

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



CALIDAD DE SUELO EN TRES SISTEMAS CON (*Theobroma cacao* L.) CACAO DE
DIFERENTES EDADES, DISTRITO DANIEL ALOMIA ROBLES – LEONCIO
PRADO

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA

PRESENTADO POR:

VALERY GRESIA BRAVO ARISTA

Tingo María - Perú

2023



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



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N°027-2023-FRNR-UNAS

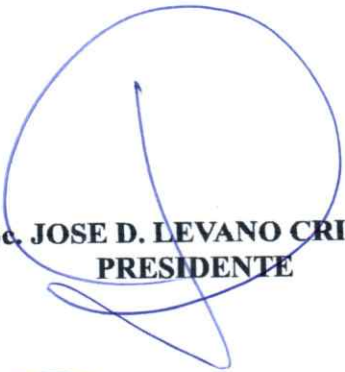
Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 06 de febrero de 2023, a horas 6:00 p.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

**“CALIDAD DE SUELO EN TRES SISTEMAS CON (*Theobroma cacao* L.)
CACAO DE DIFERENTES EDADES, DISTRITO DANIEL ALOMIA ROBLES
- LEONCIO PRADO”**

Presentado por el Bachiller: **VALERY GRESIA BRAVO ARISTA**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“BUENO”**.

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

Tingo María, 13 de abril de 2023


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




Dr. WILFREDO ALVA VALDIVIEZO
MIEMBRO


Ing. M.Sc. JOSE VICTOR QUIROZ RAMIREZ
MIEMBRO


Ing. M.Sc. JUAN PABLO RENGIFO TRIGOZO
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° 114 - 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
CALIDAD DE SUELO EN TRES SISTEMAS CON (Theobroma cacao L.) CACAO DE DIFERENTES EDADES, DISTRITO DANIEL ALOMIA ROBLES – LEONCIO PRADO	VALERY GRESIA BRAVO ARISTA	19% Diecinueve

Tingo María, 11 de mayo 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 PROFECIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACION DE
SUELOS Y AGUA



CALIDAD DE SUELO EN TRES SISTEMAS CON (*Theobroma cacao* L.) CACAO DE
DIFERENTES EDADES, DISTRITO DANIEL ALOMIA ROBLES – LEONCIO
PRADO

Autor : BRAVO ARISTA, Valery Gresia

Asesor : Ing. M.Sc. RENGIFO TRIGOZO, Juan Pablo

Programa de Investigación : Ciencias Básicas

Línea (S) de Investigación : Física y química de suelos

Eje temático de Investigación: Indicadores físicos y químicos del suelo

Lugar de Ejecución : Pumahuasi - DDAR

Duración : 06 meses

Financiamiento : S/. 4,544.70

FEDU : No

Propio : Si

Otros : No

Tingo María – Perú

2022

DEDICATORIA

A Dios por la fortaleza y sabiduría, porque
el señor es mi luz y mi salvación. Él es mi
protección.

A mi padre, Luís Roger Bravo Carhuaricra
que desde el cielo me brinda luz y fuerzas
para seguir adelante, su mayor deseo era
tener una hija profesional y a mi madre
Edelmira Celia Arista Estacio por su
amor, enseñanza y apoyo incondicional en
la parte moral y económica que me
permiten ser una persona de bien ante la
sociedad.

A mis hermanos Walter, Kathleen y Luís
por el apoyo incondicional que me
brindaron día a día en el transcurso de
cada año durante mi carrera Universitaria.

A mi hijo José Walter que tanto lo amo
quien fue el motor y motivo para llevar
adelante este proyecto.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Recursos Naturales Renovables, por haberme permitido formarme en ella, gracias a todas las personas que fueron partícipes de este proceso, ya sea de manera directa o indirecta, gracias a todos ustedes, fueron ustedes los responsables de realizar su pequeño aporte, que el día de hoy se vería reflejado en la culminación de mi paso por la universidad.
- A todos mis profesores de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, quienes compartieron conmigo sus conocimientos para convertirme en una profesional, por su tiempo, dedicación y por su pasión de la actividad docente. A todos ellos mis más sinceros agradecimientos, afecto y gratitud.
- A los miembros integrantes del jurado de tesis: Ing. M.Sc. Lévano Crisóstomo José; Ing. M.Sc. Víctor Beteta Alvarado; Ing. Mg. Obregón Peña Roberto, por el tiempo tomado para la evaluación de mi tesis.
- Al Ing. M.Sc. Rengifo Trigozo Juan Pablo, asesor del trabajo de investigación, por su amistad y desinteresada asistencia en la presente tesis.
- A mi familia; por estar siempre conmigo, son mi motor y mi motivo para seguir adelante; gracias infinitamente las veces que me decían que nada es fácil pero tampoco es imposible, las veces que trabajamos en el campo de sol a sol para suplir las necesidades a ellos el agradecimiento de todo este proceso y el futuro de lograr alcanzar el título profesional de ingeniero en Conservación de Suelos y Agua.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. Antecedentes.....	3
2.2. Marco conceptual.....	3
2.2.1. El suelo.....	3
2.2.2. Factores de formación del suelo.....	5
2.2.3. Calidad del suelo.....	5
2.2.4. Indicadores de calidad del suelo.....	5
2.2.4.1. El suelo.....	6
2.2.5. Indicadores físicos.....	7
2.2.5.1. Textura.....	8
2.2.5.2. Densidad aparente.....	8
2.2.5.3. Infiltración	9
2.2.5.4. Resistencia a la penetración.....	10
2.2.5.5. Temperatura del suelo.....	11
2.2.6. Indicadores químicos.....	11
2.2.6.1. Potencial de hidrogeno (pH)	12
2.2.6.2. Materia orgánica	12
2.2.6.3. Nitrógeno total	13
2.2.6.4. Fósforo total.....	14
2.2.6.5. Potasio intercambiable.....	14
2.2.6.6. Calcio intercambiable	15

2.2.6.7. Magnesio intercambiable.....	15
2.2.6.8. Capacidad de intercambio catiónico	15
2.2.6.9. Conductividad eléctrica	16
2.2.7. Subíndice de uso sustentable del suelo SUSS	17
2.2.7.1. Valores deseables de corte utilizados en la normalización de los indicadores implicados en el SUSS	18
2.2.8. El cultivo de <i>Theobroma cacao</i> L. (cacao).....	18
2.2.8.1. Clasificación taxonómica... ..	19
2.2.8.2. Ciclo biológico del cacao.....	20
2.2.8.3. Condiciones climáticas	20
III. MATERIALES Y METODOS	22
3.1. Características de la zona de estudio.....	22
3.1.1. Ubicación política.....	22
3.1.2. Ubicación geográfica.....	22
3.1.3. Clima	22
3.1.4. Zona de vida.....	23
3.1.5. Suelos	23
3.1.6. Fisiografía.....	23
3.1.7. Hidrografía	23
3.1.8. Accesibilidad	23
3.2 Materiales y equipos.....	23
3.2.1. Materiales	23
3.2.2. Equipos de campo.....	24
3.3. Generalidades de la investigación.....	24
3.3.1. Tipo de estudio.....	24

3.3.2. Nivel de estudio.....	24
3.3.3. Variables en estudio.....	24
3.4. Metodología.....	25
3.4.1.Determinar los indicadores físicos (densidad aparente, textura, resistencia a la penetración y temperatura) del suelo con cultivo de cacao	25
3.4.2.Determinar los indicadores químicos (pH, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo y capacidad de intercambio catiónico) del suelo con cultivo de cacao	26
3.4.3.Determinar la calidad del suelo mediante la metodología del Subíndice de Uso Sustentable del Suelo (SUSS) del cultivo de cacao	27
3.4.4.Representar cartográficamente la distribución espacial de la calidad del suelo con cultivo de cacao de diferentes edades.....	29
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1.Determinar los indicadores físicos (densidad aparente, textura, resistencia a la penetración y temperatura) del suelo con cultivo de cacao	31
4.1.1. De los indicadores físicos.....	31
4.2.De los indicadores químicos (pH, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo y capacidad de intercambio catiónico) del suelo con cultivo de cacao	35
4.3.De la calidad del suelo mediante el subíndice de uso sustentable del suelo (SUSS)	43
4.4.Representar cartográficamente la distribución espacial de la calidad del suelo con cultivo de cacao	44
V. CONCLUSIONES.....	46
VI. RECOMENDACIONES	47
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	48
ANEXO	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
Tabla 1. Propiedades físicas indicadores de la calidad del suelo	8
Tabla 2. Clasificación de la distribución de los diámetros de partículas.....	8
Tabla 3. Rangos interpretativos para densidad aparente y crecimiento radicular, en base a la textura del suelo.	9
Tabla 4. Velocidades y clases de infiltración	10
Tabla 5. Niveles de resistencia a la penetración del suelo.....	11
Tabla 6. Propiedades químicas de los indicadores de la calidad del suelo.....	11
Tabla 7. Rangos interpretativos para el pH (relación 2:1).....	12
Tabla 8. Rangos interpretativos para el contenido de materia orgánica (%).....	13
Tabla 9. Rangos interpretativos para el nitrógeno total.....	13
Tabla 10. Rangos interpretativos para el fósforo total.....	14
Tabla 11. Rangos interpretativos para potasio (K ⁺) intercambiable	14
Tabla 12. Rangos interpretativos para calcio (Ca ²⁺) intercambiable	15
Tabla 13. Rangos interpretativos para Magnesio (Mg ²⁺) intercambiable.	15
Tabla 14. Rangos interpretativos para la CIC.....	16
Tabla 15. Rangos interpretativos para la Conductividad eléctrica	17
Tabla 16. Parámetros edáficos, valores deseables y de corte para evaluar el estado actual de los suelos.	18
Tabla 17. Coordenada UTM del predio con cultivo de cacao	22
Tabla 18. Indicadores físicos del suelo a evaluar en campo.....	26
Tabla 19. Indicadores químicos del suelo a evaluar en campo	27
Tabla 20. Parámetros edáficos, unidades de medida, valores máximos y mínimos definidos para evaluar el estado actual del suelo	28

Tabla 21. Rangos interpretativos del SUSS.....	29
Tabla 22. Textura del suelo	31
Tabla 23. Densidad aparente y temperatura del suelo	33
Tabla 24. pH del suelo	35
Tabla 25. Materia orgánica del suelo.....	36
Tabla 26. Nitrógeno del suelo.....	38
Tabla 27. Fósforo del suelo	39
Tabla 28. Potasio del suelo	40
Tabla 29. Capacidad de intercambio catiónico del suelo	42
Tabla 30. Sub índice de calidad de uso sustentable del suelo SUSS.....	43
Tabla 31. Distribución espacial de la calidad del suelo con cultivo de cacao.....	44
Tabla 32. Datos de los indicadores físicos del suelo	53
Tabla 33. Datos de los indicadores químicos del suelo.....	54
Tabla 34. Normalización de indicadores fisicoquímicos para el cálculo del SUSS de los cultivos de cacao en 4, 8, 15 años	56
Tabla 35. Datos del Subíndice de uso sustentable del suelo y clasificación de la calidad de los cultivos de cacao 4, 8, 15 años	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Clase textural de las parcelas con cultivo de cacao de diferentes edades	32
Figura 2. Densidad aparente del suelo.....	34
Figura 3. Temperatura de las muestras del suelo.....	34
Figura 4. pH del suelo	36
Figura 5. Materia orgánica de las muestras del suelo.....	37
Figura 6. Nitrógeno de las muestras del suelo.....	38
Figura 7. Fósforo en las muestras del suelo	40
Figura 8. Potasio de las muestras de suelo	41
Figura 9. Capacidad de intercambio catiónico de las muestras del suelo.....	42
Figura 10. Calidad de suelos.....	44
Figura 11. Porcentaje de distribución de calidad del suelo	45
Figura 12. Georreferenciación parcela con cultivo de cacao de 4 años	58
Figura 13. Georreferenciación parcela con cultivo de cacao de 8 años	58
Figura 14. Muestreo de suelos parcela cultivo de cacao de 8 años.	59
Toma de temperatura del suelo parcela con cacao de 8 años.	59
Figura 16. Toma de muestra de la resistencia de penetración del suelo.....	60
Figura 17. Homogenizando las muestras de suelo para llevar al laboratorio	60
Figura 18. Muestreo de suelo parcela con cultivo de cacao de 8 años	61
Figura 19. Toma de muestra de la temperatura del suelo de 8 años.....	61
Figura 20. Toma de muestra de resistencia de penetración del suelo de 8 años	62
Figura 21. Muestreo de suelo parcela con cacao 8 años.....	62
Figura 22. Análisis de suelo de parcelas con cultivo de cacao sector Mercedes.....	63

Figura 23. Distribución espacial de la calidad del suelo con cultivo de cacao de diferentes
edades sector Mercedes 64

RESUMEN

El manejo y el mal uso del suelo afectó las zonas de vida más frágiles de nuestra Amazonía, reflejándose en la baja productividad de los cultivos y por ende en la calidad del suelo, para ello se determinará la calidad del suelo en tres sistemas con *Theobroma cacao* L. “cacao” en diferentes edades, distrito Daniel Alomía Robles, formulándose los objetivos: determinar los indicadores físicos (textura, densidad aparente y temperatura) y químicos (pH, materia orgánica, N total, P y CIC), calidad del suelo mediante el subíndice de uso sustentable del suelo (SUSS) y representar cartográficamente su distribución espacial del suelo con cultivo de cacao en diferentes edades ubicados en el centro poblado Pumahuasi, sector Mercedes. Se tomaron muestras de suelo, se evaluaron parámetros fisicoquímicos, se determinó la calidad del suelo por el método SUSS y se trazaron parcelas. Los resultados muestran que los parámetros físicos muestran diferentes niveles estructurales entre franco arcillo limoso y arenoso, franco y franco arcilloso, la densidad de volumen está en el rango ideal y la temperatura es favorable para el suelo y producción de plantas, indicadores químicos, el pH es moderado ácido a moderadamente alcalino, bajo en materia orgánica y nitrógeno, y bajo a moderado en fósforo; potasio y capacidad de intercambio catiónico en el suelo con niveles bajos, presenta una calidad de marginal, sensible y Bueno, cartográficamente su distribución espacial presenta una calidad del suelo pobre, marginal, sensible, aceptable y bueno en un área de 7.95 ha de cultivo de cacao, en diferentes edades.

Palabras clave: Calidad del suelo, sistemas, indicadores, uso sustentable del suelo, calidad marginal, sensible y bueno.

ABSTRACT

The management and misuse of the soil affected the most fragile life zones of our Amazon, reflecting in the low productivity of the crops and therefore in the quality of the soil, for this the quality of the soil will be determined in three systems with *Theobroma cacao* L. "cocoa" at different ages, Daniel Alomía Robles district, formulating the objectives: determine the physical (texture, apparent density and temperature) and chemical indicators (pH, organic matter, total nitrogen, phosphorus and CEC), soil quality through the sustainable land use subindex (SUSS) and cartographically represent its spatial distribution of land with cocoa cultivation at different ages located in the Pumahuasi populated center, Mercedes sector. Soil samples were taken, physicochemical parameters were evaluated, soil quality was determined by the SUSS method, and plots were drawn up. The results show that the physical parameters show different structural levels between silty and sandy clay loam, loam and clay loam, the volume density is in the ideal range and the temperature is favorable for the soil and plant production, chemical indicators, pH it is moderately acid to moderately alkaline, low in organic matter and nitrogen, and low to moderate in phosphorus; potassium and cation exchange capacity in the soil with low levels, presents a quality of marginal, sensitive and Good, cartographically its spatial distribution presents a poor, marginal, sensitive, acceptable and good soil quality in an area of 7.95 ha cultivated with cocoa, at different ages.

Keywords: Soil quality, systems, indicators, sustainable use of the soil, marginal quality, sensitive and good.

I. INTRODUCCION

El *Theobroma cacao* L. “cacao” es un cultivo que presenta una diversidad de genotipos con diferente potencial productivo y calidad, que podemos aprovechar para mejorar nuestro nivel de productividad y la producción de granos de cacao. Los granos de cacao son el insumo básico para la industria chocolatera y derivados, industria cosmética y farmacéutica. A nivel mundial solo un 5% de la producción anual corresponde al cacao fino, siendo considerado el Perú como productor de esta categoría de cacao.

Actualmente existe un gran interés en el cultivo de cacao en Perú debido al aumento de los precios y la demanda insatisfecha de los mercados internacionales y nacionales. Los productores de la región Daniel Alomía Robles de la zona de Leoncio Prado no han estado manejando sus cosechas de manera adecuada, ya que la familia nuclear tiene un promedio de 2.5 - 4 ha de cacao. Usando plátano y papaya como sombra permanente y guayaba, cítricos y diferentes verduras como sombra duradera.

Los recursos suelo son esenciales para la sostenibilidad de los agroecosistemas ya que cumplen tres capacidades básicas. Actúan como vehículo para el crecimiento de los cultivos, mejoran el rendimiento orgánico, gestionan la retención de agua y la escorrentía, y dañan los compuestos que contaminan el clima (CAMPOS, 2019 citado por Larson y Pearce 1991). Además, el cacao es muy agotador en cuanto a la naturaleza de la tierra. Requiere suelos ricos, suelo profundo, sucio, con gran filtración y geografía estándar. Además, es importante describir los marcos para desglosar los impactos que la administración de la tierra y las prácticas sociales pueden influir por completo en la naturaleza de los suelos y, en este sentido, modificar los límites físicos, sintéticos y orgánicos.

Conocer la importancia de la calidad del suelo y la ausencia de datos que permitan al ganadero decidir el tipo y naturaleza de la tierra con los cultivos de cacao. Esta exploración dará información más destacable para una creación superior de las parcelas con desarrollo cacaotero, donde la naturaleza de la tierra constituirá un activo útil para la dinámica en la administración y aprovechamiento de la tierra a escala cercana y su revisión deberá ser finalizada por los estados de cada sistema agrobiológico.

En base a lo mencionado se formulan la siguiente interrogante ¿Cuál será la calidad del suelo en los tres sistemas con *Theobroma cacao* L. (cacao) en diferentes edades, distrito Daniel Alomía Robles – Leoncio Prado?, planteándose para ello la hipótesis: Ha: la calidad del suelo

con *Theobroma cacao* L. (cacao) difieren entre si según las edades en los tres sistemas, distrito Daniel Alomía Robles provincia de Leoncio Prado.

En este estudio, los indicadores físicos y químicos brindan información valiosa para comprender la ubicación del suelo y, a través del método del Subíndice de Uso Sostenible de la Tierra (SUSS), se puede explorar el rango y la distribución de los indicadores de calidad del suelo y será representada en mapas temáticos su distribución espacial del cultivo de cacao en edades diferentes.

1.1. Objetivo general

Determinar la calidad del suelo en tres sistemas con *Theobroma cacao* L. (cacao) de diferentes edades, distrito Daniel Alomía Robles, provincia de Leoncio Prado

1.2. Objetivos específicos

- Determinar los indicadores físicos (densidad aparente, textura, resistencia a la penetración y temperatura) del suelo con cultivo de cacao.
- Determinar los indicadores químicos (pH, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo y capacidad de intercambio catiónico) del suelo con cultivo de cacao.
- Determinar la calidad del suelo mediante la metodología del subíndice de uso sustentable del suelo (SUSS) del cultivo de cacao.
- Representar cartográficamente la distribución espacial de la calidad del suelo con cultivo de cacao de diferentes edades.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Azañero (2016) al decidir los indicadores reales de la tierra, los marcadores compuestos, la naturaleza de la tierra a través del subregistro de uso económico del suelo (SUSS) y los marcadores más persuasivos sobre la naturaleza de la tierra en tres marcos de utilización (SAF, bosques y coca) ubicada en la localidad de Río Espino - Monzón, cuyos indicadores fueron: superficie, espesor evidente, protección de entrada, invasión, temperatura, pH, fósforo accesible, nitrógeno completo y materia natural, límite de comercio de cationes, potasio reemplazable, calcio y magnesio y conductividad eléctrica. Descubriendo que el SAF y la cocaína introdujeron una capa superficial de tierra arenosa y los bosques auxiliares de suelo arenoso. El armazón que presentó el espesor evidente más elevado fue la cocaína (1,49 g/cc). La estructura con la mínima estimación de obstrucción por infiltración fue la introducida por las maderas auxiliares (1,60 kg/cm²). El SAF adquirió un ritmo de invasión de 33,94 cm/hy una temperatura de 25,50°C. Con respecto al SAF introdujo un valor superior (4,77). Los bosques auxiliares introdujeron un nivel más bajo de fósforo accesible (2,89 mg•kg⁻¹). Los bosques auxiliares introdujeron una menor estimación de CIC (5,38 Cmol (+) • kg⁻¹). La estimación de conductividad eléctrica más destacable fue la introducida por el SAF (1,84 dS • m⁻¹). Considerando las cualidades obtenidas de cada puntero, el SUSS de todo no grabado en piedra, caracterizando el SAF, maderas opcionales y cocal previo con calidad satisfactoria, delicada e insignificante individualmente, con SAF que adquirió la mejor calidad y nitrógeno completo el rotulador enfáticamente asociado con la calidad del suelo.

Yaros (2017) evaluó la naturaleza de la suciedad a través de la sublista de usos prácticos del SUSS, en varios marcos de uso en el área de Padre Felipe Luyando - Leoncio Prado. Las consecuencias de los indicadores reales en los marcos opcionales de tierras forestales hasta la coca y la coca anteriores en un orden específico muestran un patrón de expansión del espesor claro, la temperatura y la protección contra la entrada (1.05 a 1.35 g/cm³, de 24.1 a 26.2°C y 2.10) a 2,95 kg / cm²) y una reducción de la tasa de invasión (29,3 cm/ha 16,7 cm/h). Los indicadores compuestos registran una disminución en pH, materia natural y CIC (de 7 a 4,75, de 3,5 a 1,1% y de 9,13 a 6,84 Cmol (+) • kg⁻¹). Estos resultados muestran que los marcos distintivos del uso de la tierra impactan en su calidad y que el marco del uso de la coca es el marco que tiene la mejor consecuencia adversa en cada uno de los indicadores que se han evaluado en esta exploración.

Campos (2019) Proteger marcadores de punteros físicos, sintéticos y orgánicos, determinar la naturaleza de la tierra y tratarla con un mapa. Para hacer esto, se recogieron muestras de suelo de cacao en seis hogares principales a diferentes edades, se usaron estudios de suelo para ayudar a determinar las propiedades del suelo usando el proceso SUSS, y posteriormente se emitieron mandatos a través del programa ArcGis. Los efectos secundarios de la parcela de 3 años fueron transmitidos espacialmente, de mala calidad e insignificantes, con suelos arenosos limosos, suelos arenosos, pH moderado y no ácido, niveles de MO moderados, capas de textura con niveles de N moderados y bajos. Nivel bajo de P y CIC, nivel medio de K. La parcela de 6 años muestra solo una calidad mínima, una capa de textura del suelo, una capa superficial arenosa, sin diferencias en el pH, MO bajo, N bajo, P y CIC bajos, niveles moderados de K. Parcelas de diez años de mala calidad y ambiente, con textura de suelo franco, pH soluble moderado, niveles bajos de MO, N, P, CIC y niveles moderados de K, con niveles definidos. Se espera que complete el examen de control con el uso de fertilizantes naturales en las parcelas estudiadas para mejorar aún más la calidad del suelo.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. El suelo

FAO (2015) menciona que la tierra es el resultado final del impacto del tiempo y se unió al medio ambiente, geografía, criaturas (vegetación, fauna e individuos), de materiales parentales (rocas y minerales únicos). Por lo tanto, la tierra contrasta con su material original en su superficie, estructura, consistencia, matiz y sustancia, propiedades naturales y reales. Para Foth (1985) son una combinación inorgánica permeable, materia natural, aire y agua. El ganadero obviamente tiene un significado más realista de los suelos y los ve como el medio en el que se desarrollan las cosechas. Por otra parte, el especialista estructural caracteriza los suelos como los materiales que ayudan a las estructuras y las calles. Henríquez (1999) son marcos dinámicos en los que los cambios y cambios ocurren debido a colaboraciones de ciclos físicos, compuestos y naturales; Estos ciclos ocurren todo el tiempo y eventualmente producen un sustrato que da suplementos, agua y respaldo a las plantas y diferentes formas de vida.

2.2.2. Factores de formación del suelo

Los suelos comienzan normalmente, por la mezcla de cinco variables denominadas "formadores de suelo": roca, medio ambiente, seres vivos, alivio y tiempo. Estas variables producen así medidas que dan forma a la tierra (Quintero, 1980).

El material parental: material geológico o también llamado roca madre del cual se generó el suelo.

- El clima: que va alterando las propiedades del suelo.
- La topografía: analiza el suelo con una representación gráfica de la superficie terrestre.
- Los organismos vivos: que interactúan con el suelo.
- El tiempo.

2.2.3. Calidad del suelo

Los significados más contemporáneos de la calidad del suelo dependen de algunas de sus capacidades y no solo de un uso particular, aunque esta idea sigue avanzando (Singer y Ewing, 2000). El Comité para la Salud del Suelo de la Soil Science Society of America combinó esta definición como la capacidad de la tierra para trabajar dentro de las limitaciones de un sistema biológico característico o supervisado, respaldar la utilidad de plantas y criaturas, mantenerse al día o trabajar en la calidad de aire y agua, y apoyan el bienestar humano y el medio ambiente (Doran y Parkin, 1994).

Prácticamente, la calidad del suelo es la capacidad de trabajar dentro de las limitaciones de los sistemas biológicos y para que el medio ambiente se asocie decididamente con el clima exterior, recomendando enfoques para estudiar los cambios de calidad debido al suelo que ensayan los ejecutivos (Larson y Pierce, 1991)

2.2.4. Indicadores de calidad del suelo

Los marcadores de calidad del suelo se consideran estimadores que proporcionan datos de caracterización, circularidad y atributos. Se supone que filtran la influencia de la mesa en el cultivo durante un período de tiempo. (Astier et al., 2002).

La prueba distintiva de los indicadores adecuados para evaluar la calidad del suelo se basa en la capacidad de ciertas formas de abordar el pensamiento sobre las numerosas partes de la calidad del suelo (capacidades del suelo), la utilidad específica y el gran estado natural (Doran y Parkin, 1994).

Por lo tanto, la naturaleza de la tierra es un tema difícil, y un tema más importante es la prueba diferencial de marcadores y métodos de evaluación por numerosos factores físicos, sintéticos y orgánicos para controlar las mediciones bioquímicas, como en realidad, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (SAGARPA, 2012).

Los indicadores de la calidad del suelo pueden ser las propiedades físicas, compuestas y naturales, o los ciclos que ocurren en él, Interfaz de Consulta Simple. (SQI, 1996), los marcadores deben permitir:

1. Analizar la situación actual e identificar los puntos críticos con respecto al desarrollo sostenible.
2. Analizar los posibles impactos antes de una intervención.
3. Monitorear el impacto de las intervenciones antrópicas.
4. Ayudar a determinar si el uso del recurso es sostenible.

2.2.4.1. Condiciones que deben cumplir los indicadores de la calidad del suelo

Para que las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo sean consideradas indicadores de la calidad deben cubrir las siguientes condiciones (Moscatelli, 2007):

- Ser integradores.
- Ser fáciles de medir, basados en información objetiva y fácil de reconocer.
- Ser adecuados al nivel de análisis y al sistema estudiado.
- Ser preferentemente aplicables a un rango de ecosistemas y condiciones.
- Reflejar el atributo de sostenibilidad que se quiere evaluar.
- Ser fáciles de entender.
- Permitir cambios y diferencias entre los sistemas.
- Centrarse en aspectos prácticos y claros.

Además de las condiciones anteriores, dentro de los atributos seleccionados como indicadores de la calidad de los suelos:

- Deben ser sensibles a los cambios que sufre el suelo, tanto en los procesos de degradación como en los de recuperación.
- Debe haber una alta correlación con los procesos del ecosistema.
- Deben integrar los procesos físicos, químicos y biológicos del suelo.
- Deben ser relativamente fáciles de medir en condiciones de campo, tanto por los productores como por los especialistas.

2.2.5. Indicadores físicos

Los atributos reales de la tierra son parte fundamental para evaluar la naturaleza de este activo, ya que no pueden mejorarse de manera efectiva (Singer y Ewing, 2000). La naturaleza real de la tierra está relacionada con el uso eficiente del agua, los suplementos y los pesticidas, lo que disminuye el impacto del vivero e impulsa un incremento en la creación de cultivos. Esta calidad no se puede estimar directamente, sin embargo, se construye a través de indicadores de calidad (estáticos o dinámicos) y estimando las propiedades que se ven afectadas por el uso y los ensayos de la placa. El diseño, el espesor evidente, la fuerza de los totales, la invasión, la profundidad del suelo poco profundo, el límite de acumulación de agua y la conductividad impulsada por la presión empapada son los atributos reales de la suciedad que se han propuesto como indicadores de su calidad.

Tabla 1. Propiedades físicas indicadores de la calidad del suelo

Propiedad	<u>Relación con la condición y función del suelo</u>
Textura	Retención y transporte de agua y compuestos químicos; erosión del suelo
Profundidad del suelo, suelo superficial y raíces	Estima la productividad potencial y la erosión
Infiltración y densidad aparente	Potencial de lavado; productividad y erosividad
Capacidad de retención de agua	Relación con la retención de agua, transporte y erosividad; agua disponible.

Fuente: SAGARPA (2012).

2.2.5.1. Textura

La superficie de la tierra alude a la expansión absoluta de arena (a), almacenamiento (l) y barro (a) que hay en la tierra; Este orden alude a partículas menores a 2 mm (Henríquez, 1999).

Esta propiedad adquiere una importancia poco común, ya que opta por la sencillez de suministro de los enriquecimientos, agua aire, tan críticos para el desarrollo de los cultivos. Dado que una propiedad que no se puede cambiar, se ha considerado como la propiedad principal de la tierra que elige aquí y allá su valor financiero (Pritchett, 1990).

Tabla 2. Clasificación de la distribución de los diámetros de partículas

Fracción del suelo	Diámetros límites (mm)
Arena muy gruesa	2.00 a 1.00
Arena gruesa	1.00 a 0.50
Arena media	0.50 a 0.25
Arena muy fina	0.25 a 0.10
Limos	0.05 a 0.002
Arcilla	Menor de 0.002

Fuente: ORTIZ (1990).

2.2.5.2. Densidad aparente

La densidad aparente de los suelos se establece por la pesadez de una unidad de volumen de suelo seco con un diseño característico (Cairo, 1995). Es una

una propiedad que está sólidamente relacionada con la compactación, la porosidad, la progresión del agua y aire en la tierra; por tanto, ésta es de notable interés por el avance de las cosechas (Pritchett, 1990).

Posteriormente, Doran y Parkin (1994), el espesor de la masa puede ser un indicador de las limitaciones de la compactación del suelo y el desarrollo de las raíces. Impacta de manera indirecta el ritmo de invasión de los suelos y posteriormente su emocionalidad. La Tabla 3 muestra los alcances interpretativos para el espesor claro y el desarrollo radicular, en vista de la superficie del suelo.

Tabla 3. Rangos interpretativos para densidad aparente y crecimiento radicular, en base a la textura del suelo.

Textura	Ideal (g cm-3)	Aceptable (g cm-3)	Puede afectar el crecimiento radicular (g cm- 3)	Restringe el crecimiento radicular (g cm-3)
Arena, areno-franco	Dap < 1.6	$1.6 \leq \text{Dap} < 1.69$	$1.69 \leq \text{Dap} < 1.80$	Dap > 1.80
Franco-arenosa, franco	Dap < 1.4	$1.4 \leq \text{Dap} < 1.63$	$1.63 \leq \text{Dap} < 1.80$	Dap > 1.80
Franco-arcilla-arenosa, franco-	Dap < 1.4	$1.4 \leq \text{Dap} < 1.60$	$1.60 \leq \text{Dap} < 1.75$	Dap > 1.70
Limosa	Dap < 1.3	$1.3 \leq \text{Dap} < 1.60$	$1.60 \leq \text{Dap} < 1.75$	Dap > 1.75
Franco-limosa, franco-arcillo-limosa	Dap < 1.4	$1.4 \leq \text{Dap} < 1.55$	$1.55 \leq \text{Dap} < 1.65$	Dap > 1.65
Arcillo-arenosa, arcillo-limosa	Dap < 1.1	$1.1 \leq \text{Dap} < 1.39$	$1.39 \leq \text{Dap} < 1.58$	Dap > 1.58
Arcillosa (>45% arcilla)	Dap < 1.1	$1.1 \leq \text{Dap} < 1.39$	$1.39 \leq \text{Dap} < 1.47$	Dap > 1.47

Fuente: SAGARPA (2012).

2.2.5.3. Infiltración

El proceso de lixiviación se caracteriza por una interacción en la que el agua penetra en la superficie del contaminante y alcanza las capas subyacentes. Muchos factores del suelo influyen en el control de inundaciones, así como en el control del crecimiento del agua en el suelo, incluida la difusión durante y después de la infiltración. (Velez y Velez, 2002).

La intrusión o velocidad con la que el agua ingresa a la tierra cambia fundamentalmente. Los suelos con un diseño excepcional o una superficie gruesa (suelo arenoso y arenoso) aunque los acuíferos son inherentemente impermeables, permiten una ausencia parcial de agua (Fitzpatrick, (1984) y Nuñez, 2007). Además, Aoki y Sereno (2006), citados en Palomino (2015), argumentan que los límites de percolación dependen de muchos factores. Los suelos y sedimentos mínimos tienen bajas tasas de infestación y, en general, los suelos arenosos son sistemas invasivos rápidos.

Tabla 2. Velocidades y clases de infiltración

Velocidad de infiltración (cm/h)	Clase de infiltración
< 0.004	Impermeable
0.004 - 0.15	Muy lenta
0.15 - 0.51	Lenta
0.51 - 1.52	Moderadamente lenta
1.52 - 5.08	Moderada
5.08 - 15.24	Moderadamente rápida
15.24 - 50.80	Rápida
> 50.80	Muy rápida

Fuente: USDA (1999)

2.2.5.4. Resistencia a la penetración

Wolkowski (1990), citado por Palomino (2015), encontró que los suelos compactados reducen los límites de crecimiento de aire y agua, brindan una protección notable contra la penetración de raíces y aumentan las tasas de dispersión de aditivos mediante métodos de límite de grano. La compresión cambia las propiedades reales del suelo, extendiendo la resistencia a las fugas y el espesor aparente, y reduciendo la porosidad. (Mendoza, 2011).

Jiménez y González (2006) señalan que se necesitarán más de cinco años para restaurar parte de la estructura perdida después de dedicar unos cinco años a cultivarla, pero ese no es realmente el caso para el próximo campo de diseño del marco. desafío. Fue antes del lanzamiento público. Los valores más altos de protección contra la invasión del suelo se asociaron con 20 años de cultivo. Esto sugiere que el proceso de cultivo influye en las

propiedades reales del suelo, haciendo que la protección contra la infiltración sea más pronunciada y actuando en espesores evidentes como la compactación del cursor cuando la cosecha se ha ido.

Tabla 5. Niveles de resistencia a la penetración del suelo

K/cm²	Nivel de resistencia
< 1	Suelos muy suaves
1 - 2	Suelos suaves
2 - 3	Suelos duros
3 - 4	Suelos muy duros
> 4	Suelos extremadamente duros

Fuente: Bazán (1996)

2.2.5.5. Temperatura del suelo

El 33 % de la energía ajustada para el evento de luz recibida por el sol y las plantas que golpean el suelo se refleja de regreso al medio ambiente. La energía que no se tiene en cuenta varía con la diversidad del suelo y la vegetación (cobertura, pendiente, color del suelo, etc.). El 5% se usa para la fotosíntesis, el 80% se usa para el movimiento del agua y una cantidad limitada se usa para calentar. El grado de calentamiento del suelo por unidad de energía se conoce como capacidad calorífica específica (CCE) del suelo. (Sagardoy y Mandolesi, 2005).

2.2.6. Indicadores químicos

Los indicadores para evaluar la calidad del compuesto consideran las condiciones que influyen en el vínculo tierra-planta, la calidad del agua, el límite de amortiguación de la tierra, la accesibilidad del agua y los suplementos para plantas y microorganismos, Interfaz de Consulta Simple. (SQI, 1996).

Tabla 6. Propiedades químicas de los indicadores de la calidad del suelo

Propiedad	Relación con la condición y función del suelo
Materia orgánica (N y C Total)	Define la fertilidad del suelo; estabilidad; erosión
Ph	Define la actividad química y biológica
Conductividad eléctrica	Define la actividad vegetal y microbiana

P, N, y K extractables	Nutrientes disponibles para la planta, pérdida potencial de N; productividad e indicadores de la calidad ambiental
------------------------	--

Fuente: SAGARPA (2012).

2.2.6.1. Potencial de hidrogeno (pH)

El pH es el logaritmo negativo de la actividad H^+ y afecta directamente la solubilidad, accesibilidad y retención de suplementos importantes para el crecimiento y desarrollo de las plantas, los procesos biológicos y biológicos y la actividad microbiana. Los elementos que más afectan el pH incluyen P, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , inmersión en base y límite de intercambio catiónico. (Sánchez, 2007).

El pH puede variar según el material huésped, la vegetación, el medio ambiente, la geología, la época del año, los cultivos y los suelos probados por el panel, el uso de compuestos de sales aromáticas, las fuentes naturales, la actividad orgánica, etc. Desde bosques hasta zonas limpias semiáridas con valores de pH entre 4,0 y 8,0. Los valores por encima y por debajo de este rango se deben principalmente a la abundancia de sales de Ca y Na o partículas disociadas de H^+ y Al^{3+} en el suelo. (Doran y Parkin, 1996).

Tabla 3. Rangos interpretativos para el pH (relación 2:1)

Clasificación	pH
Fuertemente ácido	$pH < 5.0$
Moderadamente ácido	$5.0 \leq pH < 6.5$
Neutro	$6.5 \leq pH < 7.3$
Medianamente alcalino	$7.3 \leq pH < 8.5$
Fuertemente alcalino	$pH \geq 8.5$

Fuente: SAGARPA (2012).

2.2.6.2. Materia orgánica

Las sustancias naturales son los ensamblajes enigmáticos de materia que componen el resto de las plantas y los organismos, están sujetas a constantes procesos de cambio y mezcla, y a menudo existen en cantidades mucho más pequeñas que la fragmentación mineral. su trabajo es importante o más importante para el progreso y el carácter de la tierra (SAGARPA, 2012).

El aumento de los contaminantes naturales también provoca el crecimiento de poblaciones microbianas más alteradas, controlando así de forma natural las enfermedades y plagas transmitidas por el suelo, y las sustancias naturales también actúan sobre el agua para descomponerla y eliminar las impurezas. (Stevenson, 1994).

Tabla 8. Rangos interpretativos para el contenido de materia orgánica (%)

Clasificación	% MO
Muy bajo	$MO < 0.5$
Bajo	$0.5 \leq MO < 1.5$
Medio	$1.5 \leq MO < 3.5$
Alto	$3.5 \leq MO < 6.0$

Fuente: SAGARPA (2012).

2.2.6.3. Nitrógeno total

La principal fuente de N es el aire, un gas importante. Este nitrógeno barométrico está disponible para las plantas gracias a las mediciones orgánicas obsesivas que realizan ciertos microorganismos. Encontramos que la mayor parte del nitrógeno en el suelo se encuentra en mezclas naturales que son accesibles para las plantas a través de interacciones de mineralización. Las reservas de nitrógeno de la Tierra están formadas por materiales naturales que se descomponen rápidamente. (Sánchez, 2007).

Tabla 9. Rangos interpretativos para el nitrógeno total

Clasificación	% N total
Muy bajo	$N < 0.05$
Bajo	$0.05 \leq N < 0.10$
Medio	$0.10 \leq N < 0.15$
Alto ³	$0.15 \leq N < 0.25$
Muy alto	$N \geq 0.25$

Fuente: SAGARPA (2012).

2.2.6.4. Fósforo total

El fósforo generalmente es estable en los suelos; no presenta mezclas inorgánicas que puedan volatilizarse y drenarse. Esta alta solidez se debe a una baja solvencia, que ocasiona una y otra vez una insuficiencia en la accesibilidad del fósforo para las plantas, independientemente de la persistente mineralización de mezclas naturales en la tierra.

El contenido absoluto de fósforo en la tierra está, según todos los relatos, relacionado con la sustancia de la materia natural y con su avance pedológico (Fassbender, 1984).

Tabla 10. Rangos interpretativos para el fósforo total

Clase	P (mg·kg ⁻¹)
Bajo	$P < 5.5$
Medio	$5.5 \leq P < 11$
Alto	$P \geq 11$

Fuente: SAGARPA (2012).

2.2.6.5. Potasio intercambiable

La dispersión global del potasio en el suelo sigue arreglos geomorfológicos relacionados con la presencia e intensidad del material original feldespatos y mica. Los suelos arenosos con feldespatos y rocas pobres en mica serán pobres en potasio. Suelo sobre el suelo rodeado de feldespatos rico en potasio y rocas ricas en minerales de mica. El potasio presente en las remociones de suelo conduce al porcentaje de potasio absoluto (Fassbender, 1984).

Tabla 11. Rangos interpretativos para potasio (K⁺) intercambiable

Clase	K (Cmol ⁽⁺⁾ ·kg ⁻¹)
Muy bajo	$K < 0.2$
Bajo	$0.2 \leq K < 0.3$
Medio	$0.3 \leq K < 0.6$
Alto	$K \geq 0.6$

Fuente: SAGARPA (2012).

2.2.6.6. Calcio intercambiable

SAGARPA (2012) demostró que encontraron calcio entre los cationes intercambiables que identificaron directamente cambios en la pudrición del suelo debido a los efectos anómalos de la intrusión de agua salada. Es un componente bastante abundante, especialmente en suelos semiáridos.

Tabla 12. Rangos interpretativos para calcio (Ca^{2+}) intercambiable

Clase	Ca ($\text{Cmol}^{(+)} \text{kg}^{-1}$)
Muy bajo	$\text{Ca} < 2$
Bajo	$2 \leq \text{Ca} < 5$
Medio	$5 \leq \text{Ca} < 10$
Alta	$\text{Ca} \geq 10$

Fuente: SAGARPA (2012).

2.2.6.7. Magnesio intercambiable

SAGARPA (2012) demuestra que este componente es específicamente atractivo ya que es esencial para el átomo de clorofila, razón por la cual está relacionado con la fotosíntesis. Es excepcionalmente normal descubrir que hay carencias de Mg en suelos arenosos con un límite de comercio de cationes bajo (CIC).

Tabla 4. Rangos interpretativos para Magnesio (Mg^{2+}) intercambiable.

Clase	Mg ($\text{Cmol}^{(+)} \text{kg}^{-1}$) Muy baja
Muy bajo	$\text{Mg} < 0.5$
Bajo	$0.5 \leq \text{Mg} < 1.3$
Medio	$1.3 \leq \text{Mg} < 3.0$
Alta	$\text{Mg} \geq 3.0$

Fuente: SAGARPA (2012).

2.2.6.8. Capacidad de intercambio catiónico

Se cree que el intercambio de cationes es un ciclo reversible en el que las partículas del suelo absorben fuertemente partículas de la fase acuosa mientras desorben simultáneamente cantidades idénticas de diferentes cationes, creando una armonía entre las dos etapas (Fassbender, 1975).

Sánchez (1981) determinó que los límites de intercambio catiónico están determinados por mejoras en la estructura del sustrato que ayudan a la circulación del aire, la retención de agua, la actividad microbiana y la abundancia de fondo. Por lo tanto, una CIC de al menos $7 \text{ Cmol}^{(+)} \text{kg}^{-1}$ retiene la mayoría de los cationes contra la permeación.

Los límites de intercambio de cationes se definen en un diseño de suelo mejorado que promueve la circulación de aire, la retención de agua, la migración microbiana y la maduración del suelo. La Tabla 12 muestra el rango de interpretación de CIC. (SAGARPA, 2012).

Tabla 5. Rangos interpretativos para la CIC.

Clase	CIC ($\text{Cmol}^{(+)}\text{kg}^{-1}$)
Muy Alta	$\text{CIC} \geq 40$
Alta	$25 \leq \text{CIC} < 40$
Medio	$15 \leq \text{CIC} < 25$ Baja
Baja	$5 \leq \text{CIC} < 15$
Muy baja	$\text{CIC} < 5$

Fuente: SAGARPA (2012).

2.2.6.9. Conductividad eléctrica

Departamento de Agricultura de EE.UU. [USDA]. (1999) establecieron que la conductividad eléctrica (CE) de una suspensión suelo-agua representa la cantidad de sal presente en el suelo. Toda la tierra contiene sales que las plantas necesitan para crecer. Sin embargo, el exceso de salinidad afecta el equilibrio hídrico del suelo y dificulta el crecimiento de las plantas. Los suelos con alta salinidad parecen normales, pero también se deben al uso y acumulación de la tierra.

Tabla 6. Rangos interpretativos para la Conductividad eléctrica

CE ($\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$) a 25°C	Efectos sobre el suelo
$\text{CE} < 1.0$	Efectos despreciables de la salinidad
$1.0 \leq \text{CE} < 2.0$	Suelo muy ligeramente salino
$2.0 \leq \text{CE} < 4.0$	Suelo moderadamente salino
$4.0 \leq \text{CE} < 8.0$	Suelo salino
$8.0 \leq \text{CE} < 16$	Suelo fuertemente salino
$\text{CE} \geq 16$	Suelo muy fuertemente salino

Fuente: SAGARPA (2012).

2.2.7. Subíndice de uso sustentable del suelo SUSS

El registro de mantenibilidad del país y el área de pesca carga los niveles de sustentabilidad de cinco partes (suelos, agua, aire, pesca y biodiversidad), dando una concentración mundial a los resultados. En esta línea, la estimación del archivo sugiere el desarrollo de cinco sublistas que reflejen el avance de cada una de las partes, configurando grados de soportabilidad (SAGARPA 2012).

1. Variables del subíndice de uso sustentable del suelo (SUSS)
2. Variables del subíndice uso sustentable del agua (SUSA)
3. Variables del índice de sustentabilidad biológica de las principales pesquerías de México (ISB)
4. Variables del subíndice diversidad:
 - Variables del subíndice de biodiversidad vegetal (SBV)
 - Variables del subíndice de diversidad pecuaria (SDP)
5. Variables del subíndice de emisiones de gases efecto invernadero (SEGEI).

Para evaluar el estado actual del suelo se estudian algunas propiedades básicas que se consideran las más adecuadas para su uso, teniendo en cuenta los límites temporales que afectan a su sistema hídrico como en condiciones de tormenta, (Doran y Parkin, 1994).

Para cada atributo sucio considerado, los valores más altos y bajos no son realmente fijos. Esto se debe a que el índice de calidad se normaliza a algún valor entre 0 y 1. A partir de información estandarizada, se define un criterio simple (apéndice de uso sustentable de la tierra) que se caracteriza por una circunferencia de calidad característica (SAGARPA, 2012).

2.2.7.1. Valores deseables y valores de corte utilizados en la normalización de los indicadores implicados en el SUSS

La Tabla 16 muestra el rango de cualidades que sustenta cada límite considerado en la evaluación SUSS. Estos son consistentes con la NOM 021 y detallan la fertilidad, salinidad y propiedades del suelo. De manera parecida, pensé en las referencias selectivas mencionadas en las expresiones de signos inferidas.

Tabla 16. Parámetros edáficos, valores deseables y de corte para evaluar el estado actual de los suelos.

indicadores	valor deseable	valor de corte
Materia Orgánica	5.00	0.50
Densidad Aparente	1.00	1.47
pH	6.30	5.20
Fosforo	8.00	0.00
Magnesio	3.00	0.00
Calcio	5.00	0.00
CIC	15.10	5.00
Nitrógeno	0.30	0.05

Fuente: SAGARPA (2012).

2.2.8. El cultivo de *Theobroma cacao* L. (cacao)

El cacao parte de la cuenca del Amazonas, explícitamente de los espacios entre Colombia, Ecuador, Perú y Brasil, ya que es aquí donde se ha encontrado la mejor variedad de la especie. No obstante, existen diferentes puntos de dispersión vegetativa como la cuenca del arroyo Orinoco y un segmento decente de Mesoamérica, donde en cualquier caso se pueden encontrar plantas en estado salvaje, con una tonelada de variabilidad hereditaria. (Benito, 1992).

Las naciones creadoras del mundo son: Brasil, Camerún, Ecuador, Ghana, Malasia y Nigeria habitualmente desarrollan el cacao, extendiéndose a diferentes naciones como Costa de Marfil e Indonesia. A nivel centroamericano, Costa Rica ha sido habitualmente el mayor productor, seguido por Guatemala como la segunda nación creadora e industrializada de cacao en la región centroamericana, luego, en ese momento, El Salvador y Honduras son productores y exportadores de cacao (Gaitan, 2005).

Theobroma cacao L. (cacao) es una categoría animal local de las pegajosas maderas tropicales de América del Sur, sus almendras son el alimento básico para las empresas de chocolate, correctivos, medicamentos y diferentes subsidiarias. El Amazonas es uno de los focos de fluctuación hereditaria más prominente de esta especie, su dispersión ha sido iniciada por el impacto del hombre y las criaturas, por mejores lugares produciendo cruces sin

restricciones o mitades y mitades; así como podrían esperarse las transformaciones que han hecho de los diversos agregados del negocio cacaotero que se desarrollan en la actualidad (De Los Ríos, 2000).

2.2.8.1. Clasificación taxonómica

Theobroma cacao L., ha sido clasificado taxonómicamente de la siguiente manera (Benito, 1992):

Reino	: Vegetal
División	: Spermatophta
Subdivisión	: Angiosperma
Clase	: Dicotiledónea
Orden	: Malvales
Familia	: Sterculaceae
Género	: <i>Theobroma</i>
Especie	: <i>Theobroma cacao</i> L.

2.2.8.2. Ciclo biológico del cacao

El patrón de vida orgánica del cacao dura más de 100 años, pero su vida financiera no suele superar los 40 años. En cualquier caso, no existe una curva de edad de rendimiento que se aplique a todos los distritos de cacao, ya que depende de diferentes componentes, por ejemplo, la calidad del suelo, el medio ambiente, el germoplasma, el tablero y los entornos financieros relacionados con las vacilaciones de valor (Mejía 2005).

2.2.8.3. Condiciones climáticas

- **Precipitación**

El cacao es una planta que necesita una adecuada retención de agua para finalizar sus ciclos metabólicos. En términos regulares, la tormenta es el factor climático que más surtidos presenta durante el año. Su dispersión cambia sorprendentemente comenzando con una región y luego la siguiente y es el factor que elige las diferenciaciones en el patrón del tablero. La precipitación ideal para el cacao es de 1600 a 2500 mm dispersos consistentemente. La precipitación superior a 2600 mm puede influir en la creación de la cosecha de cacao.

- **Temperatura**

La temperatura es un factor esencial en relación con el crecimiento, la floración y la fructificación de los árboles de cacao. La temperatura anual típica debe reportarse como 25°C. Los efectos de las bajas temperaturas se manifiestan en la tasa de eventos vegetativos, el progreso elemental normal y el grado de floración (reducción de la intensidad). Del mismo modo, controla la actividad de las raíces y brotes de las plantas. La temperatura para la reformación del cacao debe estar dentro del siguiente rango:

- Mínima de 23°C

- Máxima de 32°C

- Optima de 25°C

Temperaturas escandalosas caracterizan los límites de altura y alcance para el desarrollo del cacao. La asimilación de agua y suplementos por los cimientos subyacentes de la planta de cacao se gestiona por temperatura. Una perspectiva a considerar es que a temperaturas por debajo de los 15 ° C el movimiento de las raíces disminuye. Por otra parte, las altas temperaturas pueden influir en los cimientos subyacentes poco profundos de la planta de cacao, restringiendo su límite de retención, por lo que se prescribe para asegurar la tierra con la arena actual. Asimismo, la rápida descomposición de la materia natural en la tierra, por oxidación y a la vista de la humedad, viene dictada por la temperatura.

- **Viento**

Es el factor que elige la velocidad de evapotranspiración del agua sobre la capa externa de la tierra y la planta. En ranchos expuestos perpetuamente a brisas sólidas, ocurre defoliación o caída prematura de hojas. En ranchos donde la velocidad de la brisa es a pedido de 4 m/seg y con muy poca sombra, la defoliación sustancial es normal. De manera similar, en lugares con ritmos de viento de 1 a 2 m/seg, este problema no se nota.

- **Luminosidad**

La luz es un factor natural más importante para el avance del cacao, en particular para la fotosíntesis, que ocurre con poca fuerza, en cualquier caso, cuando la planta está en pleno sol. En la etapa de fundación del desarrollo del cacao, conviene establecer diferentes plantas de ocultación, ya que las plantaciones de cacao jóvenes están influenciadas por la actividad inmediata de la luz del día. Para las fincas asentadas previamente, se considera

que una fuerza de luz debajo de la mitad de la luz total restringe los rendimientos, mientras que un poder más notable que la mitad de la luz absoluta las construye (Paredes, 2004).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Características de la zona de estudio

La presente investigación se realizó en el centro poblado de Pumahuasi en tres parcelas con similares características del cultivo de *Theobroma cacao* L. (cacao) cuyos dueños son: Luis Roger Bravo Carhuaricra con 57 ha de terreno y una parcela 2.86 ha de 4 años de edad, José Arista Villanueva con un terreno de 10 ha y una parcela de 2.14 ha de 8 años de edad, Efren Garay Rafaelo con un terreno de 25 ha y una parcela de 2.95 ha de 15 años de edad, todas estos terrenos se encuentran colindantes con un área total de 7.95 ha aproximadamente.

3.1.1. Ubicación política

Políticamente Pumahuasi se ubica en el distrito de Daniel Alomía Robles, perteneciente a la provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco.

3.1.2. Ubicación geográfica

La ubicación geográfica del predio donde se llevó a cabo la investigación presenta las coordenadas UTM (Zona 18 L, Datum WGS84) del empalme 18S, Tabla 17.

Tabla 7. Coordenada UTM del predio con cultivo de cacao

Cultivo de cacao	Edad del cultivo años	Coordenadas UTM		
		Este	Norte	Altitud
Cacao	15	395198	8985217	644
Cacao	8	395171	8985332	642
Cacao	4	395127	8985421	641

3.1.3. Clima

La región es semicálida o pegajosa, con una viscosidad total de 80-90% y una precipitación anual típica de 3100 mm, con la mayor precipitación durante un largo período de tiempo de noviembre a mayo a temperaturas normales anuales. zona templada de 25°C. El terreno se encuentra a una altura aproximada de 582 a 971 metros sobre el nivel del mar. (SENAMHI, 2013).

3.1.4. Zona de vida

Según el mapa ecológico del Perú, el distrito de Daniel Alomia Robles se ubica en la selva muy húmeda Premontana (bmh - PT) y la selva húmeda de tierras bajas. (bmh-MBT) (Holdridge, 1987).

3.1.5. Suelos

Respecto al tipo de suelo, básicamente, según su origen, son aluviales y calcáreo, con fertilidad natural aparente para la producción de plátanos, papaya y cualquier otro cultivo, básicamente para autoconsumo. Presenta una textura en su mayoría arcillosa o pesadas.

3.1.6. Fisiografía

Presenta un aspecto complejo, básicamente influenciado por la orientación estructural de algunas estribaciones de la cordillera azul, presentando un paisaje con unidades fisiográficas: lomadas, colinas medias, colinas altas y pequeñas planicies de sedimentos colinosos e intercolinosos (Huamani y Mansilla, 1995).

3.1.7. Hidrografía

El río principal lo constituye el río Tulumayo afluente del río Huallaga, que fluye entre dos cadenas montañosas de los Andes, la Cordillera Central y la Oriental (4.250 msnm), con una longitud total de 926 km.

3.1.8. Accesibilidad

La principal vía de transporte es la Federico Basadre de la Carretera Central, que recorre 15 km por el distrito hasta la capital, Pumahuasi. El tiempo de llegada es de aproximadamente 20 minutos, el camino de acceso está pavimentado al distrito de Daniel Alomia Robles.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales

Bolsas, plástico, pala, machete, plumón indeleble, probeta, tubos de ensayo, pipetas y tamiz de 2 y 0.25 mm.

3.2.2. Equipos

Cámara digital, GPS, Laptop, balanza de precisión, Estufa, pH metro y Espectrofotómetro de absorción atómica

3.3. Generalidades de la investigación

3.3.1. Tipo de estudio

Según Intervención, Supo (2014) indicó que el estudio fue observacional en el sentido de que no hubo intervención, ya que los dueños de las propiedades ya habían establecido parcelas de cacao.

3.3.2. Nivel de estudio

Este estudio fue a nivel descriptivo (Supo, 2014) mediante muestreo de parcelas de cacao y los resultados fueron analizados mediante estadística descriptiva.

3.3.3. Variables en estudio

Para la investigación se han considerado las siguientes variables dependientes e independientes:

– Variable dependiente

Y = Calidad del suelo con cultivo de cacao

Y₁ Calidad del suelo cultivo de cacao de 4 años

Y₂ Calidad del suelo cultivo de cacao 8 años

Y₃ Calidad del suelo cultivo de cacao 15

– Variable independiente

X = indicadores físicos y químicos

X₁ Conductividad eléctrica = dSm⁻¹ X₂ pH = pH

X₃ Densidad aparente = g/cm³

X₄ Resistencia a la penetración = kg/cm²

X₅ Materia orgánica del suelo (MO) = % X₆ Fósforo disponible = mg kg⁻¹

X₇ Magnesio disponible = Cmol⁽⁺⁾ kg⁻¹

X₈ Calcio disponible = Cmol⁽⁺⁾ kg⁻¹

X_9 Potasio disponible = $\text{Cmol}^{(+)}\text{kg}^{-1}$

X_{10} Capacidad de intercambio catiónico = $\text{Cmol}^{(+)}\text{kg}^{-1}$

X_{11} Nitrógeno = %

X_{12} velocidad de infiltración = cm/h

3.4. Metodología

El presente trabajo de investigación se realiza de forma descriptiva – comparativo, debido a que se describe y realiza una comparación del cultivo de cacao de diferentes edades (15, 8 y 4 años).

3.4.1. Determinar los indicadores físicos (densidad aparente, textura, resistencia a la penetración y temperatura) del suelo con cultivo de cacao

- Ubicación e instalación de las parcelas experimentales

Hemos reunido todo el dato requerido sobre la zona de análisis. Datos sobre levantamientos generales en toda la región con puntos fijos de muestreo de suelos, sistemas de uso y evaluaciones correspondientes.

- Delimitación y georreferenciación de las parcelas

Se identificaron los cultivos de *Theobroma cacao* L. (cacao) se establecieron en cada una de ellas una parcela o transectos de forma sistemática de 25 m x 25 m (cultivo de cacao de diversas edades) para el análisis de los indicadores físicos y químicos y estas estuvieron debidamente georreferenciadas.

- Muestreo de suelo para el análisis físico químico

Después de la delimitación de 3 parcelas en las que se tomaron 8 muestras, se llevaron en diagonal a través de cada celda. Cada unidad de prueba consta de un pozo de 30 cm de hondura del cual se retira la tierra hasta conseguir una muestra homogénea de aproximadamente 1 kg por cosecha de cacao y luego se transfiere a un centro de investigación de suelos.

Para los métodos de prueba y evaluación de plantaciones de cacao, la SAGARPA propone una estrategia para la evaluación de la calidad del suelo utilizando el Subíndice de Uso Sostenible de la Tierra (SAGARPA, 2012). (SUSS) y los procedimientos de caracterización de suelos son propuestos por USDA (1999) y Bazán (1996). (2005) (INTA).

- **Determinación de los parámetros físicos del suelo**

La determinación de los indicadores físicos del suelo se tomó la metodología descrita por el USDA (1999) y Moscatelli *et al.* (2000) citado por SAGARPA (2012) y el Tabla 18.

Tabla 18. Indicadores físicos del suelo a evaluar en campo

Propiedades del suelo	
Indicadores físicos	Método de su determinación
Infiltración	Método del cilindro infiltró metro
Textura del suelo	Método del hidrómetro de Bouyoucos
Densidad aparente	Método del cilindro
Temperatura del suelo	Método directo (termómetro)
Resistencia a la penetración	Método directo (penetrómetro)

Fuente: SAGARPA (2012)

3.4.2. Determinar los indicadores químicos (pH, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo y capacidad de intercambio catiónico) del suelo con cultivo de cacao

- **Determinación de los parámetros químicos del suelo**

Obtenida la muestra compuesta de suelo de cada cultivo de cacao se llevó al Laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la UNAS para su respectivo análisis fisicoquímico Tabla 19.

Tabla 8. Indicadores químicos del suelo a evaluar en campo

Propiedades químicas del Suelo	
Análisis químicos	Método de su determinación
Materia Orgánica	Método de Walkley y Black
Reacción del suelo	Método potenciómetro
Nitrógeno total	Método de Materia orgánica
Fosforo disponible	Método de Olsen modificado
Potasio disponible	Método del acetato de amonio
Calcio disponible	Método del acetato de amonio
Magnesio disponible	Método del acetato de amonio
Capacidad de intercambio catiónico	Método del acetato de amonio

Fuente: SAGARPA (2012)

3.4.3. Determinar la calidad del suelo mediante la metodología del Subíndice de Uso Sustentable del Suelo (SUSS) del cultivo de cacao

Para evaluar la calidad del suelo se utilizó el subíndice de uso sostenible de la tierra (SUSS), que implicó la determinación de las propiedades fisicoquímicas relacionadas con la calidad del suelo utilizando la normalidad de dominancia normalizada de cada marcador de tierra (I), tanto a nivel público como por elemento de gobierno y por sistema de agua.

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

Dónde:

P: es el promedio del valor de los parámetros normalizados,

i: es cada indicador o parámetro analizado, y

n: es el número total de parámetros analizados.

$$P = \frac{\sum_{j=1}^m Rn_j}{m} \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

Rn: es el valor resultante del parámetro normalizado

m: es el número de muestras de suelo analizadas, y

j: es cada muestra de suelo.

La ecuación de cálculo de la normalización de los indicadores es la siguiente:

$$Rn_j = 1 - \left(\frac{Vr_j - d_j}{c_j - d_j} \right) \dots\dots\dots (3)$$

Donde:

Rn: es el resultado normalizado,

Vr: es el valor del parámetro fisicoquímico (indicador),

d: es el valor deseable en el indicador,
 c: es el valor de corte en el indicador, y
 j: es cada muestra de suelo.

Los rangos de valores deseables para cada parámetro considerado en la estimación del SUSS se presentan en el Tabla 20.

Tabla 20. Parámetros edáficos, unidades de medida, valores máximos y mínimos definidos para evaluar el estado actual del suelo

Indicador	Unidad de medida	Rango o valor deseable (d)	Valor de corte ©
Materia orgánica (MO)	%	MO > 5	0.5
Densidad aparente (Dap)	g/cm ³	Dap < 1.1	1.47
Conductividad eléctrica (CE)	dSm ⁻¹	CE < 1	4.1
pH	pH	6 < pH < 7	5 < pH > 8.5
Fósforo (P)	mg kg ⁻¹	P > 5.5	0
Magnesio (Mg)	Cmol(+) kg ⁻¹	Mg > 0.3	0
Calcio (Ca)	Cmol(+) kg ⁻¹	ca > 5	0
RAS	RAS	< 2.5	4
CIC	Cmol(+) kg ⁻¹	CIC > 15	5
Nitrógeno total	%	N > 0.2	0.05

Fuente: SAGARPA (2012).

La interpretación de los índices se realizó tomando en cuenta el SUSS del Tabla 21.

Tabla 9. Rangos interpretativos del SUSS.

Calidad del suelo Bueno	Descripción
Bueno (0.95 < SUSS ≤ 1.0)	Las condiciones de calidad del suelo son las deseables para llevar a cabo la actividad agrícola.
Aceptable < SUSS ≤ 0.95)	(0.80 La calidad del suelo está cercana a las condiciones deseables. Las variables analizadas poco se alejan de los valores adecuados.

Sensible < SUSS ≤ 0.78)	(0.65	Los parámetros medidos ocasionalmente se alejan de los valores óptimos.
Marginal < SUSS ≤ 0.65)	(0.45	Los indicadores de calidad a son distantes de los valores deseables.
Pobre < SUSS ≤ 0.45)	(0	La calidad del suelo para fines agrícolas se encuentra amenazada o afectada. Los indicadores se alejan completamente de los niveles deseables.

Fuente: SAGARPA (2012).

3.4.4. Representar cartográficamente la distribución espacial de la calidad del suelo con cultivo de cacao de diferentes edades

Para la configuración de la guía se realizaron proyecciones sobre el Sistema Universal Transversal Mercator (UTM), en el datum WGS 84 región 18S hemisferio sur utilizando el programa ArcGis y para el control de la información se realizaron referencias de ciclo mediante el aparato Kriging.

El programa ArcGis incrusta la dirección del área de revisión y la escribe en *Theobroma cacao* L. (cacao), por lo que la información disponible en SUSS (calidad del suelo) fue clasificada y ajustada con un dispositivo kriging, lo que nos permite enfocarnos en las propiedades del suelo y monitorear su comportamiento de calidad. La capa raster toma la capa sucia expuesta y la reemplaza con parámetros del archivo de forma que se abordará en la guía a una escala razonable.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Determinar los indicadores físicos (densidad aparente, textura, resistencia a la penetración y temperatura) del suelo con cultivo de cacao

4.1.1. De los indicadores físicos

- Textura

Las diferentes edades de las plantaciones de cacao son las capas de textura de la plantación establecida de suelo de 4 años (Franco Arcillo Limoso, Franco Limoso y Franco Arcilloso), la textura de la plantación de 8 años (Franco Arenoso, Franco Arcillo Limoso y Franco Arcillo Arenoso) y plantaciones de 15 años textura (Franco Arcillo Limoso y Franco) Tabla 22. FAO (2015) hace referencia a que la superficie del suelo alude a la extensión de partes inorgánicas de diversas formas y tamaños como arena, residuos y barro. La superficie es una propiedad importante ya que actúa como factor de maduración y la capacidad de retener agua, circulación de aire, desechos, materiales naturales y diversas propiedades.

Tabla 10. Textura del suelo

Nº muestra	Edad	Textura	Partículas de suelo		
			Arena	Arcilla	Limo
M - 1	4 años	Franco Arcillo Limoso	29	30	41
M - 2	4 años	Franco Limoso	29	18	53
M - 3	4 años	Franco Arcilloso	43	28	29
M - 4	8 años	Franco Arenoso	53	14	33
M - 5	8 años	Franco Arcillo Limoso	19	34	47
M - 6	8 años	Franco Arcillo Arenoso	57	24	19
M - 7	15 años	Franco Arcillo Limoso	21	36	43
M - 8	15 años	Franco	25	26	49
M - 9	15 Años	Franco	43	22	35

La figura 1 muestra gráficamente los porcentajes de partículas de arena, limo y arcilla para tres parcelas de cacao, una parcela de 4 años presenta suelos Franco Arcillo

Limoso, Franco Limoso y Franco Arcilloso, 8 años suelos Franco Arenoso, Franco Arcillo Limoso y Franco Arcillo Arenoso y de 15 años presenta una textura Franco Arcillo Limoso y Franco, en todas las muestras las partículas que predominan son el Limo y Arena.

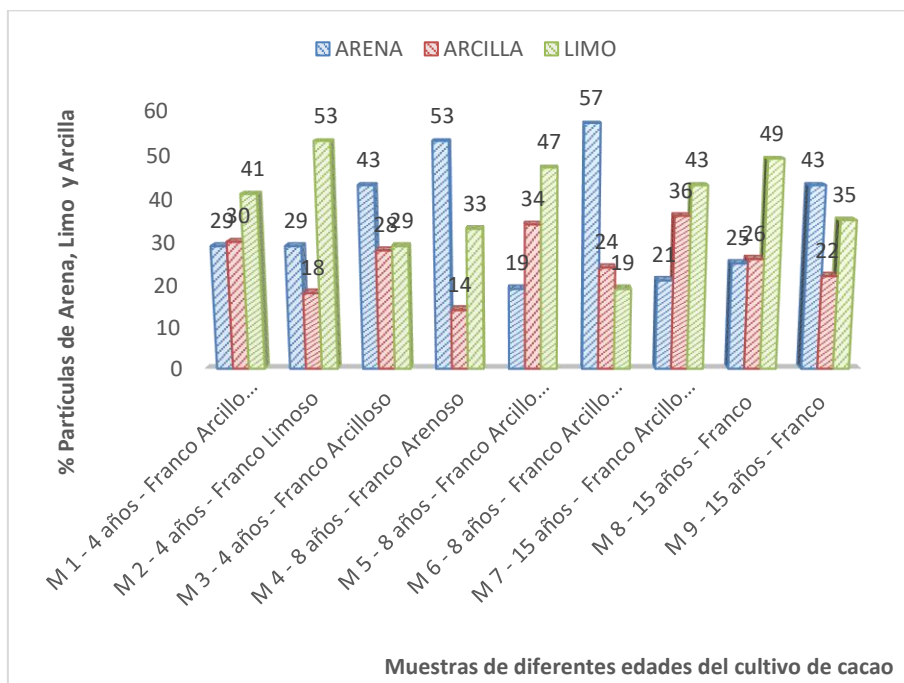


Figura 1. Clase textural de las parcelas con cultivo de cacao de diferentes edades

- Temperatura y densidad aparente

La densidad aparente de las parcelas con cultivo de cacao de 4, 8 y 15 años todas se encuentran dentro del rango ideal por encontrarse por debajo del rango de $Dap < 1.4 \text{ g/cm}^3$ Tabla 23. Pritchett (1990) manifiesta que la densidad aparente es una propiedad que está firmemente relacionada con la compactación, la porosidad y el flujo de agua y aire en la tierra; posteriormente, es de increíble interés para el avance de las cosechas.

Para el caso de la investigación las temperaturas introducidas por las parcelas con desarrollo cacaotero de 4, 8 y 15 años están dentro de las temperaturas positivas para el evolución típica y creación de la cosecha del cacao. Sagardoy y Mandoesi (2005) expresan que la temperatura se identifica con la medida de energía solar que llega al suelo, es decir, a partir de la ocurrencia de luz que recibe una planta, una tercera se refleja una vez más en el aire. El nivel de calentamiento que atraviesa la tierra por unidad de energía se distingue como el límite de calor particular (CCE) de una superficie;

Tabla 11. Densidad aparente y temperatura del suelo

N° Muestra	Edad años	Análisis físico	
		DA (g/cc)	Temperatura °C
M - 1	4	1.14	26.20
M - 2	4	1.14	26.50
M - 3	4	1.12	27.30
M - 4	8	1.11	24.10
M - 5	8	1.11	25.30
M - 6	8	1.00	22.80
M - 7	15	0.98	23.50
M - 8	15	1.02	23.40
M - 9	15	1.00	23.20

En la Figura 2 se visualiza que se encuentran dentro de los rangos ideales de densidad aparente de las 9 muestras evaluadas de los cultivos de cacao de diferentes edades.

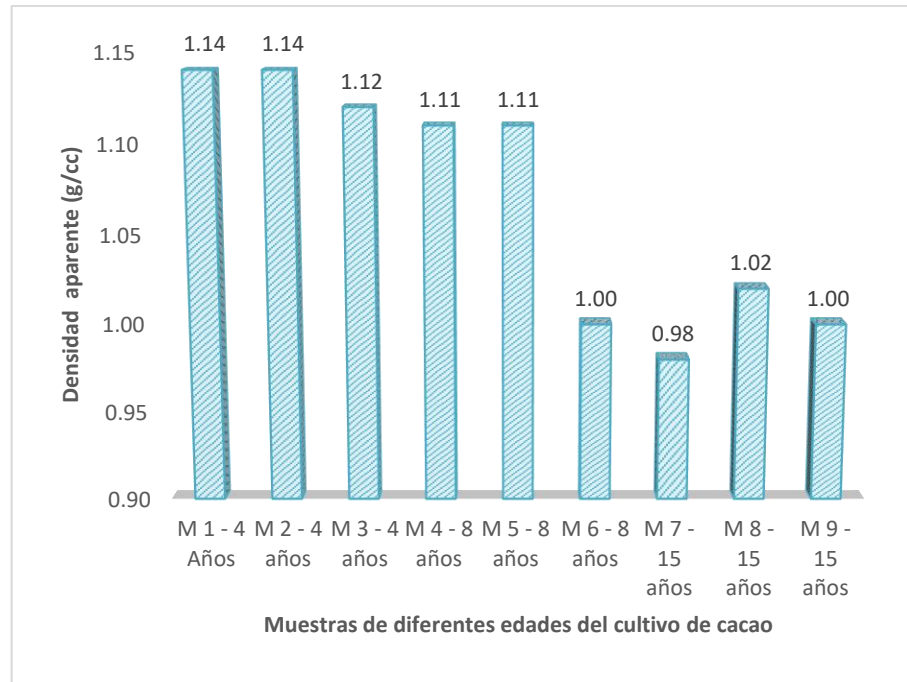


Figura 1. Densidad aparente del suelo

En cuanto ha, los 3 ejemplos tienen temperaturas de 27.3°C y los 6 ejemplos tienen una temperatura más baja (22.80°C) y diferentes ejemplos se desplazan hacia adentro que alcanzan la Figura 3.

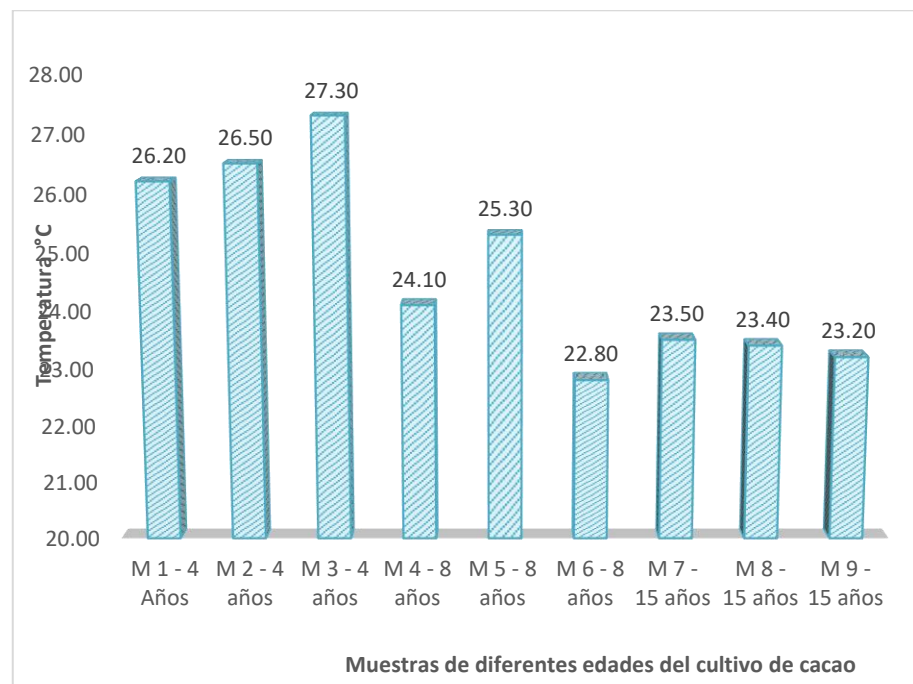


Figura 2. Temperatura de las muestras del suelo

4.2. De los indicadores químicos (pH, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo y capacidad de intercambio catiónico) del suelo con cultivo de cacao

- pH en el suelo

En la Tabla 24 se visualiza el pH del suelo, las parcelas con cultivo de cacao de 4, 8 y 15 años de edad presentan pH de moderadamente ácido a medianamente alcalino. Doran y Parquin (1996) mencionan que la mayoría de los suelos bajo bosques húmedos y subhúmedos hasta regiones de socavación semi-reseca tienen valores de pH en algún lugar en el rango de 4.0 y 8.0; Los valores por encima y por debajo de este alcance son en general debido a la abundancia de sales de Ca y Na o partículas de H^+ y Al^{3+} por separado en la disposición del suelo.

Tabla 12. pH del suelo

N° de muestra	Edad años	pH 1:1	Descripción
M 1	4	5.65	Moderadamente ácido
M 2	4	8.20	Medianamente alcalino
M 3	4	5.51	Moderadamente ácido
M 4	8	5.52	
M 5	8	8.00	
M 6	8	5.80	Moderadamente ácido
M 7	15	7.95	Medianamente alcalino
M 8	15	8.24	
M 9	15	8.05	

En la Figura 4, se visualizan los rangos de pH de las parcelas de 4,8 y 15 años que varían de moderadamente ácido a medianamente alcalino.

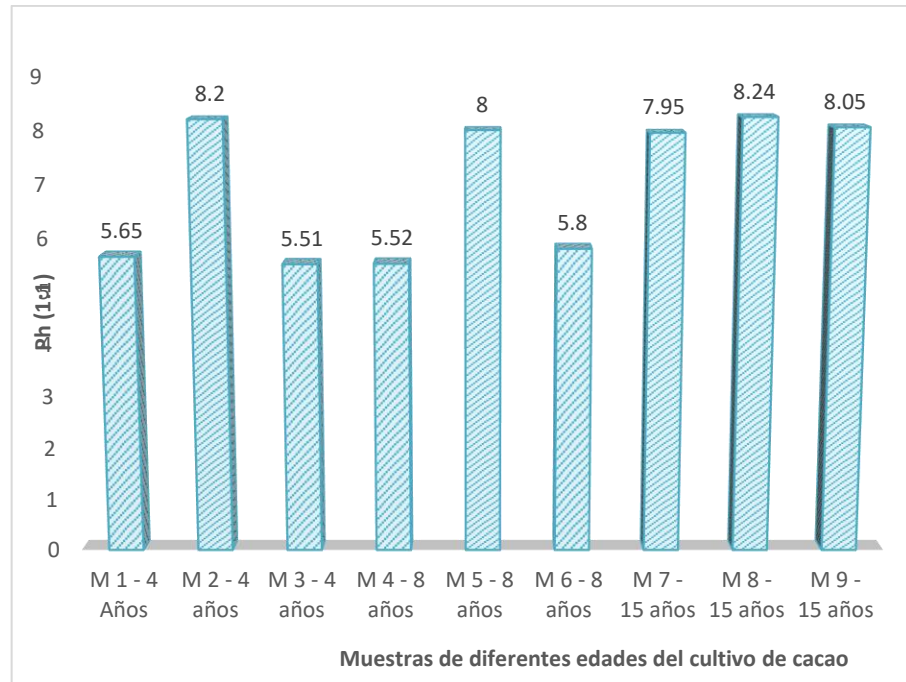


Figura 3. pH del suelo

- Materia orgánica del suelo

La Tabla 25 muestra los niveles de materia orgánica del suelo, con todas las parcelas de cacao de 4, 8 y 13 años con bajo contenido de materia orgánica. SAGARPA (2012) afirma que la materia natural es un enigmático arreglo de materia, incluyendo restos de plantas y organismos, sujeta a constantes procesos de cambio e integración, y muchas veces en grandes cantidades. Su trabajo es tanto o más importante para el desarrollo y las propiedades del suelo.

Tabla 13. Materia orgánica del suelo

Nº de muestra	Edad años	M.O.	Nivel
		%	
M 1	4	1.07	Bajo
M 2	4	1.19	
M 3	4	1.34	
M 4	8	1.15	
M 5	8	1.54	
M 6	8	1.78	
M 7	15	1.58	
M 8	15	1.15	
M 9	15	1.38	

En la Figura 5, se visualiza el porcentaje de materia orgánica, las parcelas con cultivos de cacao de 4, 8 y 15 años presentan niveles bajo con rangos que varían de 0.05 – 0.09% de materia orgánica.

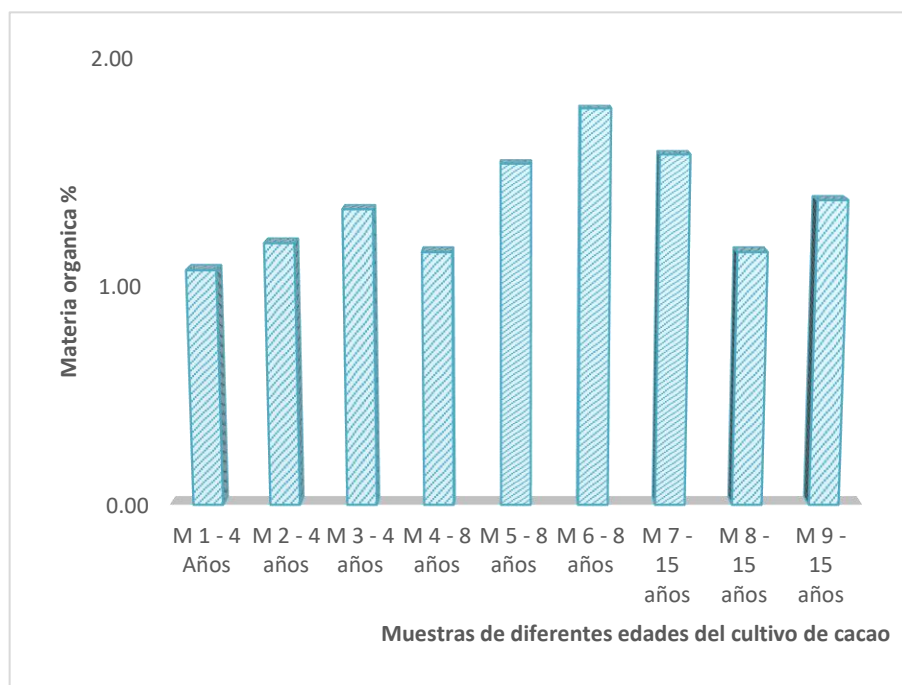


Figura 4. Materia orgánica de las muestras del suelo

- Nitrógeno del suelo

En la Tabla 26, se visualiza el nitrógeno (N) presente en el suelo en las parcelas con cultivo de cacao de 4, 8 y 15 años presentando nivel Bajo en nitrógeno. Mientras que para SAGARPA (2012) En muchos suelos y en un horizonte de nivel superficial, más del 90% del N se encuentra en estructuras naturales y el resto como NH^+4 retenido por la suciedad. NO^-3 es el tipo principal de ingestión de las plantas, es excepcionalmente portátil, fácil de lavar con agua. La investigación presenta una textura franca, franco arcillo limosos y franco arcilloso, donde el nitrógeno se encuentra retenida en las partículas de suelo en forma de Nitrato.

Tabla 14. Nitrógeno del suelo

Nº de muestra	Edad años	N	Nivel
		%	
M 1	4	0.05	Bajo
M 2	4	0.06	
M 3	4	0.07	

M 4	8	0.06
M 5	8	0.08
M 6	8	0.09
M 7	15	0.08
M 8	15	0.06
M 9	15	0.07

En la Figura 6, se visualiza los porcentajes de Nitrógeno (N) en relación a las 9 muestras analizadas en suelos de diferentes edades del cultivo de cacao, presentan niveles Bajos.

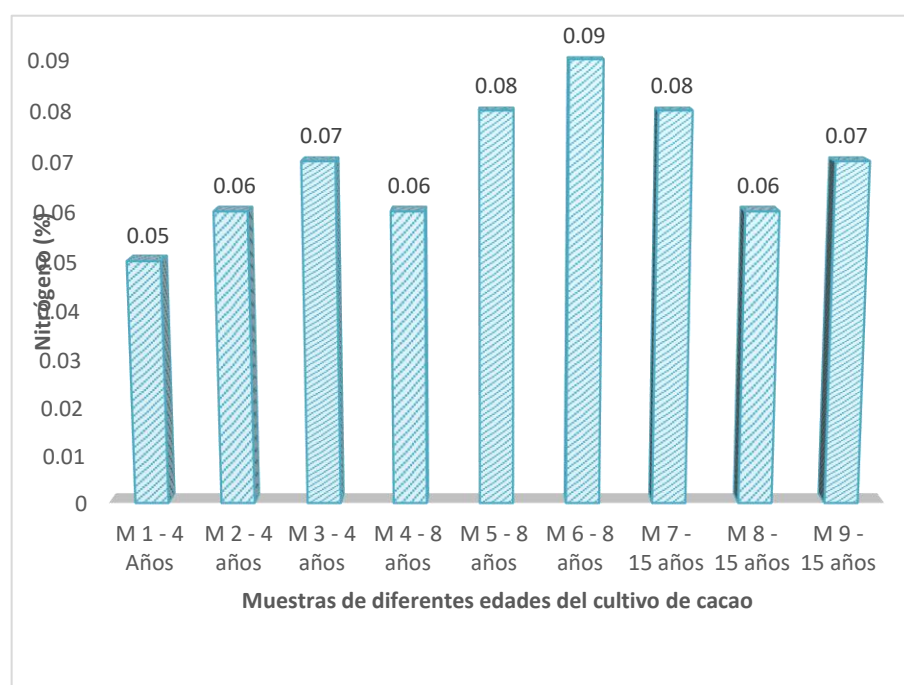


Figura 5. Nitrógeno de las muestras del suelo

- Fósforo del suelo

En la Tabla 27, se visualiza los niveles de ppm del fósforo (P) presente en el suelo en las parcelas con cultivo de cacao de 4,8 y 15 años presentan niveles de bajo a medio. Fassbender (1984) menciona que el fósforo es generalmente estable en los suelos; no presenta mezclas inorgánicas volatilizables y filtradas. Esta alta confiabilidad resulta de una baja disolubilidad, que ocasiona una y otra vez una inadecuación en la accesibilidad del fósforo para las plantas, a pesar de la constante mineralización de mezclas naturales en la tierra. El contenido absoluto de fósforo en las suciedades está, según todas las cuentas, relacionado con la sustancia de materia natural y con su desarrollo pedológico.

Tabla 15. Fósforo del suelo

N° de muestra	Edad años	P	Nivel
		ppm	
M 1	4	2.64	Bajo
M 2	4	5.30	
M 3	4	5.64	
M 4	8	9.54	Medio
M 5	8	4.64	Bajo
M 6	8	9.71	Medio
M 7	15	4.06	Bajo
M 8	15	4.97	
M 9	15	9.13	Medio

En la Figura 7, se visualizan los rangos de fósforo (P) en ppm con relación al muestreo realizados en suelos de diferentes edades del cultivo de cacao, de 4, 8 y 15 años presentan niveles bajo a medio.

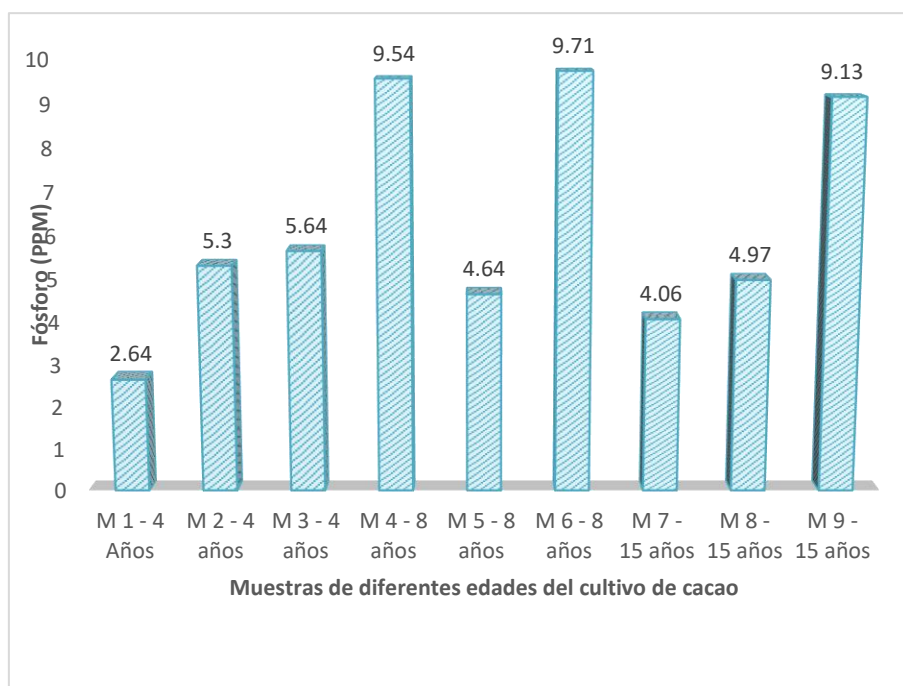


Figura 6. Fósforo en las muestras del suelo

- Potasio del suelo

La Tabla 28 muestra que las parcelas de cacao de 4, 8 y 15 años tienen bajos niveles de potasio (K) en el suelo. Para Fassbender (1984), la difusión global de potasio en los suelos sigue arreglos geomorfológicos relacionados con la presencia y persistencia de feldespato y mica en la matriz. Los suelos arenosos rodeados de feldespato o rocas pobres en mica serán pobres en potasio. El suelo rodeado de rocas es rico en feldespato rico en potasio y minerales de mica. El potasio presente en el quitamanchas constituye una pequeña fracción del potasio total.

Tabla 16. Potasio del suelo

N° de muestra	Edad años	K	Nivel
		Kg. K ₂ O/ha	
M 1	4	97.96	Bajo
M 2	4	57.47	
M 3	4	76.97	
M 4	8	52.98	
M 5	8	95.96	
M 6	8	31.99	
M 7	15	107.50	
M 8	15	74.47	
M 9	15	58.97	

En la Figura 8, se observa el potasio en kg.KO₂/ha en relación a las muestras analizadas en suelos de diferentes edades del cultivo de cacao, las muestras 4, 8 y 15 presentan niveles Bajos de potasio en el suelo.

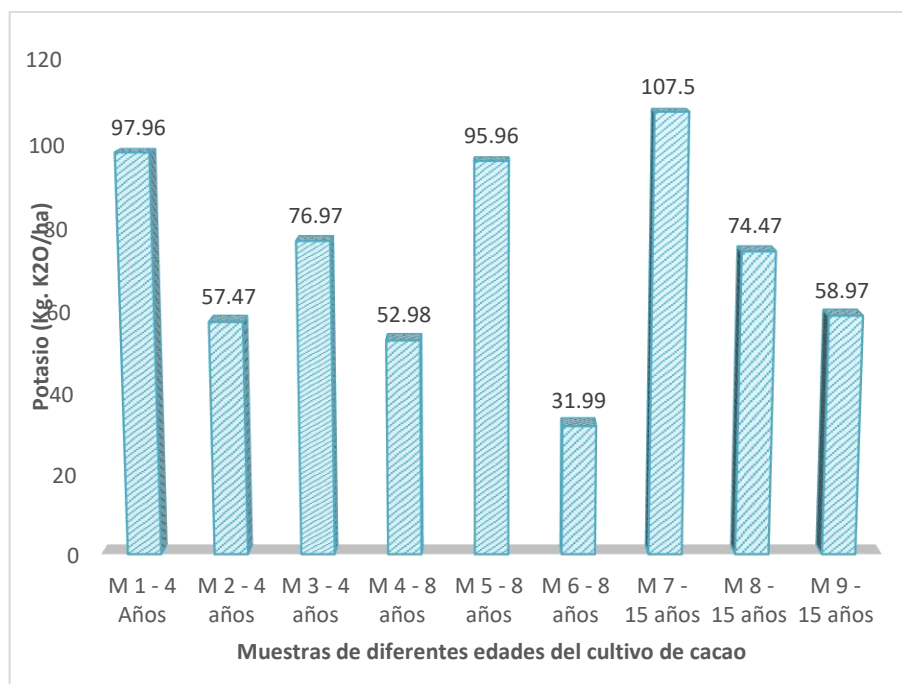


Figura 7. Potasio de las muestras de suelo

- Capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo

La Tabla 29 muestra los resultados de la CIC del suelo para parcelas de cacao de 4, 8 y 15 años con bajo contenido de CIC. Sánchez (1981) se refiere al hecho de que los límites de intercambio catiónico están determinados por la circulación del aire, la retención de agua, la actividad microbiana y las mejoras en el diseño del suelo que promueven la fertilidad del suelo. En este sentido, una CIC de al menos 7 Cmol(+) kg⁻¹ conserva la mayoría de los cationes antidrenaje. SAGARPA (2012) argumenta que los límites de cationes están determinados por un mejor diseño del suelo que promueve la circulación del aire, la retención de agua, el movimiento microbiano y la fertilidad del suelo.

Tabla 17. CIC del suelo

N° de muestra	Edad años	CIC	Nivel
		Cmol(+)/kg	
M 1	4	13.71	Bajo
M 2	4	10.04	
M 3	4	0.00	
M 4	8	14.69	
M 5	8	13.45	

M 6	8	7.12
M 7	15	14.48
M 8	15	13.60
M 9	15	12.55

En la Figura 9, se visualizan los rangos de capacidad de intercambio catiónico (CIC) con relación al muestreo realizado en suelos de diferentes edades del cultivo de cacao, las muestras 4, 8 y 15 años presentan niveles bajo.

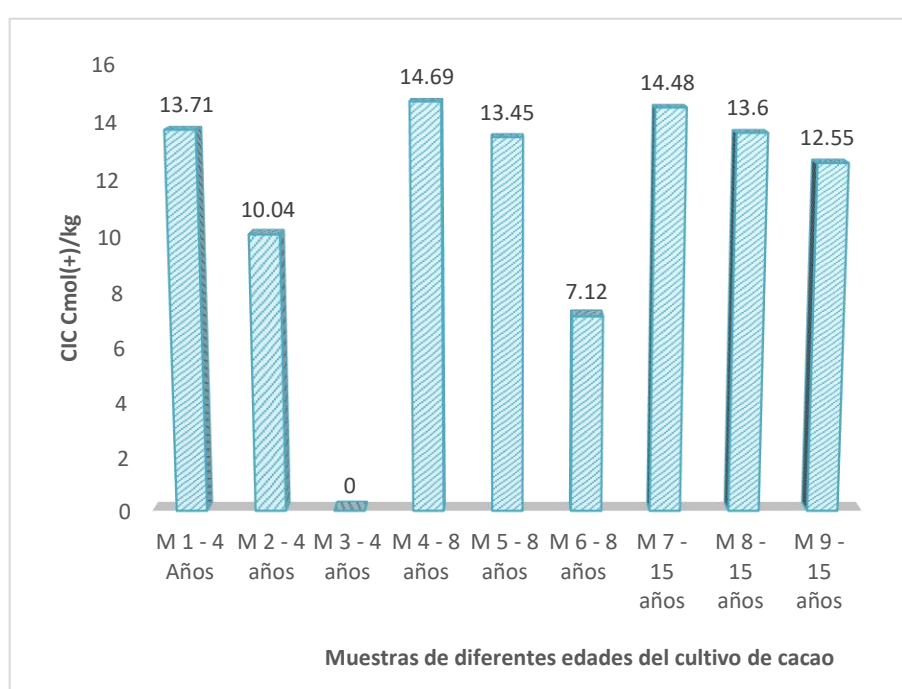


Figura 8. Capacidad de intercambio catiónico de las muestras del suelo

4.3. De la calidad del suelo mediante el subíndice de uso sustentable del suelo (SUSS)

En la tabla 30 se muestra la calidad del suelo a distintas edades de parcelas cacaoteras de muestra en centro poblado Pumahuasi de la zona Mercedes. Comparando los SUSS y sus respectivas calidades, el lote sembrado de 4 años fue de mala calidad, el de 8 años de calidad sensible y el de 15 años de buena calidad. SAGARPA, (2012) muestra claramente que para cada atributo temporal examinado, en realidad no se fijan el más extremo y el mínimo, a partir de lo cual se normaliza el índice de calidad reducido al mismo valor. En cuanto al estado, se pueden ver rasguños severos conspicuos. A partir de información normalizada se definen criterios básicos (anexos de desarrollo territorial) y se agrupan por límites característicos de calidad.

Tabla 30. Sub índice de calidad de uso sustentable del suelo SUSS

Edad	SUSS	Calidad
4 años	0.64	Marginal
7 años	0.79	Sensible
13 años	1.03	Bueno

En la Figura 10, se visualiza que la parcela de cacao de 4 años presenta suelos de calidad Marginal, de 8 años calidad Sensible y de 15 años edad presentan suelos de calidad Bueno.

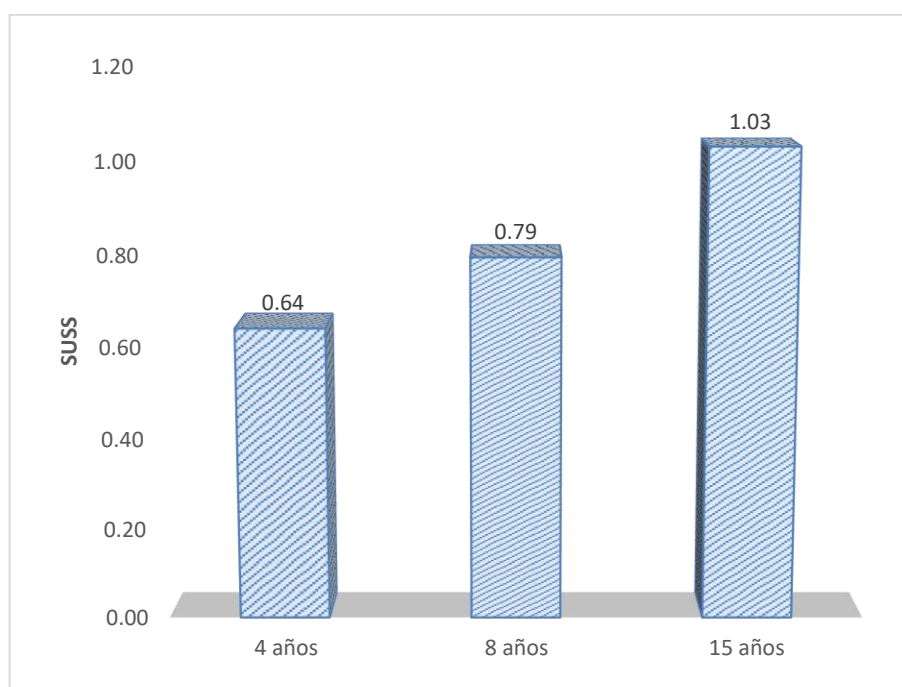


Figura 9. Calidad de suelos

4.4. Representar cartográficamente la distribución espacial de la calidad del suelo con cultivo de cacao

En la Tabla 31, se observan la distribución de la calidad del suelo en las diferentes edades de parcelas muestreadas en el centro poblado Pumahuasi, sector Mercedes, donde la parcela de 4 años de edad presenta un área de cultivo de 2.86 ha, la calidad de suelo presente está distribuida 0.15 ha calidad pobre, 0.80 ha calidad marginal, 1.49 ha calidad sensible y 0.44 ha calidad aceptable, parcela de 8 años de edad presenta un área de cultivo de 2.14 ha, la calidad de suelo presente está distribuida 0.06 ha calidad pobre, 0.98 ha calidad marginal, 1.03 ha calidad sensible y 0.06 ha calidad aceptable, parcela de 15 años de edad presenta un área de

cultivo de 2.95 ha, la calidad de suelo presente está distribuida 0.30 ha calidad sensible, 0.59 ha calidad aceptable y 2.06 ha calidad bueno, como se observa en los planos Anexo.

Tabla 31. Distribución espacial de la calidad del suelo con cultivo de cacao.

Distribución espacial de calidad suelo, según diferentes edades de cacao					
Edad	Área por parcela (ha)	Calidad de suelo	Rango (SUSS)	Área por (ha)	Porcentaje (%)
4 Años	2.86	Pobre	0 - 0.45	0.13	1.66
		Marginal	0.45 - 0.65	0.80	10.07
		Sensible	0.65 - 0.80	1.49	18.73
		Aceptable	0.80 - 0.95	0.44	5.54
8 Años	2.14	Pobre	0 - 0.45	0.06	0.79
		Marginal	0.45 - 0.65	0.98	12.31
		Sensible	0.65 - 0.80	1.03	13.00
		Aceptable	0.80 - 0.95	0.06	0.82
15 Años	2.95	Sensible	0.65 - 0.80	0.30	3.76
		Aceptable	0.80 - 0.95	0.59	7.42
		Bueno	0.95 - 1.00	2.06	25.90
Total				7.95	100.00

En la Figura 11, se observa que en un área de 7.95 ha se ubican parcelas de diferentes edades de cultivo de cacao de los cuales la parcela de 4 años con un área de 2.86 ha predomina el suelo de calidad sensible, en la parcela de 8 años con un área de 2.14 ha los suelos que predominan son de calidad sensible y en la parcela de 15 años se observa que un área de 2.95 ha los suelos que predominan son de calidad bueno.

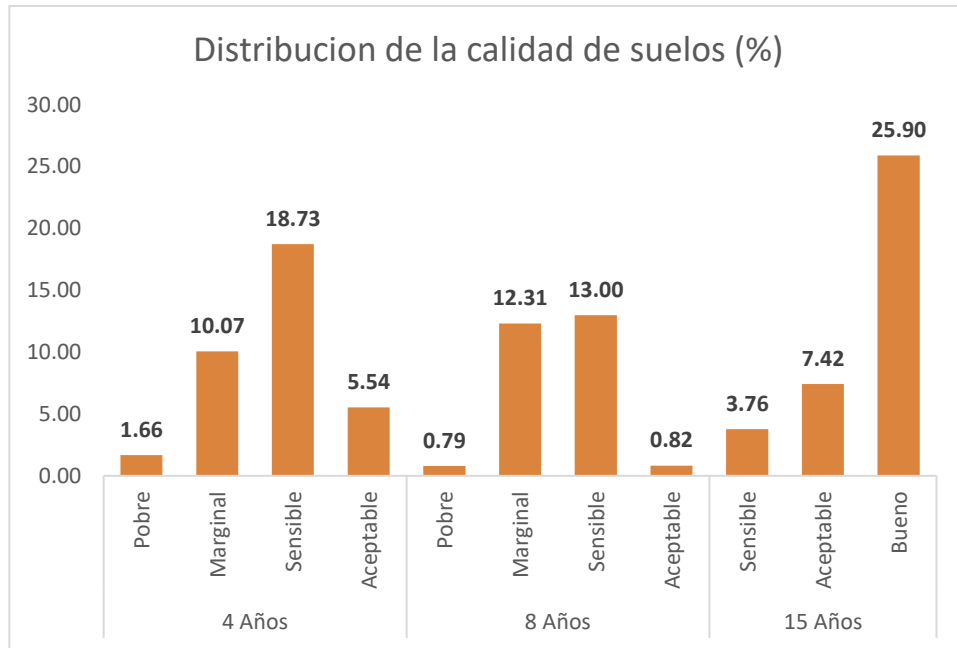


Figura 10. Porcentaje de distribución de calidad del suelo

V. CONCLUSIONES

1. Los indicadores físicos y químicos en las diferentes edades 4, 8 y 15 años del cultivo de cacao fueron:
 - En los indicadores físicos presentan clases texturales de franco arcillo limoso y arenoso, franco y franco arcilloso, densidad aparente en un rango ideal y temperatura favorables para el crecimiento y producción del cultivo.
 - Los indicadores químicos; presentan niveles pH de extremadamente a fuertemente ácido, materia orgánica y nitrógeno niveles bajo, fósforo de bajo a medio; potasio y capacidad de intercambio catiónico en el suelo son de nivel bajo.
2. La calidad del suelo del cultivo de cacao en diferentes edades presenta una calidad marginal, sensible y bueno.
3. La distribución espacial de la calidad del suelo en diferentes edades de cultivo de cacao, representado en el plano por un área de 7.95 ha presenta una calidad pobre, marginal, sensible, aceptable y bueno.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Los propietarios deben realizar un plan de abonamiento de acuerdo con los análisis físicos, químicos del suelo; debido a que son factores influyentes en la calidad del suelo.
2. Realizar mediciones periódicas en un mismo sitio, para monitorear los cambios o tendencias que modifican de los parámetros físicos y químicos del suelo.

VII. REFERENCIAS

- Adriaanse, A (1993). *Environmental policy performance indicators. A study on the development of indicators for environmental policy in the Netherlands*. Sdu Uitgeverij Koninginnergrach, The Netherlands. 1993
- Astier, M. et al. (2002), *Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable*. *Agrociencia*. 36 (5):605.
- Bazán, R. (1996). *Manual para el Análisis Químico Suelos Aguas Plantas*. Universidad Nacional Agraria la Molina. Fundación para el Desarrollo Agrario.
- Benito S., J. A. (1992). *Tecnificación del cacao en la selva peruana*. Primera edición. Fundación para el desarrollo del agro (FUNDEAGRO). Editorial. Grafía S.A. lima - peru.
- Cairo, P. (1995). *La fertilidad física de suelos y la agricultura orgánica en el trópico*. Universidad Nacional Agraria, Managua.
- Campos, M. (2019). *Calidad de suelo del cultivo de cacao de diferentes edades sector ventejeve distrito y provincia de Tocache – San Martín*. [Tesis de grado]. Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. Perú.
- De Los Ríos S. C., (2000). *El cultivo del cacao en la Amazonía peruana, Plan Nacional del cacao*. Perú.
- Doran, J.W. y Parkin, B.T. (1994). *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. Soil Science Society of America, Inc. Special Publication. Number 35. Madison, Wisconsin, USA.
- Organización De Las Naciones Unidas Para La Alimentación y la Agricultura. [FAO]. (2015). *Propiedades físicas químicas y biológicas del suelo*. (<http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/es/>).

- Fassbender, H. (1975). *Química de suelos con énfasis en Suelos de América Latina*. 2ed. IICA. San José, Costa Rica.
- Fassbender, H. W. (1984). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. Cuarta edición. Editorial IICA, San José.
- Foth, H. D. (1985). *Fundamentos de la Ciencia del Suelo*. Editorial Continental, S. A. México.
- Gaitán, N. (2005). *Cadena del cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) con potencial exportador*. Managua. Nicaragua.
- Gregorich, E.G., (1991). *Turnover of carbon through the microbial biomass in soils with different textures*. Soil Biol. Biochem. 23.
- Henríquez, H. & Cabalceta, G. (1999). *Guía práctica para el estudio introductorio de los suelos con un enfoque agrícola*. 1ra Edición. San José, Costa Rica. ACC.
- Holdridge. (1987). *Ecología basada en zonas de vida*. 3 ed. San José, Costa Rica. Servicio Editorial IICA.
- Huamani, H., Mansilla, L. (1995). *Caracterización del estado nutricional de los suelos degradados del alto Huallaga*. En tropicultura. Tingo María, Perú. Vol. 1(2).
- Jiménez, R. y González, V. (2006). *La calidad de suelos como medida para su conservación*. Edafología. Universidad Autónoma de Madrid. Dpto. de Geología y Geoquímica. Madrid, España, vol 13.
- Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F., Schuman, G.E., (1997). *Calidad del suelo: un concepto, definición y marco para la evaluación*. Soil Science Society of America Journal 61.
- Larson, W.E. y Pierce, F.J., (1991). *Conservación y mejora de la calidad del suelo*. En: Dumanski, J. (Ed.), *Evaluación para el manejo sostenible de la tierra en el mundo en desarrollo*. Actas del Taller Internacional.

- Mejía F. L. A., (2005). *Tecnología para el mejoramiento del sistema de producción de cacao Aspectos ecofisiológicos relacionados con el cultivo del cacao*.
- Moscatelli, G., Sobral, R., Nakawa, V. (2005). *Nueva tendencia para conocer el estado de los suelos*. (<http://www.inta.gov.ar/Articulo>).
- Ortiz, B. & Ortiz, C. (1990). *Edafología*. Editora V. Gómez Cueva, Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, México.
- Paredes, M. (2004). *Manual del Cultivo del Cacao*. Lima, PE. Formato (PDF). Disponible en <http://www.proamazonia.gob.pe/estudios/manualcacao.pdf>.
- Pritchett, W. (1990). *Suelos forestales*. Editorial Limusa, México D.F.
- Quintero, G. (1980). *Suelos*. Ciudad de la Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. [SAGARPA]. (2012). Subíndice de Uso Sustentable del Suelo – Metodología de Cálculo. SMYE, ([http://smye.info/rn/ind_fin/suelos/Documento metodologico_suelos.pdf](http://smye.info/rn/ind_fin/suelos/Documento%20metodologico_suelos.pdf)).
- Sagardoy, M. y Mandolesi, M. (2005). *Biología del suelo*. Guía de estudio. Universidad Nacional del Sur. Ediciones UNS.
- Sánchez, J. (2007). *Fertilidad de suelos y nutrición mineral de plantas*. FERTITEC S.A.
- SENAMHI. (2013). *Boletín Regional*. Huánuco, Perú.
- Singer, M.J. Y Ewing, S. (2000). *Soil Quality*. En Handbook of Soil Science. Chapter 11 (ed. Sumner, M. E.), 271-298, CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Instituto de Calidad del Suelo. [SQI]. (1996). *Indicadores para la Evaluación de la Calidad del Suelo*. Servicio de Conservación de Recursos Naturales del USDA. Preparado por el Centro Nacional de Encuesta de Suelos en cooperación con el Instituto de Calidad del Suelo, NRCS, USDA y el Laboratorio de Tierras de Suelo, Servicio de Investigación Agrícola. Estados Unidos.
- Stevenson, F.J. (1994). *Humus Chemistry: Genesis, composition, reactions*. Wiley, New York.

Yaros, P.M. (2017). *Calidad de suelo del cultivo a través del sub índice de uso sustentable SUSS, en diferentes sistemas de uso en el distrito de Padre Flipe Luyando*. [Tesis de grado] Facultad de Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. Perú.

ANEXO

Anexo 1. Tabulación de datos

Tabla 18. Datos de los indicadores físicos del suelo

Área de estudio	Años	Densidad aparente	Resistencia a la penetración	Temperatura del suelo	Velocidad de infiltración	Textura del suelo
		g/cm ³	Kg/cm ²	°C	cm/h	
Cultivo de cacao	4 años	1.14	3.05	26.20	17.4	Franco arcilloso
	4 años	1.14	2.89	26.50	19.5	Franco arcilloso
	4 años	1.12	2.96	27.30	18.3	Franco arcilloso
Cultivo de cacao	7 años	1.11	3.00	24.10	16.8	Franco
	7 años	1.11	2.85	25.30	17.3	Franco arcilloso
	7 años	1.00	2.92	22.80	17.8	Franco arcilloso
Cultivo de cacao	13 años	0.98	2.54	23.50	20.7	Franco
	13 años	1.02	2.90	23.40	22.4	Franco
	13 años	1.00	2.67	23.20	20.5	Franco

Tabla 19. Datos de los indicadores químicos del suelo

Área de estudio	Años	Potasio disponible K(ppm)	Potencial de hidrógeno (pH)	Fósforo disponible (ppm)	Materia orgánica MO (%)	Nitrógeno total N (%)	Calcio intercambiable (Cmol ⁽⁺⁾ /kg)	Magnesio intercambiable (Cmol ⁽⁺⁾ /kg)	Capacidad de intercambio catiónico
Cultivo de cacao	4 años	70.97	4.40	3.87	3.84	0.17	2.96	0.47	13.57
	4 años	101.50	4.70	4.28	3.20	0.14	5.79	0.80	9.64
	4 años	208.90	5.80	16.78	4.50	0.20	6.18	1.37	9.87
Cultivo de cacao	8 años	129.90	5.40	9.45	3.84	0.17	4.42	0.68	5.60
	8 años	103.95	4.30	7.90	3.84	0.17	1.99	0.53	18.37
	8 años	116.95	4.70	9.86	3.52	0.16	5.11	1.23	6.93
Cultivo de cacao	15 años	233.90	5.50	17.61	3.84	0.17	4.21	0.88	5.49
	15 años	110.95	4.50	7.59	3.20	0.14	3.22	0.69	12.87
	15 años	72.97	5.80	7.38	3.84	0.17	7.70	1.70	10.30

Anexo 2. Calculo del SUSS

Para determinar el SUSS primero es necesario encontrar R_n de cada indicador (j) de cada muestra.

La materia orgánica del cultivo de cacao de 4 años es (4.48), se establece el valor de corte (0.5) y el valor deseable (5.1) según el Cuadro 20 de parámetros edáficos, unidades de medida, valores máximos y mínimos definidos para evaluar el estado actual del suelo y se calcula de la siguiente manera:

$$R_{n_j} = 1 - \left(\frac{Vr_j - d_j}{c_j - d_j} \right) \quad R_{n_j} = 1 - [4.48 - 5.1/0.5 - 5.1] = 0.86$$

Entonces encontramos el R_n de todos los indicadores evaluados en Las parcelas del sector las Mercedes (cultivo de cacao de 4, 8, 15 años) y aplicamos, directamente la fórmula del SUSS.

Siempre que se esté trabajando con una muestra compuesta en este caso el $R_n = P$.

$$P = \frac{\sum_{j=1}^m R_{n_j}}{m}$$

Pero si se tiene más de una muestra analizada por caserío se calcula R_n de cada indicador de cada muestra y se obtiene el promedio de los R_n , de cada indicador de cada muestra y luego este promedio es P y este último se aplica en la formula final del SUSS.

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

Tabla 20. Normalización de indicadores fisicoquímicos para el cálculo del SUSS de los cultivos de cacao en 4, 8, 15 años

Área de estudio	Años	Densidad aparente DA (g/cm ³)	Potencial de hidrógeno (pH del suelo)	Fósforo disponible (mg/kg)	Materia orgánica MO (%)	Nitrógeno total N (%)	Calcio intercambiable Ca (Cmol ⁽⁺⁾ /kg)	Magnesio intercambiable Mg (Cmol ⁽⁺⁾ /kg)	Capacidad de intercambio catiónico CIC (Cmol ⁽⁺⁾ /kg)
Cultivo de cacao	4 años	0.71	0.41	0.66	0.13	0.00	2.29	0.53	0.86
	4 años	0.71	2.73	0.86	0.15	0.04	1.69	0.37	0.50
	4 años	0.74	0.28	0.41	0.19	0.08	1.48	0.30	-0.50
Cultivo de cacao	8 años	0.76	0.29	0.80	0.14	0.04	2.52	0.50	0.96
	8 años	0.76	2.55	0.97	0.23	0.12	2.30	0.40	0.84
	8 años	1.00	0.55	0.61	0.28	0.16	1.18	0.27	0.21
Cultivo de cacao	15 años	1.04	2.50	1.03	0.24	0.12	2.48	0.43	0.94
	15 años	0.96	2.76	1.01	0.14	0.04	2.34	0.40	0.85
	15 años	1.00	2.59	1.04	0.19	0.08	2.12	0.43	0.75

Para determinar el SUSS se realiza la sumatoria de todos los parámetros de cada sistema de estudio (MO, Da, pH, P, Mg, Ca, CIC y N) obteniendo un promedio de 0.64 para cacao de 4 años, 0.79 para cacao de 8 años y 1.03 para cacao de 15 años de edad.

Tabla 21. Datos del Subíndice de uso sustentable del suelo y clasificación de la calidad de los cultivos de cacao 4, 8, 15 años

Área de estudio	Años	SUSS	Calidad
Cultivo de cacao	4 años	0.40	Pobre
	4 años	0.55	Marginal
	4 años	0.70	Sensible
Cultivo de cacao	8 años	0.79	Sensible
Cultivo de cacao	15 años	1.03	Bueno
	15 años	0.95	Aceptable

Anexo 3. Panel fotográfico



Figura 11. Georreferenciación parcela con cultivo de cacao de 4 años



Figura 12. Georreferenciación parcela con cultivo de cacao de 8 años



Figura 13. Muestreo de suelos parcela cultivo de cacao de 8 años.



Figura 14. Toma de temperatura del suelo parcela con cacao de 8 años.



Figura 15. Toma de muestra de la resistencia de penetración del suelo.



Figura 16. Homogenizando las muestras de suelo para llevar al laboratorio



Figura 17. Muestreo de suelo parcela con cultivo de cacao de 8 años



Figura 18. Toma de muestra de la temperatura del suelo de 8 años



Figura 19. Toma de muestra de resistencia de penetración del suelo de 8 años



Figura 20. Muestreo de suelo parcela con cacao 8 años



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

analisisdesuelos@gmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE: BRAVO ARISTA VALERY GRESIA											PROCEDENCIA: MERCEDES - PUMAHUASI - DANIEL ALONIA ROBLES - LEONCIO PRADO - HUANUCO												
N°	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO				pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmox+mg						CICe	% Bas. Carb.	% Ac. Carb.	Sat. Al	
	CODIGO DEL LAR	REFERENCIA	Arena	Arcilla	Limo	Textura	1:1	%	%	disponible	Ca		Mg	K	Na	Al	H						
			%	%	%		ppm	ppm															
1	50122	FUNDO SAN JOSE (CACAO 3 AÑOS)	M1	29	30	41	Franco Arcillo Limoso	6.66	1.07	0.05	2.64	97.96	13.71	11.43	1.62	0.43	0.23	--	--	--	100	0	0
2	50123	FUNDO SAN JOSE (CACAO 8 AÑOS)	M2	53	14	33	Franco Arenoso	6.52	1.15	0.06	9.54	52.98	14.69	12.63	1.50	0.29	0.28	--	--	--	100	0	0
3	50124	FUNDO SAN JOSE (CACAO 15 AÑOS)	M3	21	36	43	Franco Arcillo Limoso	7.96	1.58	0.08	4.06	107.45	14.48	12.44	1.33	0.41	0.29	--	--	--	100	0	0
4	50125	FUNDO SAN LUIS (CACAO 4 AÑOS)	M4	29	18	53	Franco Limoso	6.20	1.19	0.05	5.30	57.47	10.04	8.46	1.06	0.29	0.24	--	--	--	100	0	0
5	50126	FUNDO SAN LUIS (CACAO 8 AÑOS)	M5	19	34	47	Franco Arcillo Limoso	6.00	1.54	0.05	4.84	95.96	13.45	11.50	1.22	0.38	0.36	--	--	--	100	0	0
6	50127	FUNDO SAN LUIS (CACAO 15 AÑOS)	M6	25	26	49	Franco	6.24	1.15	0.05	4.97	74.47	13.60	11.71	1.18	0.43	0.29	--	--	--	100	0	0
7	50128	FUNDO GARAY (CACAO 4 AÑOS)	M7	43	28	29	Franco Arcilloso	5.51	1.34	0.07	5.64	78.97	---	7.38	0.86	0.16	0.22	--	--	--	100	0	0
8	50129	FUNDO GARAY (CACAO 8 AÑOS)	M8	57	24	19	Franco Arcillo Arenoso	5.80	1.78	0.09	9.71	31.99	7.12	5.90	0.83	0.08	0.30	--	--	--	100	0	0
9	50130	FUNDO GARAY (CACAO 15 AÑOS)	M9	43	22	35	Franco	6.05	1.38	0.07	9.13	68.97	12.55	10.64	1.28	0.30	0.33	--	--	--	100	0	0

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

RECIBO 001 N° 0623830

TINGO MARIA, 23 DE MARZO 2021



Valery Gresia
14/03/2021 C. Marcela Rojas
1994



Figura 21. Análisis de suelo de parcelas con cultivo de cacao sector Mercedes

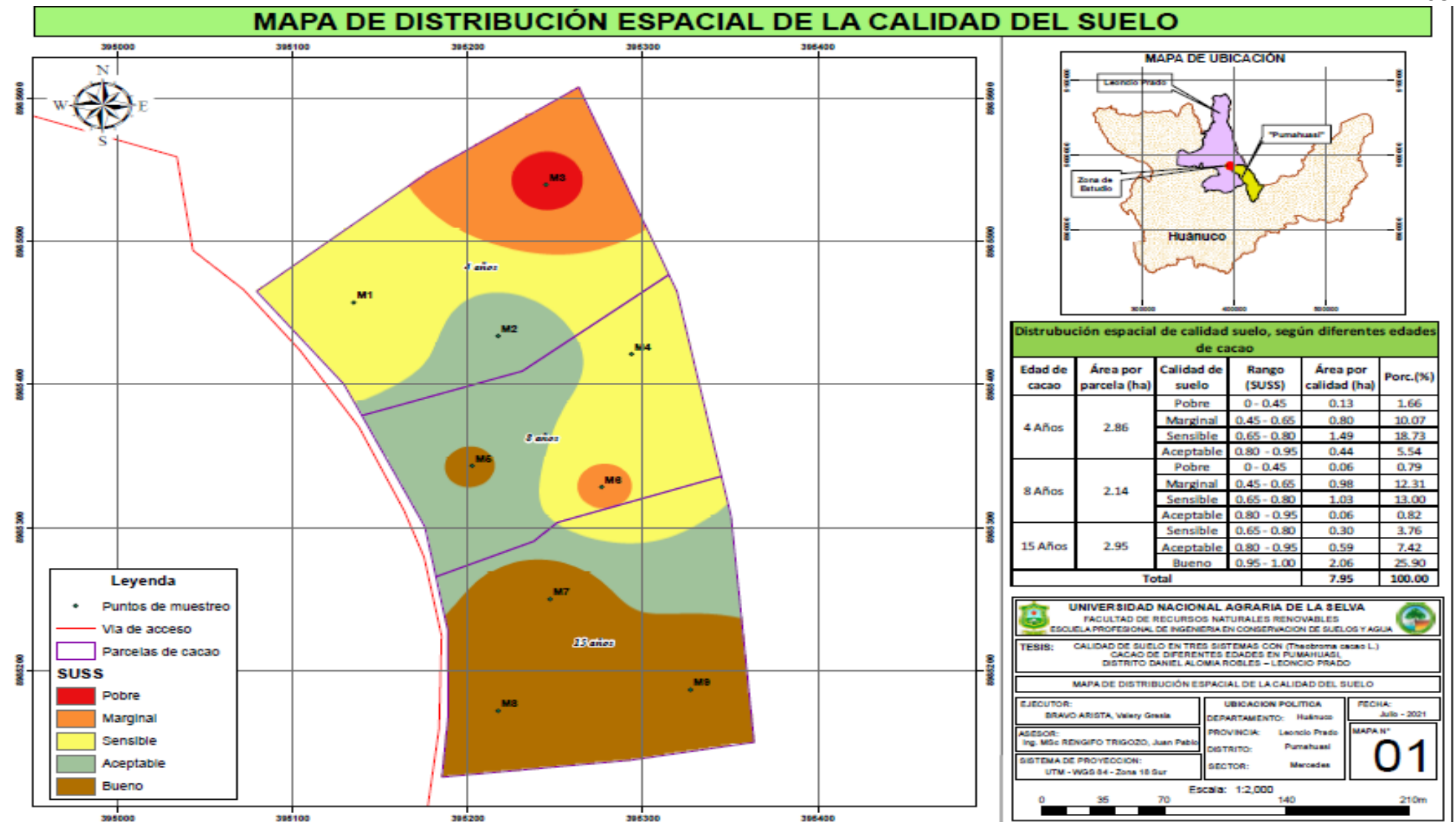


Figura 22. Distribución espacial de la calidad del suelo con cultivo de cacao de diferentes edades sector Mercedes