabla 21), ya que llevan un sistema de manejos más complejo como se observa en la (tabla 2) esto genera un sistema sostenible que es beneficioso para los agricultores, lo cual si concuerda con lo mencionado. Asimismo, convirtiéndolos en áreas ambientalmente sostenibles, produciendo cambios que mejoran las propiedades del suelo a largo plazo (Arévalo, 2014; García *et al.*, 2018; Navarro *et al.*, 2019).

Las técnicas tradicionales de manejo incluyen básicamente el control de maleza, de podas, manejo de sombra y control de plagas (Urquhart 1963). Estas prácticas aplicadas pueden incrementar el rendimiento de cacao seco de 200 a 1000 kg/ha/año. En el estudio realizado la parcela de cacao de manejo tradicional presenta manejo de poda y control de sombra, y esta parcela por el manejo que se le aplica presenta rendimiento de 766.77 kg/ha/año lo cual corrobora con lo que menciona el autor. Asimismo, las técnicas tradicionales forman parte de la agricultura conservadora que incorpora el concepto de sostenibilidad además de los conceptos aplicados a la agricultura tradicional de alto rendimiento (Gutiérrez et al., 2008). En nuestro caso el MT8 presenta menor rendimiento a diferencia de las parcelas de MO4,6 y 8, lo cual me indica que los manejos orgánicos presentan mayor sostenibilidad a diferencia del manejo tradicional.

V. CONCLUSIONES

- 1.- Los indicadores físicos presentan diferencias estadísticas significativas en todos los indicadores. Evaluados, las texturas encontradas fueron franco limoso y franco, la Rp presento suelos duros para todos los tratamientos y la Da presentan densidades ideales en todas las parcelas de tratamientos. Además , la Rp y Da tienen relación positiva débil esto quiere decir que con el manejo realizado la Rp y Da van a disminuir con el tiempo y tendrán suelos menos duros.
- 2.- Existe diferencias estadísticas significativas para la mayoría de las propiedades químicas del suelo, a excepción del N; el MO4 (T2) tuvo un mayor efecto en la M.O, Ca, Mg y la CIC, el MO6 (T3) tuvo mayor efecto en el pH y K y MO8 presento mayor efecto en P y Na. Además, los suelos presentan pH medianamente alcalino, niveles medios M.O, niveles bajos y medios en P, niveles bajos y medios K⁺ , medios y altos en Ca²⁺, bajos y medios para Mg²⁺ y bajo y medios en CIC.
- 3.- En los indicadores de calidad, se realizó el análisis de componentes principales el cual tiene tres componentes que lo conforman (Arena, CIC, Ca, Limo, P, Mg, K, Rp y pH) estos explican el 73,52% de la varianza total y para el índice de calidad de suelo las parcelas de tratamiento MT8 y MO4 presentan valores deseables distantes clasificándolos como suelos marginales, sin embargo, a los tratamientos MT8 y MO4 los clasifica como suelos sensibles los cuales sus parámetros medios en ocasiones se alejan de los valores óptimos. Además, todas las parcelas de tratamientos son suelos con altas calidades.
- 4.- En los indicadores de producción, presentan diferencias estadísticas significativas todos los indicadores, la media más alta para el N° de mazorca lo presentó el MO8 (T4), el I.M presento medias más altas el MO6 (T3) y para rendimiento presenta medias más alta el MO8(T4), este último considerándolo como altos de acuerdo con los rendimientos medios para nuestro país y del promedio mundial, lo cual indica que el manejo orgánico es una alternativa sostenible ya que genera buenos rendimientos y superar al manejo tradicional.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

- 1.-** Aplicar el manejo orgánico en plantaciones de cacao, por presentar buenos rendimientos y en el tiempo mejorar la calidad de suelo, siendo este un sistema sostenible para los agricultores.
- 2.-** Estudiar la estructura y composición de la materia orgánica, a través indicadores físicos, químicos y densimétricos, para evaluar en el tiempo los cambios que el manejo orgánico produce sobre la fracción orgánica del suelo, la calidad del suelo, y la producción del cacao.
- 3.-** Evaluar indicadores biológicos del suelo, para entender la dinámica del agroecosistema bajo la aplicación del manejo orgánico.

VII. REFERENCIAS

- Acevedo, E., Carrasco, A., León, O., Silva, P., Castillo, G., Borie, G., Martínez, E., González, S. & Ahumada, I. (2005). Criterios de calidad del suelo agrícola. [En línea]: USDA, <http://soils.usda.gov/sqi/informe>, 22 Feb. 2020
- Acuña, G. (2021). Indicadores fisicoquímicos del suelo con manejo tradicional de cultivos en la comunidad nativa de Chambira Picota- San Martín, 2019. [Tesis posgrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS. https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1867/TS_GAN_2021.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Aguilar, M. (2021). *Evaluación de la calidad del suelo agrícola mediante las características químicas*. [Tesis pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. Repositorio UAE: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/AGUILAR%20MERINO%20CARLOS%20STEEVEN.pdf>.
- Ahmed, A., Aref, I. & Alshahrani T. (2020): Investigating the variations of soil fertility and *Sorghum bicolor* L. physiological performance under plantation of some *Acacia* species. *Plant, Soil and Environment*, 66: 33–40.
- Alvarado, C. (2016). Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica, en el rendimiento de un clon de cacao (*Theobroma cacao*, L) y en la fertilidad del suelo. Repositorio TEC: <https://hdl.handle.net/2238/9843>
- Álvarez-Carrillo, Faver; Rojas-Molina, Jairo; Suárez-Salazar, Juan Carlos (2015). Contribución de esquemas de fertilización orgánica y convencional al crecimiento y producción de *Theobroma cacao* L. bajo arreglo agroforestal en Rivera (Huila, Colombia) Corpoica. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, vol. 16, núm. 2, pp. 307-314. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=449944865011>
- Arévalo, E. (2014). Dinámica de los indicadores de calidad del suelo en el manejo de sistemas agroforestales con cacao. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio UNAM: <https://hdl.handle.net/20.500.12996/1758>
- Aruani, M. & Behmer, S. (2004). Efecto de la granulometría y la compactación del suelo sobre la distribución de raíces en manzano. *Revista de Investigaciones Agropecuarias - RIA*, Buenos Aires, Argentina. 33(2):43-54.
- Azabache, A. (2003) Fertilidad de suelos -Agricultura Sostenible. Impreso en Huancayo-Perú.

- Bautista, A., Etchevers, J., del Castillo, R., & Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores: *Ecosistemas*, 13(2). <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/572A>
- Bazán, T. (2017). Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego. Universidad Nacional Agraria la Molina, Instituto Nacional de Innovación Agraria. Lima Perú. 92 p. http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/504/1/Bazan-Manual_de_procedimientos_de_los.pdf
- Bogunović, I., Kovács, G., Đekermati I., Kisić I., Balla I. & Birkás M. (2019): Longterm effect of soil conservation tillage on soil water content, penetration resistance, crumb ratio and crusted area. *Plant, Soil and Environment*, 65: 442–448
- Bravo, C., Benítez, D., Vargas, J., Alemán, R., Torres, B. & Marín, H. (2015). Caracterización socio-ambiental de unidades de producción agropecuaria en la Región Amazónica Ecuatoriana: Caso Pastaza y Napo. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 4(1), 4 - 31.
- Bronsted, J. (2015). Principios de química. Obtenido de Principios de química. Médica Panamericana.
- Bruand, A., Hartmann, S., Ratana, P., Sindhusen, R., & Hardy M. (2004). Composition, fabric and porosity of an Arenic Haplustalf of Northeast Thailand: Relation to penetration resistance. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68: 185-193.
- Cantú, M., Becker, A., Bedano, C., & Schiviano, H. (2007). Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices en la Pampa Argentina. *Ciencia Suelo*. 25: 173-178
- Carrasco, J. (2008). Prácticas de conservación de suelos. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/8761/NR28124.pdf?sequence=7&isAllowed=y>.
- Chen, J. (2020). Rol del calcio en el cultivo de plantas. *PRO-MIX*. <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/rol-del-calcio-en-el-cultivo-de-plantas/>
- Codex Alimentarius (2007). *Alimentos Producidos Orgánicamente*. Recuperado el 19 de agosto de 2008, del sitio web de <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1385s/a1385s00.pdf>
- Cunha, F. V. Da, Pereira, M. G., Leles, P. S. dos S., & Abel, E. L. da S. (2018). Atributos químicos e físicos do solo em áreas sob diferentes coberturas florestais e pastagem em Além Paraíba - MG. *Ciência Florestal*, 28(1), 13–24. <https://doi.org/10.5902/1980509831569>

- Del Rey, I. (2019). Las formas del potasio en el suelo. <https://www.tiloom.com/formas-del-potasio-en-el-suelo/>
- Demuner, M. C., Cadena, Z. M. & Campos, S. G. (2013). Resistencia a la penetración en un suelo franco arcilloso a dos años de manejo con tres sistemas de labranza. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(No.Esp): 68-71. <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v22s1/rcta12513.pdf>
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos-USDA. (1999). Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica. 82 p.
- Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA). (2016). Manejo de suelos ácidos de las zonas altas de honduras. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/3108/BVE17069071e.pdf;jsessionid=C4BCB222924E70904246B730662FF09A?sequence=1>
- Enríquez, G. (1963). Características y comportamiento de 25 cruces Inter clonales de cacao (*Theobroma cacao* L.). Ing. Agr. Quito, Ecuador. Universidad Central, 150 p.
- Escarlata, 2011. Suelos arcillosos, arenosos y francos: Identificación y Precauciones. [En línea]: *BLOGJARDINERIA*, <http://blogjardineria.com/suelos-iv/>, 11 Feb. 2011
- Estrada, R., Hidalgo, C., Guzmán, R., Almaraz, J., Navarro, H., & Etchevers, J. (2017). Indicadores de calidad de suelo para evaluar su fertilidad. *Agrociencia*, 51(8), 813-831. <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v51n8/1405-3195-agro-51-08-813.pdf>
- FAO, (2015) Organization de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura indicadores físicos químicas y biológicas.
- Fertibox, Á. (2020). El magnesio y su importancia en el crecimiento vegetal. <https://www.fertibox.net/single-post/magnesio-agricultura>
- Food and Agriculture Organization - FAO. (2001). Los Mercados Mundiales de Frutas y Verduras Orgánicas, del sitio web de <http://www.fao.org/DOCREP/004/Y1669S/Y1669S00.HTM>
- Food and Agriculture Organization - FAO. (2003) Relationship between soil physical properties and crop production. *Advances in soil Science*. 294.
- García, D., Cárdenas, J. & Silva, A. (2018). Evaluación de sistemas de labranza sobre propiedades fisicoquímicas y microbiológicas en un inceptisol. *Rev.Cienc. Agr.* 35(1): 16-25. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.183501.79>.
- Gliessman, S. (2002). Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 359 p.

- Gómez, A. & Azócar, A. (2002). Áreas potenciales para el desarrollo del cultivo cacao en el Estado Mérida. *Agronomía Tropical. Maracay*. 52(4):112-220.
- Gutiérrez, C., Aguilera, G. y González, E. (2008). Agroecología y sustentabilidad Convergencia *Revista de Ciencias Sociales*. 46, enero-abril 2008, pp. 51-87. Recuperado de https://www.redalyc.org/pdf/105/Resumenes/Resumen_10504604_1.pdf
- Hair JF, Anderson, E., Tatham, L., Black, W. (1999) Análisis Multivariante, 5a Ed. Madrid: Prentice-Hall.
- Havlin, J.L. et al (1999). Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management. Prentice Hall. New Jersey, USA. 499 p.
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, M. P. (2014). Metodología de la Investigación. 6ª Edición. Mc GRAW-HILL. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/1829/2639>
- Hernández, X. (1988). La agricultura tradicional en México. Comercio Exterior, vol. 38, núm. 8. P. 673-678 México.
- Holdrige, L. (1953). Curso de ecología vegetal. IICA. Costa Rica
- Howard, A. (1940). An Agricultural Testament. *Oxford University Press*. Recuperado el 16 de junio de 2009, del sitio web de http://journeytoforever.org/farm_library/howardAT/ATtoc.html
- Jiménez, R., González, V. (2006). Edafología; La calidad de suelos como medida para su conservación. Universidad Autónoma de Madrid. Dpto. de Geología y Geoquímica. Madrid, España, Vol. 13, 138 p.
- Landero, E., Córdova, V., García, E., Bucio, A. & Jaramillo, J. (2015). Manejo agronómico y caracterización socioeconómica del cacao en Comalcalco, Tabasco. *Foresta Veracruzana*, vol. 17, núm. 1, 2015, pp. 33-40. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49742125005>
- López, S., & Gil, A. (2017). Características germinativas de semillas de *Theobroma cacao L.* (Malvaceae) " cacao". *Arnaldoa*, 24(2), 609-618. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S241332992017000200012&script=sci_arttext
- Ludeña, V. (2013). *Efecto de la fertilización orgánica y microelementos en el rendimiento de cacao CCN51 (Theobroma cacao L.) en Jaén*. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS: <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1061>
- Marcelo, G. W. (2017). Manual de indicadores de calidad del suelo para las ecorregiones de Argentina. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/manual_ics_final.pdf

- Marcelo, M. (2016). *Efectos del fosforo y azufre sobre el rendimiento de mazorcas, en una plantación de cacao (theobroma cacao l.) ccn-51, en la zona de Babahoyo*. [Tesis pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. Repositorio Babahoyo: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/3358>
- Martínez, I. (1996). Producción agraria ecológica. Recuperado el 17 de junio de 2009, del sitio web de <http://cederul.unizar.es/revista/num01/pag07.htm>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego – MIDAGRI (2021). Producción Nacional y Regional de cacao en grano. *Observatorio Commodities*. p.11-12.
- Ministerio de Agricultura y Riego-MINAGRI. (2018). Estudio del cacao en el Perú y en el mundo. Un Análisis de la Producción y el Comercio al 2017. Dirección Estudios Económicos e Información Agraria-DEEIA. Recuperado de: <http://www.minagri.gob.pe/portal/monitoreo-agroclimatico/cacao-2018>
- Ministerio de Agricultura y Riego-MINAGRI. (2016). Estudio del cacao en el Perú y en el mundo; Situación Actual y Perspectivas en el Mercado Nacional e Internacional al 2015. *MINAGRI-DGPA-DEEIA*. Recuperado de <http://www.minagri.gob.pe/portal/monitoreo-agroclimatico/cacao-2016>
- Monreal, M. (2003). Actividad de los microorganismos del suelo en sistemas agrícolas con uso mínimo de insumos. *In Congreso Alianza Tecnológica para la Agricultura con Calidad*, Memoria, 2003, San José, Costa Rica. 75 p. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/31298>.
- Navarro, B., Figueroa, B., Sangerman, D. & Osuna, E. (2012). Propiedades físicas y químicas del suelo bajo labranza de conservación y su relación con el rendimiento de tres cultivos. *Rev. Mex. Cienc. Agríc. Pub. Esp.* 4(01): 690-697
- Navarro, B. & Navarro, G. (2003). Química agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Segunda edición. *Ediciones Mundi-Prensa*, Madrid. 487p.
- Navarro, M., Florida, N. & Navarro, L.(2019) Atributos físicos y materia orgánica de oxisols en sistemas de producción de caña de azúcar. *Rev. investig. Altoandin.* [online]. vol.21, n.2, pp.89-99. ISSN 2313-2957. <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2019.453>.
- Navarro V., Rofner N. & Vasquez L.N. (2019): Physical attributes and organic matter of oxisols in sugar cane production systems. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 21: 89– 99.
- Ohep, C., Marcano, F., Pudzzar, S. & Colmenárez, C. (2002). Efectos de la labranza conservacionista en los atributos físicos del suelo que influyen sobre el rendimiento del

- maíz Bioagro, vol. 14, núm. 1, pp. 37-45. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85714106>
- Organización Internacional del Cacao (ICCO, 2021). Boletín Trimestral de Estadísticas de producción mundial de cacao. *Observatorio Commodities*. p.4-10.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO. (2009). Guía para la descripción de suelos 4^o edición. <http://www.fao.org/3/a-a0541s>.
- Paredes, M. (2004). Manual del cultivo de cacao programa para el desarrollo de la amazonia peruana. Ministerio de Agricultura. Lima. Perú. 37-45 p.
- Paredes, A. & Montero, P. (2003). Manual de cultivo del cacao. Ministerio de Agricultura Perú - *Programa para el desarrollo de la Amazonia - PROAMAZONIA*. 100 p. Disponible en: <https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/MIDAGRI/372/1/cacao%20-%20copia.pdf>
- Perdomo, C., & Barbazán, M. (2016). Área de suelos y aguas cátedra de fertilidad nitrógeno. <http://www.fagro.edu.uy/fertilidad/publica/Tomo%20N.pdf>
- Potesta, J. (2008). Efecto del abono orgánico líquido bajo la técnica drench en las propiedades del suelo y la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) orgánico en el centro poblado alto Palcazú. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS: <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1424>
- Pulido, M., Lobo, D. & Lozano, Z. (2009). Asociación entre indicadores de estabilidad estructural y la materia orgánica en suelos agrícolas de Venezuela. *Agrociencia, México*. 43(3):221-230.
- Ramírez, R. & Salazar, C. (2006) Cambios de la resistencia a la penetración en un suelo con diferentes sistemas de manejo y su relación con algunas propiedades físicas en un Andisol - Marinilla La Montañita. *UNALMED*.
- Reganold, J. & Wachter, J. (2016). Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature Plants*. 2:1-8. <https://redalyc.org/journal/436/43654191002/html/>
- Romero, A. (2016). Estudio del Cacao en el Perú y el Mundo. Ministerio de Agricultura y Riego. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S221836202020000300344
- Romero, E., Carcaño, G., Ramos, M., Vázquez, A., Reyes L. & Rodríguez J. (2017). Efecto de inoculantes bacterianos edáficos mixtos en el desarrollo temprano de cultivares mejorados de cacao (*Theobroma cacao* L.) en un sistema agroforestal tradicional del norte de Oaxaca, México. *Revista Argentina de Microbiología* 49(4): 356-365 <https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.04.003>

- Romero, H. (2016). *Evaluación ecomorfológica de cacao (Theobroma cacao L.) sometido a distintas fertilizaciones, en la comunidad de nuevo Ojital, municipio de Papantla, Veracruz*. [Tesis de trabajo de experiencia recepcional, Universidad Veracruzana]. Repositorio institucional, <http://cdigital.uv.mx/handle/123456789/47417>
- Romero, L. (1996). Calibración de siete métodos de análisis de Fósforo disponible en Suelos del Alto Huallaga. Tesis Ing. Agrónomo. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 80p.
- Celis, R., Florida, N. & Rengifo, A. (2020). Impacto sobre indicadores físicos y químicos del suelo con manejo convencional de coca y cacao. *UNEMI*. Vol. 13, N° 33. pp. 01 – 09. <https://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/1022/1089>.
- SADEGHIAN, K. (2012). *Efecto de los cambios en las relaciones de calcio, magnesio y potasio intercambiables en suelos de la zona cafetera colombiana sobre la nutrición de café (Coffea arabica L.) en la etapa de almácigo*. [Tesis Posgrado. Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio de Colombia: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/8983>.
- SAGARPA, (2012). Mantienen capacidad productiva con obras COUSSA en sequía. *México D.F. (México)*. Tomado de: <https://www.youtube.com/watch?v=RaBpDzfN3SM> .
- Sánchez, E. (1981). Suelos: Bases técnicas para el desarrollo de los cultivos en la ceja de selva del Perú. PEPP. ADEX-USAID-DA. Chanchamayo, Perú. 86 p.
- Sarmiento, E., Fandiño, S., & Gómez, L. (2018). Índices de calidad del suelo. *Una revisión sistemática*. *Ecosistemas*. 27(3), 130-139. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1598>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI. (2020). Descarga de datos Meteorológicos a nivel nacional. Recuperado de <https://senamhi.gob.pe/?&p=descarga-datos-hidrometeorologicos>
- Theodoro, E., Thompson, L. & Troeh, F. (2003). “Los suelos y su fertilidad”. 4ta Edic. Barcelona. España. Edit. Reverte S.A. 649 p.
- Urquhart, H. 1963. Cacao Rehabilitación de la plantación de cacao. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Turrialba, Costa Rica. p. 158-163.
- Valbuena, O., Rodríguez, P. & Suárez, J. (2017). Calidad de suelos bajo dos esquemas de manejo en fincas cafeteras. *Agron. Mesoam*, 28(1), 131-140. doi:doi:10.15517/am.v28i1.21092. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S165913212017000100009&script=sci_abstract&tlng=es

- Villalaz, J., Villarreal, E., Merino, A. & Pineda, A. (2021). Niveles del cadmio en el cultivo del cacao orgánico, pertenecientes a fincas de pequeños productores, república de Panamá. *ResearchGate*: <https://www.researchgate.net/publication/356617051>
- Zavaleta, A. 1992. Edafología. El suelo en relación con la producción. Editado por A&B S.A. lima, Perú, *Consejo nacional de ciencia y Tecnología – CONCYTEC*.

VIII. ANEXOS

8.1 Análisis de varianza (ANOVA) de los diferentes indicadores fisicoquímicos y de Rendimiento.

Tabla 27. Análisis de varianza para el indicador pH.

Pruebas de efectos Inter-sujetos					
Variable dependiente: Potencial hidrogeno (pH)					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	0,070 ^a	3	0,023	2,874	0,044
Intersección	3979,647	1	3979,647	490924,827	0,000
Tratamiento	0,07	3	0,023	2,874	0,044
Error	0,454	56	0,008		
Total	3980,171	60			
Total corregido	0,524	59			
$R^2 = 0,133$ (R^2 ajustada = 0,087)					

Tabla 28. Análisis post-hoc HSD Tukey del indicador pH

HSD Tukey ^{a, b}			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		a	b
MO8	15	8,0973	
MO4	15	8,1320	8,1320
MT8	15	8,1567	8,1567
MO6	15		8,1907
Sig.		0,282	0,291

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.
b. Alfa = .05.

Tabla 29. Análisis de varianza para el indicador MO.

Pruebas de efectos Inter-sujetos					
Variable dependiente: Materia Orgánica (MO)					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	4,820 ^a	3	1,607	105,865	0,000
Intersección	20,403	1	209,403	13797,248	0,000
Tratamiento	4,820	3	1,607	105,865	0,000
Error	0,850	56	0,015		
Total	215,073	60			
Total corregido	5,670	59			
$R^2 = 0,850$ (R^2 ajustada = 0,842)					

Tabla 30. Análisis post-hoc HSD Tukey del indicador MO.

HSD Tukey^{a, b}				
Tratamiento	N	Subconjunto		
		a	b	c
MT8	15	1,6153		
MO6	15		1,7367	
MO8	15		1,7720	
MO4	15			2,3487
Sig.		1,000	0,861	1,000

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

b. Alfa = 0.05.

Tabla 31. Análisis de varianza para el indicador N.

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Nitrógeno (N)					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	0,023 ^a	3	0,008	1,369	0,262
Intersección	0,639	1	0,639	111,965	0,000
Tratamiento	0,023	3	0,008	1,369	0,262
Error	0,319	56	0,006		
Total	0,981	60			
Total corregido	0,343	59			
$R^2 = 0,068$ (R^2 ajustada = 0,018)					

Tabla 32. Análisis de varianza para el indicador P.

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Fosforo (P).					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	194,051 ^a	3	64,684	807,012	0,000
Intersección	1256,478	1	1256,478	15676,163	0,000
Tratamiento	194,051	3	64,684	807,012	0,000
Error	4,489	56	0,080		
Total	1455,018	60			
Total corregido	198,540	59			
$R^2 = 0,977$ (R^2 ajustada = 0,976)					

Tabla 33. Análisis post-hoc HSD Tukey del indicador P.

HSD Tukey^{a, b}					
Tratamiento	N	Subconjunto			
		a	b	c	
MO4	15	3,2940			
MT8	15	3,4467			
MO6	15		3,8967		
MO8	15			7,6673	
Sig.		0,458	1,000	1,000	

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 34. Análisis de varianza para el indicador K.

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Potasio (K).					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	4727,768 ^a	3	1575,923	53,045	0,000
Intersección	633856,594	1	633856,594	21335,341	0,000
Tratamiento	4727,768	3	1575,923	53,045	0,000
Error	1663,717	56	29,709		
Total	640248,079	60			
Total corregido	6391,485	59			

$R^2 = 0,740$ (R^2 ajustada = 0,726)

Tabla 35. Análisis post-hoc HSD Tukey del indicador K.

HSD Tukey^{a, b}					
Tratamiento	N	Subconjunto			
		a	b	c	
MT8	15	88,7607			
MO8	15		101,5620		
MO4	15			109,7300	
MO6	15			111,0780	
Sig.		1,000	1,000	0,905	

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 36. Análisis de varianza para el indicador Ca.

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Calcio (Ca).					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	807,468 ^a	3	269,156	214,932	0,000
Intersección	9458,686	1	9458,686	7553,150	0,000
Tratamiento	807,468	3	269,156	214,932	0,000
Error	70,128	56	1,252		
Total	10336,282	60			
Total corregido	877,596	59			
$R^2 = 0,920$ (R^2 ajustada = 0,916)					

Tabla 37. Análisis post-hoc HSD Tukey del indicador Ca.

HSD Tukey^{a, b}				
Tratamiento	N	Subconjunto		
		a	b	c
MO8	15	7,7287		
MO6	15		10,2740	
MT8	15			15,9387
MO4	15			16,2813
Sig.		1,000	1,000	0,836
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.				
b. Alfa = 0.05.				

Tabla 38. Análisis de varianza para el indicador Mg.

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Magnesio (Mg).					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	2,985 ^a	3	0,995	36,563	0,000
Intersección	153,376	1	153,376	5635,965	0,000
Tratamiento	2,985	3	0,995	36,563	0,000
Error	1,524	56	0,027		
Total	157,885	60			
Total corregido	4,509	59			
$R^2 = 0,662$ (R^2 ajustada = 0,644)					

Tabla 39. Análisis post-hoc HSD Tukey del indicador Mg

HSD Tukey^{a, b}				
Tratamiento	N	Subconjunto		
		a	b	c
MO8	15	1,2547		
MO6	15		1,5947	
MT8	15		1,6733	
MO4	15			1,8727
Sig.		1,000	0,563	1,000

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 40. Análisis de varianza para el indicador CIC.

Pruebas de efectos Inter-sujetos					
Variable dependiente: Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	896,015 ^a	3	298,672	240,374	0,000
Intersección	12671,032	1	12671,032	10197,754	0,000
Tratamiento	896,015	3	298,672	240,374	0,000
Error	69,582	56	1,243		
Total	13636,629	60			
Total corregido	965,597	59			
$R^2 = 0,928$ (R^2 ajustada = 0,924)					

Tabla 41. Análisis post-hoc HSD Tukey del indicador CIC.

HSD Tukey^{a, b}				
Tratamiento	N	Subconjunto		
		a	b	c
MO8	15	9,3893		
MO6	15		12,2193	
MT8	15			17,9927
MO4	15			18,5273
Sig.		1,000	1,000	0,558

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 42. Análisis de varianza para el indicador Na.

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Sodio (Na).					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	80,733 ^a	3	26,911	4,914	0,004
Intersección	15552,600	1	15552,600	2840,040	0,000
Tratamiento	80,733	3	26,911	4,914	0,004
Error	306,667	56	5,476		
Total	15940,000	60			
Total corregido	387,400	59			
$R^2 = 0,208$ (R^2 ajustada = 0,166)					

Tabla 43. Análisis post-hoc HSD Tukey del indicador Na.

HSD Tukey^{a, b}			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		a	b
MO6	15	14,9333	
MT8	15	15,4667	
MO4	15	16,0000	16,0000
MO8	15		18,0000
Sig.		0,599	0,101

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 44. Análisis de varianza para el indicador Rp.

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Resistencia a la penetración (Rp).					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	2,216 ^a	3	0.739	16.615	0.000
Intersección	355.948	1	355.948	8006.807	0.000
Tratamiento	2.216	3	0.739	16.615	0.000
Error	2.490	56	0.044		
Total	360.654	60			
Total corregido	4.705	59			
$R^2 = 0,471$ (R^2 ajustada = 0,443)					

Tabla 45. Análisis post-hoc HSD Tukey del indicador Rp.

HSD Tukey^{a, b}				
Tratamiento	N	Subconjunto		
		a	b	c
MO6	15	2.2473		
MO4	15	2.2707		
MO8	15		2.5060	
MT8	15			2.7187
Sig.		0.990	1.000	1.000

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

b. Alfa = 0.05.

Tabla 46. Análisis de varianza para el indicador Arena.

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Arena.					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	3397,733 ^a	3	1132,578	453,031	0,000
Intersección	73780,267	1	73780,267	29512,107	0,000
Tratamiento	3397,733	3	1132,578	453,031	0,000
Error	140,000	56	2,500		
Total	77318,000	60			
Total corregido	3537,733	59			
$R^2 = 0,960$ (R^2 ajustada = 0,958)					

Tabla 47. Análisis post-hoc HSD Tukey del indicador Arena.

HSD Tukey^{a, b}					
Tratamiento	N	Subconjunto			
		a	b	c	d
MO4	15	25,5333			
MT8	15		30,0000		
MO6	15			41,0667	
MO8	15				43,6667
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

b. Alfa = 0.05.

Tabla 48. Análisis de varianza para el indicador Arcilla.

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Arcilla.					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	501,733 ^a	3	167,244	133,796	0,000
Intersección	18868,267	1	18868,267	15094,613	0,000
Tratamiento	501,733	3	167,244	133,796	0,000
Error	70,000	56	1,250		
Total	19440,000	60			
Total corregido	571,733	59			
$R^2 = 0,878$ (R^2 ajustada = 0,871)					

Tabla 49. Análisis post-hoc HSD Tukey del indicador Arcilla.

HSD Tukey^{a, b}			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		a	b
MO6	15	15,8000	
MO8	15	16,1333	
MT8	15	16,2667	
MO4	15		22,7333
Sig.		0,665	1,000

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 50. Análisis de varianza para el indicador Limo.

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Limo.					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1945,650 ^a	3	648,550	127,286	0,000
Intersección	133576,017	1	133576,017	26215,854	0,000
Tratamiento	1945,650	3	648,550	127,286	0,000
Error	285,333	56	5,095		
Total	135807,000	60			
Total corregido	2230,983	59			
$R^2 = 0,872$ (R^2 ajustada = 0,865)					

Tabla 51. Análisis post-hoc HSD Tukey del indicador Limo.

HSD Tukey^{a, b}				
Tratamiento	N	Subconjunto		
		a	b	c
MO8	15	40,1333		
MO6	15		43,1333	
MO4	15			51,7333
MT8	15			53,7333
Sig.		1,000	1,000	0,084

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 52. Análisis de varianza para el indicador Da.

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Densidad aparente (Da)					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	0,065 ^a	3	0.022	8.737	0.000
Intersección	94.075	1	94.075	37908.105	0.000
Tratamiento	0.065	3	0.022	8.737	0.000
Error	0.139	56	0.002		
Total	94.279	60			
Total corregido	0.204	59			

$R^2 = 0,319$ (R^2 ajustada = 0,282)

Tabla 53. Análisis post-hoc HSD Tukey del indicador Da.

HSD Tukey^{a, b}			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		a	b
MO6	15	1.2000	
MO4	15	1.2480	1.2480
MT8	15		1.2780
MO8	15		1.2827
Sig.		0.051	0.237

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 54. Análisis de varianza para el indicador N° de mazorcas.

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Densidad aparente (N° de mazorcas)					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	497,400 ^a	3	165.800	14.707	0.000
Intersección	14915.267	1	14915.267	1323.001	0.000
Tratamiento	497.400	3	165.800	14.707	0.000
Error	631.333	56	11.274		
Total	16044.000	60			
Total corregido	1128.733	59			
$R^2 = 0,441$ (R^2 ajustada = 0,411)					

Tabla 55. Análisis post-hoc HSD Tukey del indicador N° de mazorcas.

HSD Tukey^{a, b}			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		a	b
MT8	15	11.0667	
MO4	15		16.2667
MO6	15		16.8667
MO8	15		18.8667
Sig.		1.000	0.159

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 56. Análisis de varianza para el indicador Rendimiento.

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Densidad aparente (Rendimiento)					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	2,000 ^a	3	0.667	14.116	0.000
Intersección	58.095	1	58.095	1229.835	0.000
Tratamiento	2.000	3	0.667	14.116	0.000
Error	2.645	56	0.047		
Total	62.741	60			
Total corregido	4.646	59			
$R^2 = 0,431$ (R^2 ajustada = 0,400)					

Tabla 57. Análisis post-hoc HSD Tukey del indicador Rendimiento.

HSD Tukey^{a, b}			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		a	b
MT8	15	0.6920	
MO6	15		0.9987
MO4	15		1.0540
MO8	15		1.1913
Sig.		1.000	0.083

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 58. Análisis de varianza para el indicador ICS.

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: índice de Calidad de Suelo (ICS)					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,236 ^a	3	0.079	89.025	0.000
Intersección	26.693	1	26.693	30210.732	0.000
Tratamiento	0.236	3	0.079	89.025	0.000
Error	0.049	56	0.001		
Total	26.979	60			
Total corregido	0.285	59			
$R^2 = 0,827$ (R^2 ajustada = 0,817)					

Tabla 59. Análisis post-hoc HSD Tukey del indicador ICS.

HSD Tukey^{a, b}			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		a	b
MO6	15	0.6013	
MO8	15	0.6073	
MO4	15		0.7280
MT8	15		0.7313
Sig.		0.945	0.990

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

b. Alfa = 0,05.

8.2 Análisis de componentes principales para cada indicador fisicoquímico.

Tabla 60. Varianza total explicada para cada componente.

Componente	Varianza total explicada								
	Autovalores iniciales			Sumas de cargas al cuadrado de la extracción			Sumas de cargas al cuadrado de la rotación		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	5.750	41.069	41.069	5.750	41.069	41.069	5.657	40.406	40.406
2	2.617	18.696	59.765	2.617	18.696	59.765	2.663	19.021	59.427
3	1.925	13.752	73.516	1.925	13.752	73.516	1.973	14.089	73.516
4	0.853	6.096	79.612						
5	0.819	5.850	85.462						
6	0.657	4.694	90.156						
7	0.439	3.137	93.293						
8	0.322	2.302	95.595						
9	0.284	2.031	97.625						
10	0.132	0.943	98.568						
11	0.108	0.772	99.340						
12	0.091	0.647	99.987						
13	0.001	0.009	99.996						
14	0.001	0.004	100.000						

Tabla 61. Comunalidades para cada indicador.

	Comunalidades	
	Inicial	Extracción
pH	1	0.565
MO	1	0.800
N	1	0.279
P	1	0.824
K	1	0.738
Ca	1	0.942
Mg	1	0.730
CIC	1	0.954
Na	1	0.350
Rp	1	0.706
Da	1	0.703
Arena	1	0.962
Arcilla	1	0.810
Limo	1	0.928

8.3 Clase de ICS para cada tratamiento.

Tabla 62. Clase de ICS para el tratamiento MT8.

Características del suelo		Criterio ICS		Rn según indicador evaluado																														
Indicador	Unidad	Desable	Coarte	MT 8-01	Rn1	MT 8-02	Rn2	MT 8-03	Rn3	MT 8-04	Rn4	MT 8-05	Rn5	MT 8-06	Rn6	MT 8-07	Rn7	MT 8-08	Rn8	MT8 -09	Rn9	MT8 -10	Rn10	MT8 -11	Rn11	MT8 -12	Rn12	MT8 -13	Rn13	MT8 -14	Rn14	MT8 -15	Rn15	
CIC	Cmol ⁺ /kg	15	5	17.57	1.26	16.69	1.17	19.49	1.17	17.36	1.24	19.46	1.45	19.74	1.47	18.45	1.35	17.75	1.5	17.90	1.29	16.98	1.20	18.07	1.31	17.24	1.22	17.94	1.29	17.02	1.20	18.22	1.32	
Ca	Cmol ⁺ /kg	9	0	15.76	1.75	14.85	1.65	17.22	1.91	14.99	1.67	17.26	1.92	17.52	1.95	16.58	1.84	15.50	1.0	16.06	1.78	14.68	1.63	15.78	1.75	15.39	1.71	16.18	1.80	14.86	1.65	16.46	1.83	
Mg	Cmol ⁺ /kg	3	0	1.44	0.48	1.49	0.50	1.87	0.62	1.97	0.66	1.82	0.61	1.83	0.61	1.47	0.49	1.86	0.62	1.46	0.49	1.92	0.64	1.92	0.64	1.49	0.50	1.39	0.46	1.76	0.59	1.41	0.47	
Limo	%	70	30	52.00	0.55	59.00	0.73	56.00	0.65	51.00	0.53	60.00	0.75	51.00	0.53	50.00	0.50	53.00	0.58	52.00	0.55	53.00	0.58	56.00	0.65	55.00	0.63	56.00	0.65	50.00	0.50	52.00	0.55	
K	ppm	100	240	88.96	1.08	84.76	1.11	91.96	1.06	94.96	1.04	82.96	1.12	95.96	1.03	95.66	1.03	97.46	1.06	96.26	1.03	83.16	1.12	84.36	1.11	72.97	1.19	85.06	1.11	88.96	1.08	87.96	1.09	
P	ppm	5.5	0	3.41	0.62	3.60	0.65	3.13	0.57	3.55	0.65	3.36	0.61	3.19	0.58	3.49	0.63	3.60	0.65	3.48	0.63	3.35	0.61	3.26	0.59	3.51	0.64	3.60	0.65	3.48	0.63	3.69	0.67	
Rp	g/cm3	1	4	2.80	0.40	2.60	0.47	2.60	0.47	2.75	0.42	2.95	0.35	2.73	0.42	2.90	0.37	2.85	0.38	3.10	0.30	2.43	0.52	2.45	0.52	2.63	0.46	3.03	0.32	2.53	0.49	2.43	0.52	
pH	pH	7	8.5	8.25	0.17	8.23	0.18	8.16	0.23	8.01	0.33	8.16	0.23	8.18	0.21	8.29	0.14	8.10	0.27	8.14	0.24	8.19	0.21	8.14	0.24	8.25	0.17	8.10	0.27	8.01	0.33	8.14	0.24	
Arena	%	70	30	31	0.03	28	0.05	29	0.02	32	0.05	26	0.10	31	0.03	33	0.08	29	0.02	31	0.03	30	0.00	28	0.05	29	0.02	29	0.02	33	0.08	31	0.03	
ICS-MT8				0.70	0.71	0.77	0.73	0.77	0.76	0.71	0.72	0.70	0.72	0.75	0.72	0.75	0.72	0.73	0.73	0.75	0.72	0.72	0.75	0.72	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.75	0.75	
Clase de ICS- SAGARPA (2012)				sensible	sensible	sensible	sensible	sensible	sensible	sensible	sensible	sensible	sensible	sensible	sensible	sensible	sensible	sensible	sensible	sensible	sensible	sensible	sensible	sensible	sensible	sensible	sensible	sensible	sensible	sensible	sensible	sensible	sensible	sensible
Clase de ICS-Cantú et al. (2007)				Alta calidad(0.60 - 0.79)																														

Tabla 63. Clase de ICS para el tratamiento MO4.

Características del suelo		Criterio ICS		Rn según indicador evaluado																													
Indicador	Unidad	Desable	Co rte	MO 4-01	Rn 1	MO 4-02	Rn 2	MO 4-03	Rn 3	MO 4-04	Rn 4	MO 4-05	Rn 5	MO 4-06	Rn 6	MO 4-07	Rn 7	MO 4-08	Rn 8	MO 4-09	Rn 9	MO 4-10	Rn 10	MO 4-11	Rn 11	MO 4-12	Rn 12	MO 4-13	Rn 13	MO 4-14	Rn 14	MO 4-15	Rn 15
CIC	Cmol ⁽⁺⁾ /kg	15	5	16.11	1.11	16.81	1.18	17.93	1.29	20.14	1.51	18.21	1.32	15.53	1.05	19.65	1.47	19.06	1.41	20.43	1.54	19.36	1.44	19.88	1.48	17.16	1.22	18.71	1.37	19.64	1.46	20.44	1.54
Ca	Cmol ⁽⁺⁾ /kg	9	0	13.86	1.54	14.55	1.62	15.82	1.76	17.74	1.97	15.92	1.77	12.91	1.43	17.53	1.95	16.63	1.85	18.09	2.01	16.99	1.89	17.58	1.95	14.88	1.65	16.38	1.82	17.10	1.90	18.24	2.03
Mg	Cmol ⁽⁺⁾ /kg	3	0	1.81	0.60	1.77	0.59	1.72	0.57	1.92	0.64	1.87	0.62	2.15	0.72	1.69	0.56	1.96	0.65	1.87	0.62	1.92	0.64	1.85	0.62	1.92	0.64	1.93	0.64	1.93	0.64	1.78	0.59
Limo	%	70	30	50.00	0.50	51.00	0.53	52.00	0.55	55.00	0.63	51.00	0.53	51.00	0.53	51.00	0.53	52.00	0.55	53.00	0.58	50.00	0.50	51.00	0.53	52.00	0.55	51.00	0.53	52.00	0.55	54.00	0.60
K	ppm	100	240	106.45	0.95	104.35	0.97	104.7	0.96	103.65	0.97	108.45	0.94	109.15	0.93	115.95	0.89	106.95	0.95	105.25	0.96	116.45	0.88	116.55	0.88	114.85	0.89	106.25	0.96	109.75	0.93	116.95	0.88
P	ppm	5.5	0	3.51	0.64	3.41	0.62	3.46	0.63	3.32	0.60	3.13	0.57	3.60	0.65	3.14	0.57	3.22	0.59	3.48	0.63	3.13	0.57	3.28	0.60	3.13	0.57	3.03	0.55	3.20	0.58	3.37	0.61
Rp	g/cm3	1	4	2.30	0.57	2.30	0.57	2.20	0.60	2.10	0.63	2.10	0.63	2.50	0.50	2.30	0.57	2.30	0.57	2.40	0.53	2.40	0.53	2.40	0.53	2.60	0.47	2.50	0.50	2.20	0.60	2.20	0.60
pH	pH	7	8.5	8.04	0.31	8.23	0.18	8.25	0.17	8.19	0.21	8.11	0.26	8.07	0.29	8.13	0.25	8.15	0.23	8.11	0.26	8.16	0.26	8.20	0.20	8.13	0.25	8.11	0.26	8.04	0.31	8.06	0.29
Arena	%	70	30	27.00	0.08	26.00	0.10	25.00	0.13	24.00	0.15	25.00	0.13	26.00	0.10	27.00	0.08	26.00	0.10	26.00	0.10	27.00	0.08	26.00	0.10	25.00	0.13	26.00	0.10	24.00	0.15	23.00	0.18
ICS-MO4				0.68		0.68		0.71		0.78		0.72		0.67		0.74		0.74		0.78		0.73		0.74		0.68		0.74		0.76		0.77	
Clase de ICS- SAGARPA (2012)				sensible		sensible		sensible		sensible		sensible		sensible		sensible		sensible		sensible		sensible		sensible		sensible		sensible		sensible		sensible	
Clase de ICS-Cantú et al. (2007)				Alta calidad(0.60 - 0.79)																													

Tabla 64. Clase de ICS para el tratamiento MO6.

Características del suelo		Criterio ICS		Rn según indicador evaluado																														
Indicador	Unidad	Desable	Corte	MO 6-01	Rn 1	MO 6-02	Rn 2	MO 6-03	Rn 3	MO6 -04	Rn 4	MO6 -05	Rn 5	MO6 -06	Rn 6	MO6 -07	Rn 7	MO6 -08	Rn 8	MO6 -09	Rn 9	MO6 -10	Rn 10	MO6 -11	Rn 11	MO6 -12	Rn 12	MO6 -13	Rn 13	MO6 -14	Rn 14	MO6 -15	Rn 15	
CIC	Cmol (+)/kg	15	5	13.24	0.82	12.89	0.79	13.34	0.83	11.80	0.68	11.47	0.55	13.14	0.81	11.76	0.68	10.92	0.58	11.94	0.69	11.83	0.68	12.24	0.72	12.10	0.71	12.09	0.71	12.25	0.73	12.28	0.73	
Ca	Cmol (+)/kg	9	0	11.35	1.26	11.00	1.22	11.53	1.28	9.87	1.00	9.35	0.44	11.25	1.25	9.94	1.05	9.42	0.05	10.04	1.02	9.77	1.09	10.10	1.12	10.25	1.14	9.89	1.10	10.15	1.13	10.20	1.13	
Mg	Cmol (+)/kg	3	0	1.56	0.52	1.53	0.51	1.42	0.47	1.57	0.52	1.75	0.58	1.56	0.52	1.49	0.50	1.18	0.39	1.55	0.52	1.73	0.58	1.79	0.60	1.51	0.50	1.80	0.60	1.74	0.58	1.74	0.58	
Limo	%	70	30	46.00	0.40	46.00	0.40	43.00	0.33	47.00	0.33	45.00	0.38	43.00	0.33	39.00	0.23	42.00	0.30	38.00	0.20	42.00	0.30	44.00	0.35	45.00	0.38	42.00	0.30	42.00	0.30	43.00	0.33	
K	ppm	100	240	108.95	0.94	109.95	0.93	109.63	0.93	105.45	0.96	115.55	0.98	116.15	0.98	106.25	0.96	114.45	0.95	112.25	0.95	104.35	0.97	104.15	0.97	115.95	0.95	116.45	0.98	111.99	0.91	114.65	0.90	
P	ppm	5.5	0	3.60	0.65	3.51	0.64	3.79	0.69	4.17	0.76	3.88	0.71	4.36	0.79	3.65	0.66	3.75	0.68	3.98	0.72	4.26	0.77	3.88	0.71	4.36	0.79	3.80	0.69	3.78	0.69	3.68	0.67	
Rp	g/cm ³	1	4	2.50	0.50	2.43	0.52	2.25	0.58	2.45	0.52	2.30	0.57	2.05	0.55	2.25	0.58	2.23	0.59	2.40	0.59	2.07	0.64	2.30	0.57	2.15	0.62	2.20	0.60	2.08	0.64	2.05	0.65	
pH	pH	7	8.5	8.26	0.61	7.88	0.41	8.27	0.55	8.28	0.55	8.11	0.66	8.13	0.52	8.02	0.32	8.23	0.61	8.10	0.58	8.33	0.61	8.15	0.52	8.30	0.61	8.22	0.59	8.33	0.61	8.25	0.57	
Arena	%	70	30	39.00	0.23	41.00	0.28	43.00	0.33	39.00	0.23	40.00	0.25	42.00	0.30	43.00	0.33	42.00	0.30	44.00	0.33	41	0.28	40.00	0.25	40.00	0.25	42.00	0.30	41.00	0.28	39.00	0.23	
ICS-MO6				0.61	0.63	0.62	0.59	0.59	0.64	0.59	0.55	0.59	0.60	0.61	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Clase de ICS- SAGARPA (2012)				Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal
Clase de ICS-Cantú et al. (2007)				Moderada calidad (0.40 - 0.59) y Alta calidad (0.60 - 0.79)																														

Tabla 65. Clase de ICS para el tratamiento MO8.

Características del suelo		Criterio ICS		Rn según indicador evaluado																																	
Indicador	Unidad	Desable	Corte	MO 8-01	R n1	MO 8-02	R n2	MO 8-03	R n3	MO 8-04	R n4	MO 8-05	R n5	MO 8-06	R n6	MO 8-07	R n7	MO 8-08	R n8	MO 8-09	R n9	MO 8-10	Rn 10	MO 8-11	Rn 11	MO 8-12	Rn 12	MO 8-13	Rn 13	MO 8-14	Rn 14	MO 8-15	Rn 15				
CIC	Cmol ⁺ /kg	15	5	8.93	0.39	7.93	0.29	8.62	0.36	7.49	0.25	9.03	0.40	9.89	0.49	10.0	0.8	10.4	0.51	0.4	54	7.63	0.26	8.57	0.3	10.3	0.6	0.5	4	10.8	0.5	10.8	0.5	10.1	0.5	9.96	0.5
Ca	Cmol ⁺ /kg	9	0	7.37	0.82	6.41	0.71	7.03	0.78	6.04	0.67	7.54	0.84	8.47	0.94	8.40	0.93	8.60	0.96	6.04	0.67	6.84	0.6	0.7	6	8.65	0.9	8.97	1.0	8.95	0.9	8.39	0.9	8.23	0.9		
Mg	Cmol ⁺ /kg	3	0	1.17	0.39	1.18	0.39	1.21	0.40	1.07	0.36	1.10	0.37	1.03	0.34	1.24	0.41	1.43	0.48	1.23	0.41	1.31	0.4	1.29	0.4	1.44	0.4	1.49	0.5	1.32	0.4	1.31	0.4				
Limo	%	70	30	40.4	0.26	40.2	0.26	38.6	0.22	41.9	0.30	42.2	0.31	40.8	0.27	38.7	0.22	43.3	0.33	39.2	0.23	37.3	0.7	40.0	0.8	40.8	0.2	40.5	0.2	39.2	0.2	39.4	0.2				
K	ppm	100	24	97.7	1.02	95.7	1.03	94.8	1.04	95.7	1.03	107.	0.95	106.	0.94	97.0	1.02	98.2	1.01	97.4	1.06	98.6	1.0	106.	0.9	106.	0.9	109.	0.9	105.	0.9	105.	0.9				
P	ppm	6	0	8.41	1.53	7.28	1.32	7.66	1.39	6.90	1.25	7.56	1.37	8.32	1.51	7.19	1.31	7.81	1.42	7.43	1.35	7.99	1.4	8.22	1.4	7.28	1.3	7.64	1.3	7.47	1.3	7.85	1.4				
Rp	g/cm ³	1	4	2.63	0.46	2.10	0.63	2.53	0.49	2.95	0.35	2.48	0.51	2.35	0.55	3.05	0.32	2.55	0.48	2.68	0.44	1.93	0.6	2.55	0.4	2.43	0.5	2.28	0.5	2.68	0.4	2.40	0.5				
pH	pH	7	8.5	8.16	0.23	8.11	0.26	8.15	0.23	8.05	0.30	7.95	0.37	8.16	0.23	8.08	0.28	8.15	0.23	8.24	0.17	8.11	0.6	8.12	0.5	8.13	0.5	8.02	0.3	8.00	0.3	8.03	0.3				
Arena	%	70	30	43.0	0.33	44.0	0.35	45.0	0.38	41.0	0.28	43.0	0.33	44.0	0.35	46.0	0.40	41.0	0.28	44.0	0.35	46	0.4	45.0	0.3	43.0	0.3	43.0	0.3	44.0	0.3	43.0	0.3				
ICS-MO8				0.60	0.58	0.59	0.53	0.60	0.63	0.60	0.64	0.60	0.64	0.55	0.62	0.64	0.63	0.65	0.62	0.63	0.63	0.63	0.65	0.62	0.63	0.65	0.62	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63				
Clase de ICS				Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal			
Clase de ICS-Cantú et al. (2007)				Moderada calidad (0.40 - 0.59) y Alta calidad (0.60 - 0.79)																																	

8.4 Evaluación del rendimiento, número de cocos y índice de mazorca

Tabla 66. Fecha de cosecha según tratamiento, N° de cocos, rendimiento y índice de mazorca

Fecha		8/05/2022		22/05/2022		5/06/2022		19/06/2022		3/07/2022		17/07/2022		31/07/2022		14/08/2022		Total de mazo rca	Rendimiento	IM
Tratamiento	Numero	N° de mazo rcas	peso kg	N° de mazo rcas	peso kg	N° de mazo rcas	peso kg	N° de mazo rcas	peso kg	N° de mazo rcas	peso kg	N° de mazo rcas	peso kg	N° de mazo rcas	peso kg	N° de mazo rcas	peso kg			
MO8	1	2	0.15	3	0.24	0	0.00	0	0.00	1	0.08	2	0.10	5	0.25	1	0.07	14	0.90	15.55
MO8	2	1	0.08	0	0.00	1	0.07	0	0.00	4	0.32	6	0.31	3	0.15	1	0.07	16	1.00	15.99
MO8	3	2	0.15	1	0.08	1	0.07	0	0.00	1	0.08	10	0.52	3	0.15	2	0.15	20	1.20	16.63
MO8	4	2	0.15	2	0.16	0	0.00	1	0.06	3	0.24	3	0.16	4	0.20	1	0.07	16	1.05	15.31
MO8	5	2	0.15	0	0.00	3	0.21	1	0.06	0	0.00	0	0.00	6	0.30	2	0.15	14	0.88	15.89
MO8	6	1	0.08	2	0.16	1	0.07	2	0.13	2	0.16	3	0.16	5	0.25	3	0.22	19	1.22	15.56
MO8	7	1	0.08	2	0.16	5	0.36	1	0.06	0	0.00	4	0.21	2	0.10	3	0.22	18	1.19	15.17
MO8	8	1	0.08	3	0.24	2	0.14	2	0.13	3	0.24	5	0.26	5	0.25	2	0.15	23	1.48	15.51
MO8	9	0	0.00	0	0.00	2	0.14	2	0.13	2	0.16	4	0.21	4	0.20		0.00	14	0.84	16.67
MO8	10	1	0.08	1	0.08	0	0.00	2	0.13	0	0.00	5	0.26	8	0.40	7	0.51	24	1.46	16.45
MO8	11	0	0.00	3	0.24	6	0.43	0	0.00	4	0.32	8	0.42	4	0.20		0.00	25	1.60	15.62
MO8	12	1	0.08	0	0.00	3	0.21	0	0.00	3	0.24	4	0.21	4	0.20	1	0.07	16	1.01	15.84
MO8	13	0	0.00	2	0.16	0	0.00	1	0.06	8	0.63	8	0.42	4	0.20	4	0.29	27	1.76	15.31
MO8	14	1	0.08	1	0.08	1	0.07	3	0.19	2	0.16	6	0.31	2	0.10	3	0.22	19	1.21	15.67
MO8	15	1	0.08	2	0.16	0	0.00	3	0.19	0	0.00	1	0.05	9	0.44	2	0.15	18	1.07	16.84
MO6	1	1	0.07	2	0.15	0	0.00	0	0.00	1	0.08	0	0.00	8	0.39	3	0.16	15	0.85	17.56
MO6	2	3	0.22	6	0.45	1	0.06	2	0.13	0	0.00	0	0.00	5	0.25	5	0.27	22	1.38	15.93
MO6	3	1	0.07	3	0.23	0	0.00	1	0.06	1	0.08	2	0.10	2	0.10	3	0.16	13	0.79	16.36
MO6	4	0	0.00	2	0.15	1	0.06	0	0.00	0	0.00	2	0.10	6	0.29	2	0.11	13	0.71	18.24
MO6	5	0	0.00	5	0.38	2	0.13	3	0.19	1	0.08	3	0.14	3	0.15	5	0.27	22	1.33	16.53
MO6	6	2	0.15	3	0.23	4	0.25	3	0.19	1	0.08	2	0.10	2	0.10	3	0.16	20	1.25	15.99
MO6	7	1	0.07	1	0.08	0	0.00	1	0.06	1	0.08	3	0.14	5	0.25	1	0.05	13	0.73	17.78
MO6	8	1	0.07	2	0.15	2	0.13	1	0.06	3	0.23	4	0.19	4	0.20	7	0.38	24	1.41	17.08
MO6	9	1	0.07	3	0.23	1	0.06	1	0.06	1	0.08	1	0.05	5	0.25	5	0.27	18	1.07	16.90
MO6	10	0	0.00	0	0.00	3	0.19	0	0.00	4	0.30	0	0.00	4	0.20	3	0.16	14	0.85	16.48
MO6	11	1	0.07	2	0.15	0	0.00	0	0.00	1	0.08	0	0.00	9	0.44	2	0.11	15	0.85	17.65
MO6	12	2	0.15	2	0.15	2	0.13	0	0.00	2	0.15	0	0.00	4	0.20	4	0.21	16	0.99	16.19
MO6	13	1	0.07	2	0.15	2	0.13	1	0.06	1	0.08	1	0.05	3	0.15	3	0.16	14	0.85	16.51
MO6	14	0	0.00	2	0.15	2	0.13	0	0.00	1	0.08	2	0.10	7	0.34	1	0.05	15	0.85	17.71
MO6	15	1	0.07	2	0.15	2	0.13	0	0.00	1	0.08	1	0.05	10	0.49	2	0.11	19	1.07	17.69
MO4	1	1	0.08	1	0.08	3	0.21	1	0.07	1	0.08	0	0.00	6	0.38	5	0.26	18	1.15	15.69
MO4	2	1	0.08	1	0.08	2	0.14	2	0.13	2	0.15	0	0.00	6	0.38	3	0.16	17	1.11	15.26
MO4	3	2	0.15	0	0.00	0	0.00	2	0.13	1	0.08	0	0.00	9	0.57	3	0.16	17	1.09	15.59
MO4	4	2	0.15	2	0.15	1	0.07	1	0.07	0	0.00	1	0.05	5	0.32	1	0.05	13	0.86	15.17
MO4	5	1	0.08	2	0.15	1	0.07	0	0.00	1	0.08	0	0.00	8	0.51	2	0.11	15	0.99	15.21
MO4	6	1	0.08	2	0.15	1	0.07	1	0.07	0	0.00	0	0.00	5	0.32	5	0.26	15	0.95	15.87
MO4	7	0	0.00	2	0.15	0	0.00	3	0.20	7	0.53	2	0.09	4	0.25	3	0.16	21	1.39	15.16
MO4	8	0	0.00	2	0.15	0	0.00	2	0.13	2	0.15	3	0.14	15	0.95	0	0.00	24	1.53	15.66
MO4	9	1	0.08	0	0.00	1	0.07	1	0.07	0	0.00	0	0.00	10	0.64	3	0.16	16	1.01	15.90
MO4	10	1	0.08	1	0.08	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	8	0.51	2	0.11	12	0.77	15.67
MO4	11	2	0.15	2	0.15	1	0.07	1	0.07	0	0.00	4	0.19	3	0.19	2	0.11	15	0.92	16.22
MO4	12	2	0.15	2	0.15	2	0.14	0	0.00	2	0.15	1	0.05	6	0.38	0	0.00	15	1.02	14.70
MO4	13	0	0.00	2	0.15	0	0.00	2	0.13	0	0.00	0	0.00	9	0.57	2	0.11	15	0.96	15.56
MO4	14	3	0.23	3	0.23	1	0.07	3	0.20	2	0.15	2	0.09	2	0.13	0	0.00	16	1.10	14.59
MO4	15	0	0.00	1	0.08	1	0.07	3	0.20	2	0.15	2	0.09	5	0.32	1	0.05	15	0.96	15.59
MT8	1	1	0.06	1	0.06	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	0.13	5	0.27	2	0.13	11	0.65	16.96
MT8	2	2	0.11	1	0.06	1	0.06	0	0.00	1	0.06	3	0.20	0	0.00	0	0.00	8	0.50	16.11
MT8	3	1	0.06	2	0.12	1	0.06	1	0.07	1	0.06	4	0.27	1	0.05	3	0.19	14	0.88	15.95
MT8	4	1	0.06	0	0.00	0	0.00	2	0.13	0	0.00	2	0.13	4	0.22	4	0.25	13	0.79	16.52
MT8	5	0	0.00	0	0.00	2	0.12	1	0.07	5	0.32	1	0.07	2	0.11	2	0.13	13	0.81	16.12
MT8	6	0	0.00	1	0.06	0	0.00	0	0.00	3	0.19	1	0.07	4	0.22	4	0.25	13	0.79	16.52
MT8	7	0	0.00	0	0.00	2	0.12	0	0.00	4	0.25	2	0.13	0	0.00	3	0.19	11	0.70	15.78
MT8	8	1	0.06	1	0.06	0	0.00	0	0.00	0	0.00	4	0.27	0	0.00	2	0.13	8	0.51	15.77
MT8	9	0	0.00	3	0.19	0	0.00	1	0.07	0	0.00	5	0.33	0	0.00	0	0.00	9	0.58	15.43
MT8	10	0	0.00	0	0.00	1	0.06	0	0.00	4	0.25	1	0.07	1	0.05	1	0.06	8	0.50	16.05
MT8	11	0	0.00	0	0.00	1	0.06	2	0.13	5	0.32	1	0.07	1	0.05	1	0.06	11	0.69	15.90
MT8	12	1	0.06	2	0.12	0	0.00	1	0.07	1	0.06	6	0.40	0	0.00	0	0.00	11	0.71	15.59
MT8	13	0	0.00	0	0.00	1	0.06	2	0.13	5	0.32	1	0.07	1	0.05	1	0.06	11	0.69	15.90
MT8	14	0	0.00	0	0.00	2	0.12	1	0.07	6	0.38	2	0.13	2	0.11	2	0.13	15	0.94	16.03
MT8	15	1	0.06	2	0.12	0	0.00	1	0.07	0	0.00	5	0.33	0	0.00	1	0.06	10	0.64	15.66

8.5 Actividades desarrolladas en el área experimental.



Figura 3. Fundo San Juan.



Figura 4. Parcela de manejo orgánico de 6 años.



Figura 5. Parcela de manejo tradicional de 8 años



Figura 6. Selección y etiquetado de plantas según tratamiento.



Figura 7. Extracción de la muestra de suelo.



Figura 8. Golpes para medir R_p con el penetrómetro.



Figura 9. Muestras de suelo secos y tamizados para cálculo de Da.



Figura 10. Peso de 50 g de suelo para cálculo de Da.



Figura 11. Volumen de 50 gramos de suelo en el vaso precipitado 50ml.



Figura 12. Cosecha de cacao según tratamiento.



Figura 13. Despulpado de cacao según tratamiento.



Figura 14. Almendra fresca por tratamiento.



Figura 15. Eliminación del mucilago según tratamiento.



Figura 16. Secado de cacao según tratamiento.



Figura 17. Rendimiento de almendras secas por cada tratamiento



Figura 18. Preparación de muestras de suelo para análisis fisicoquímico

8.6 Análisis de suelo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

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

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE:

JEANPIER ALEXANDER MORA CALIXTO

N°	CODIGO DEL LAB.	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	SECTOR	PARCELA O FINCA	AREA	CULTIVO ANTERIOR	CULTIVO ACTUAL	RENDIMIENTO (t/ha)	PROFUNDIDAD DE MUESTREO (cm)	EDAD DEL CULTIVO (AÑOS)	COORDENADAS		ALTITUD (m.s.n.m.)				
													LATITUD	LONGITUD					
DATOS																			
N°	CODIGO DEL LAB.	PROPIETARIO	ANÁLISIS MECÁNICO	pH	M.O. %	N %	P disponible ppm	K ppm	CIC	CAMBIABLES · Cmol(+)kg						%	%	%	
										Arena %	Arcilla %	Limo %	Textura	Ca	Mg				K
1	S0657-1	MANEJO TRADICIONAL 8 AÑOS	31	17	52	0.08	3.41	88.96	17.57	15.76	1.44	0.23	0.15	0.00	0.00	17.57	100	0	0
2	S0657-2	MANEJO TRADICIONAL 8 AÑOS	28	13	59	0.08	3.60	84.76	16.69	14.85	1.49	0.21	0.15	0.00	0.00	16.69	100	0	0
3	S0657-3	MANEJO TRADICIONAL 8 AÑOS	29	15	56	0.09	3.13	91.96	19.49	17.22	1.87	0.24	0.17	0.00	0.00	19.49	100	0	0
4	S0657-4	MANEJO TRADICIONAL 8 AÑOS	32	17	51	0.08	3.55	94.96	17.36	14.99	1.97	0.22	0.17	0.00	0.00	17.36	100	0	0
5	S0657-5	MANEJO TRADICIONAL 8 AÑOS	26	15	60	0.07	3.36	82.96	19.46	17.26	1.82	0.23	0.15	0.00	0.00	19.46	100	0	0
6	S0657-6	MANEJO TRADICIONAL 8 AÑOS	31	17	51	0.08	3.19	95.96	19.74	17.52	1.83	0.24	0.15	0.00	0.00	19.74	100	0	0
7	S0657-7	MANEJO TRADICIONAL 8 AÑOS	33	17	50	0.08	3.49	95.66	18.45	16.58	1.47	0.24	0.16	0.00	0.00	18.45	100	0	0
8	S0657-8	MANEJO TRADICIONAL 8 AÑOS	29	18	53	0.08	3.60	97.46	17.75	15.50	1.86	0.24	0.15	0.00	0.00	17.75	100	0	0
9	S0657-9	MANEJO TRADICIONAL 8 AÑOS	31	17	52	0.08	3.48	96.26	17.90	16.06	1.46	0.22	0.15	0.00	0.00	17.90	100	0	0
10	S0657-10	MANEJO TRADICIONAL 8 AÑOS	30	17	53	0.08	3.35	83.16	16.98	14.68	1.92	0.22	0.16	0.00	0.00	16.98	100	0	0
11	S0657-11	MANEJO TRADICIONAL 8 AÑOS	28	16	56	0.08	3.26	84.36	18.07	15.78	1.92	0.22	0.16	0.00	0.00	18.07	100	0	0
12	S0657-12	MANEJO TRADICIONAL 8 AÑOS	29	16	55	0.08	3.51	72.97	17.24	15.39	1.49	0.22	0.15	0.00	0.00	17.24	100	0	0
13	S0657-13	MANEJO TRADICIONAL 8 AÑOS	29	15	56	0.08	3.60	85.06	17.94	16.18	1.39	0.20	0.17	0.00	0.00	17.94	100	0	0
14	S0657-14	MANEJO TRADICIONAL 8 AÑOS	33	17	50	0.09	3.48	88.96	17.02	14.86	1.76	0.27	0.13	0.00	0.00	17.02	100	0	0
15	S0657-15	MANEJO TRADICIONAL 8 AÑOS	31	17	52	0.09	3.69	87.96	18.22	16.46	1.41	0.20	0.15	0.00	0.00	18.22	100	0	0

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
TINGO MARIA, 06 DE JUNIO 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

[Firma]

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI

Jefe (e) Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carrera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

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

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

JEANPIER ALEXANDER MORA CALIXTO

SOLICITANTE:

N°	CODIGO DEL LAB.	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	SECTOR	PARCELA O FINCA	AREA	CULTIVO ANTERIOR	CULTIVO ACTUAL	MEMBRANA (kg/ha)	PROFUNDIDAD DE MUESTREO (cm)	DETERMINACION DE SEMBRILLA	EDAD DEL CULTIVO (AÑOS)	COORDENADAS	ALTITUD (m.s.n.m.)
1	S0658-1	HUANUCO	LEONCIO PRADO	DARIEL ALONSO ROBLES	PUMAHUASI	HUAMANCOTO	-	CACAO	CACAO	-	20	-	-	-	-

N°	CODIGO DEL LAB.	DATOS	ANÁLISIS MECANICO			pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES							Cice	%	%	%	
			Aréa	Arcilla	Limo							Textura	Ca	Mg	K	Na	Al	H					Res. Camb.
1	S0658-1	MANEJO ORGANICO 4 AÑOS	27	23	50	8.04	2.13	0.11	3.51	106.45	16.11	13.86	1.81	0.31	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	16.11	100	0	0
2	S0658-2	MANEJO ORGANICO 4 AÑOS	26	23	51	8.23	2.29	0.11	3.41	104.35	16.81	14.55	1.77	0.30	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	16.81	100	0	0
3	S0658-3	MANEJO ORGANICO 4 AÑOS	25	23	52	8.25	2.45	0.12	3.46	104.95	17.93	15.82	1.72	0.30	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	17.93	100	0	0
4	S0658-4	MANEJO ORGANICO 4 AÑOS	24	21	55	8.19	2.34	0.12	3.32	103.65	20.14	17.74	1.92	0.30	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	20.14	100	0	0
5	S0658-5	MANEJO ORGANICO 4 AÑOS	25	24	51	8.11	2.51	0.13	3.13	108.45	18.21	15.92	1.87	0.28	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	18.21	100	0	0
6	S0658-6	MANEJO ORGANICO 4 AÑOS	26	23	51	8.07	2.42	0.12	3.60	109.15	15.53	12.91	2.15	0.31	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	15.53	100	0	0
7	S0658-7	MANEJO ORGANICO 4 AÑOS	27	22	51	8.13	2.41	0.12	3.14	115.95	19.65	17.53	1.69	0.29	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	19.65	100	0	0
8	S0658-8	MANEJO ORGANICO 4 AÑOS	26	22	52	8.15	2.46	0.12	3.22	106.95	19.06	16.63	1.96	0.33	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	19.06	100	0	0
9	S0658-9	MANEJO ORGANICO 4 AÑOS	26	21	53	8.11	2.41	0.12	3.48	105.25	20.43	18.09	1.87	0.28	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	20.43	100	0	0
10	S0658-10	MANEJO ORGANICO 4 AÑOS	27	23	50	8.16	2.46	0.12	3.13	116.45	19.36	16.99	1.92	0.26	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	19.36	100	0	0
11	S0658-11	MANEJO ORGANICO 4 AÑOS	26	23	51	8.20	2.02	0.10	3.28	116.55	19.80	17.58	1.85	0.23	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	19.80	100	0	0
12	S0658-12	MANEJO ORGANICO 4 AÑOS	25	23	52	8.13	2.08	0.10	3.13	114.85	17.16	14.88	1.92	0.23	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	17.16	100	0	0
13	S0658-13	MANEJO ORGANICO 4 AÑOS	26	23	51	8.11	2.42	0.12	3.03	106.25	18.71	16.38	1.93	0.23	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	18.71	100	0	0
14	S0658-14	MANEJO ORGANICO 4 AÑOS	24	24	52	8.04	2.40	0.12	3.20	109.75	19.64	17.10	1.93	0.36	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	19.64	100	0	0
15	S0658-15	MANEJO ORGANICO 4 AÑOS	23	23	54	8.06	2.43	0.12	3.37	116.95	20.44	18.24	1.78	0.26	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	20.44	100	0	0

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
TINGO MARÍA, 06 DE JUNIO 2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

Tingo María

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe (e) Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo Maria - CELULAR 944407531

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

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

JEANPIER ALEXANDER MORA CALIXTO

SOLICITANTE:

N° LAB.	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	SECTOR	PANDELA O FINQUO	AREA	CULTIVO ANTERIOR	CULTIVO ACTUAL	RENIOBRE NTO (R ² /M ²)	PROFUNDIDAD DE MUESTREO (o local)	EDAD DEL CULTIVO (AÑOS)	COORDENADAS	ALTITUD (m.s.n.m.)
50660-1	HUAMAUO	LEONCIO PRADO	DANIEL ALOMIA ROBLES	PUMAHUASI	HUAMANCOTO	-	CACAO	CACAO	-	20	-	-	-

N°	CODIGO DEL LAB.	PROPIETARIO	ANÁLISIS MECÁNICO			pH	M.O. %	N %	P disponible ppm	K ppm	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICE	% Bas. Camb.	% Ac. Camb.	% Sat. Al	
			Arena %	Arcilla %	Limo %							Ca	Mg	K	Na	Al	H					
1	S0668-1	MANEJO ORGANICO 8 AÑOS	39	15	46	8.26	1.97	0.10	3.60	108.95	13.24	11.35	1.56	0.23	0.11	0.00	0.00	0.00	13.24	100	0	0
2	S0659-2	MANEJO ORGANICO 8 AÑOS	41	13	46	7.88	1.86	0.09	3.51	109.95	12.89	11.00	1.53	0.21	0.16	0.00	0.00	0.00	12.89	100	0	0
3	S0658-3	MANEJO ORGANICO 8 AÑOS	43	15	43	8.27	1.82	0.09	3.79	109.63	13.34	11.53	1.42	0.23	0.16	0.00	0.00	0.00	13.34	100	0	0
4	S0659-4	MANEJO ORGANICO 8 AÑOS	39	15	47	8.28	1.69	0.08	4.17	105.45	11.80	9.87	1.57	0.21	0.15	0.00	0.00	0.00	11.80	100	0	0
5	S0659-5	MANEJO ORGANICO 8 AÑOS	40	15	45	8.11	1.53	0.08	3.88	115.55	11.47	9.35	1.75	0.21	0.17	0.00	0.00	0.00	11.47	100	0	0
6	S0659-6	MANEJO ORGANICO 8 AÑOS	42	15	43	8.13	1.84	0.09	4.36	116.15	13.14	11.25	1.56	0.21	0.13	0.00	0.00	0.00	13.14	100	0	0
7	S0659-7	MANEJO ORGANICO 8 AÑOS	43	17	39	8.02	1.70	0.08	3.65	106.25	11.76	9.94	1.49	0.21	0.13	0.00	0.00	0.00	11.76	100	0	0
8	S0659-8	MANEJO ORGANICO 8 AÑOS	42	16	42	8.23	1.83	0.09	3.75	114.45	10.92	9.42	1.18	0.18	0.15	0.00	0.00	0.00	10.92	100	0	0
9	S0659-9	MANEJO ORGANICO 8 AÑOS	44	18	38	8.10	1.64	0.08	3.98	112.25	11.94	10.04	1.55	0.21	0.14	0.00	0.00	0.00	11.94	100	0	0
10	S0659-10	MANEJO ORGANICO 8 AÑOS	41	17	42	8.33	1.91	0.10	4.26	104.35	11.83	9.77	1.73	0.18	0.15	0.00	0.00	0.00	11.83	100	0	0
11	S0659-11	MANEJO ORGANICO 8 AÑOS	40	16	44	8.15	1.58	0.08	3.88	104.15	12.24	10.10	1.79	0.21	0.14	0.00	0.00	0.00	12.24	100	0	0
12	S0659-12	MANEJO ORGANICO 8 AÑOS	40	15	45	8.30	1.59	0.08	4.36	115.95	12.10	10.25	1.51	0.18	0.15	0.00	0.00	0.00	12.10	100	0	0
13	S0659-13	MANEJO ORGANICO 8 AÑOS	42	16	42	8.22	1.75	0.09	3.80	116.45	12.09	9.89	1.80	0.21	0.19	0.00	0.00	0.00	12.09	100	0	0
14	S0659-14	MANEJO ORGANICO 8 AÑOS	41	16	42	8.33	1.69	0.08	3.78	111.99	12.25	10.15	1.74	0.18	0.17	0.00	0.00	0.00	12.25	100	0	0
15	S0659-15	MANEJO ORGANICO 8 AÑOS	39	18	43	8.25	1.65	0.08	3.68	114.65	12.28	10.20	1.74	0.21	0.14	0.00	0.00	0.00	12.28	100	0	0

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

TINGO MARIA, 06 DE JUNIO 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo Maria

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI

Jefe (e) Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

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

analisisdesuelosunas@hotmail.com



SOLICITANTE:

JEANPIER ALEXANDER MORA CALIXTO

Nº	CODIGO DEL LAB.	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	SECTOR	PARCELA O FINQUO	AREA	CULTIVO ANTERIOR	CULTIVO ACTUAL	RECONMIENDADO (kg/ha)	PROFUNDIDAD DE MUESTREO (cm)	DENSIDAD DE SEMBRAS	EDAD DEL CULTIVO (AÑOS)	COORDENADAS	ALTITUD (m.s.n.m.)
SOLICITANTE:															
1	S0660-1	HUAMAUO	LEONCIO PRADO	DANIEL ALONIA ROBLES	PUMAHUASI	HUAMANCOTO	-	CACAO	CACAO	-	20	-	-	-	-

Nº	CODIGO DEL LAB.	PROPIETARIO	ANÁLISIS MECÁNICO			pH	M.O. %	N %	P disponible ppm	K ppm	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	% Bas. Camb.	% Ac. Camb.	% Sat. Al
			Arena %	Arcilla %	Limo %							Ca	Mg	K	Na	Al	H				
1	S0660-1	MANEJO ORGANICO 8 AÑOS	43	17	40	8.16	1.64	0.08	8.41	97.76	8.93	7.37	1.17	0.23	0.16	0.00	0.00	8.93	100	0	0
2	S0660-2	MANEJO ORGANICO 8 AÑOS	44	15	40	8.11	1.69	0.08	7.28	95.76	7.98	6.41	1.18	0.21	0.18	0.00	0.00	7.98	100	0	0
3	S0660-3	MANEJO ORGANICO 8 AÑOS	45	16	39	8.15	1.72	0.09	7.66	94.86	8.62	7.03	1.21	0.21	0.17	0.00	0.00	8.62	100	0	0
4	S0660-4	MANEJO ORGANICO 8 AÑOS	41	17	42	8.05	1.65	0.08	6.90	95.76	7.49	6.04	1.07	0.21	0.18	0.00	0.00	7.49	100	0	0
5	S0660-5	MANEJO ORGANICO 8 AÑOS	43	15	42	7.95	1.97	0.10	7.56	107.95	9.03	7.54	1.10	0.21	0.19	0.00	0.00	9.03	100	0	0
6	S0660-6	MANEJO ORGANICO 8 AÑOS	44	15	41	8.16	1.91	0.10	8.32	106.15	9.89	8.47	1.03	0.21	0.18	0.00	0.00	9.89	100	0	0
7	S0660-7	MANEJO ORGANICO 8 AÑOS	46	16	39	8.08	1.75	0.09	7.19	97.06	10.08	8.40	1.24	0.26	0.18	0.00	0.00	10.08	100	0	0
8	S0660-8	MANEJO ORGANICO 8 AÑOS	41	16	43	8.15	1.90	0.09	7.81	98.26	10.44	8.60	1.43	0.23	0.19	0.00	0.00	10.44	100	0	0
9	S0660-9	MANEJO ORGANICO 8 AÑOS	44	16	39	8.24	1.66	0.08	7.43	97.46	7.63	6.04	1.23	0.18	0.18	0.00	0.00	7.63	100	0	0
10	S0660-10	MANEJO ORGANICO 8 AÑOS	46	17	37	8.11	1.91	0.10	7.99	98.66	8.57	6.84	1.31	0.23	0.19	0.00	0.00	8.57	100	0	0
11	S0660-11	MANEJO ORGANICO 8 AÑOS	45	15	40	8.12	1.80	0.09	8.22	106.65	10.36	8.65	1.29	0.23	0.18	0.00	0.00	10.36	100	0	0
12	S0660-12	MANEJO ORGANICO 8 AÑOS	43	16	41	8.13	1.72	0.09	7.28	106.25	10.88	8.97	1.44	0.31	0.16	0.00	0.00	10.88	100	0	0
13	S0660-13	MANEJO ORGANICO 8 AÑOS	43	16	41	8.02	1.81	0.09	7.64	109.35	10.85	8.95	1.49	0.23	0.18	0.00	0.00	10.85	100	0	0
14	S0660-14	MANEJO ORGANICO 8 AÑOS	44	17	39	8.00	1.69	0.08	7.47	105.55	10.13	8.39	1.32	0.23	0.19	0.00	0.00	10.13	100	0	0
15	S0660-15	MANEJO ORGANICO 8 AÑOS	43	18	39	8.03	1.76	0.09	7.85	105.95	9.96	8.23	1.31	0.23	0.19	0.00	0.00	9.96	100	0	0

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
TINGO MARIA, 06 DE JUNIO 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

Dr. JAGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe (e) Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

