

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



**ÍNDICES DE LA CALIDAD DE SUELOS EN TRES SISTEMAS DE USO EN EL
CENTRO POBLADO DE AGUA BLANCA EN EL DISTRITO DE MONZÓN**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

PRESENTADO POR:

SARA ROSALI MASGO PONCE

Tingo María – Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 005-2023-FRNR-UNAS

Los que suscriben, miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 12 de diciembre del 2022 a horas 07:00 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:

“INDICES DE LA CALIDAD DE SUELOS EN TRES SISTEMAS DE USO EN EL CENTRO POBLADO DE AGUA BLANCA EN EL DISTRITO DE MONZON”

Presentado por la Bachiller: **MASGO PONCE SARA ROSALI**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENO”**

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

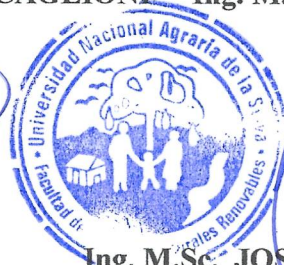
Tingo María, 26 de enero de 2023

Ing. M.Sc. **ERLE O. JAVIER BUSTAMANTE SCAGLIONI**
PRESIDENTE

Ing. M.Sc. **JUAN PABLO RENGIFO TRIGOZO**
MIEMBRO

Ing. Mg. **SANDRO JUNIOR RUIZ CASTRE**
MIEMBRO

Ing. M.Sc. **JOSE DOLORES LEVANO CRISOSTOMO**
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° 037 - 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
ÍNDICES DE LA CALIDAD DE SUELOS EN TRES SISTEMAS DE USO EN EL CENTRO POBLADO DE AGUA BLANCA EN EL DISTRITO DE MONZÓN	SARA ROSALI MASGO PONCE	22% Veintidós

Tingo María, 23 de febrero de 2023


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

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



ÍNDICES DE LA CALIDAD DE SUELOS EN TRES SISTEMAS DE USO EN EL
CENTRO POBLADO DE AGUA BLANCA EN EL DISTRITO DE MONZÓN

Autor	: Masgo Ponce, Sara Rosali.
Asesor	: MSc. Lévano Crisóstomo, José D.
Programa de investigación	: Ciencias básicas.
Línea(s) de investigación	: Física y química del suelo.
Eje temático	: Calidad de suelo.
Lugar de ejecución	: Centro Poblado de Agua Blanca.
Duración	: 6 meses
Financiamiento	: Propio.
Monto	: S/ 3643,950

Tingo María – Perú

2023



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
OFICINA DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO UNIVERSITARIO, INVESTIGACIÓN
DOCENTE Y TESISISTA

DATOS GENERALES DE PREGRADO

Universidad : Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Facultad : Facultad de Recursos Naturales Renovables.

Título de Tesis : Índices de la calidad de suelos en tres sistemas de uso en el Centro Poblado de Agua Blanca en el distrito de Monzón.

Autor : Sara Rosali, Masgo Ponce.

Asesor de tesis : MSc. José, Lévano Crisóstomo.

Escuela Profesional : Escuela profesional de Conservación de Suelos y Agua.

Programa de investigación : Ciencias básicas.

Línea(s) de investigación : Física y química del suelo.

Eje temático de investigación: Calidad de suelos.

Lugar de ejecución : Centro Poblado de Agua Blanca.

Duración : Fecha de inicio 15-07-2021
: Fecha de término 15-01-2022

Financiamiento : Recursos propios. S/ 3643,950

Bach. Sara Rosali, Masgo Ponce
Tesisista

MSc. José, Lévano Crisóstomo.
Asesor

DEDICATORIA

A Dios, por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi vida, y por darme sabiduría, paciencia y salud para lograr mis objetivos.

A mis padres Hilaria y Pedro porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona.

A mi amada hija Hilal Lidany y mi sobrina Brillith por ser fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder llegar a ser un ejemplo para ellas.

A mis hermanos Yanina y Jaime por sus palabras y compañía, en todo momento de mi vida.

A mi amado esposo Darwin por su comprensión, cariño y amor.

A mí querida suegra Ayde por sus consejos, cariño y por ser como una madre y amiga.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la vida, salud, sabiduría y guiarme en este camino de la vida.

En el presente estudio de investigación se les agradece a los colaboradores que ofrecieron su apoyo incondicional, al igual de personas que con su experiencia fue posible finalizar.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Recursos Naturales Renovables que contribuyeron sobre mi formación profesional.

A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, a la escuela profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua, quienes brindaron sus conocimientos y experiencias en formar profesionales.

Al Ing. MSc. José Lévano Crisóstomo; asesor de la tesis, agradecer por la oportunidad ofrecida, por su aporte incansable en el presente estudio de investigación.

A los miembros del jurado de tesis, Ing. MSc. Erle Otto J. Bustamante Scaglioni, Ing. MSc. Sandro J. Ruiz Castre, Ing. MSc. Juan Pablo Rengifo Trigozo, Dr. Roberto Obregón Peña, por su colaboración en el presente estudio.

A mis familiares, papá Pedro, mamá Hilaria, hermanos Yanina y Jaime, y mis compañeros de la carrera profesional por su motivación y apoyo.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Calidad de suelos.....	5
2.3. Indicadores de calidad	6
2.3.1. Propiedades físicas	9
2.3.2. Propiedades químicas.....	10
2.3.3. Propiedades biológicas.....	12
2.4. Sistemas de uso en monocultivo	12
2.4.1. Cultivo de cacao	12
2.4.2. Cultivo de plátano	13
2.4.3. Cultivo de coca.....	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1. Zona de ejecución del estudio	14
3.1.1. Sistemas de monocultivo	14
3.1.2. Ubicación geográfica	16
3.1.3. Vías de acceso	16
3.1.4. Clima.....	16
3.2. Materiales y metodología	16
3.2.1. Materiales.....	16
3.2.2. Equipos.....	16
3.3. Características generales del estudio.....	16
3.3.1. Características del estudio.....	16
3.3.2. Características de la parcela en estudio.....	17
3.3.3. Recolección de datos.....	17
3.4. Metodología	18
3.4.1. Determinar los indicadores físicos y químicos del suelo en tres sistemas de uso de la tierra (monocultivo de cacao, plátano y coca).....	18
3.4.2. Evaluar el índice de calidad de suelos en macro fauna en los tres sistemas de uso	21

3.4.3. Correlacionar las propiedades fisicoquímicas con las propiedades biológicas	22
3.4.4. Fase de gabinete	22
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
4.1. Indicadores físicos y químicos del suelo en tres sistemas de uso de la tierra (monocultivos de cacao, plátano y coca)	23
4.2. Índice de calidad de suelos en macro fauna en los tres sistemas de uso	29
4.3. Propiedades fisicoquímicas con las propiedades biológicas	30
4.4. Descripción del índice de la calidad de suelos en tres sistemas de uso	31
V. CONCLUSIONES	33
VI. PROPUESTAS A FUTURO	35
VII. REFERENCIAS	36
ANEXO	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tablas	Página
1. Característica de los sistemas de cultivos	15
2. Propiedades físicas de suelo	18
3. Propiedades químicas del suelo	20
4. Propiedades biológicas del suelo.	21
5. Infiltración del suelo en sistemas de monocultivo de cacao, plátano y coca.....	23
6. Textura del suelo en sistemas de monocultivo de cacao, plátano y coca	24
7. Resistencia a la penetración del suelo en sistemas de monocultivo de cacao, plátano y coca	25
8. Densidad aparente del suelo en sistemas de monocultivo de cacao, plátano y coca	26
9. Temperatura del suelo en sistemas de monocultivo de cacao, plátano y coca	26
10. Propiedades químicas del suelo en sistemas de monocultivo de cacao, plátano y coca	27
11. Indicadores biológicos macrofauna del suelo en tres sistemas de monocultivo cacao, plátano y coca	29
12. Correlación de las propiedades fisicoquímicas con las propiedades biológicas.....	30
13. Índice de calidad del suelo por cada sistema de monocultivo en el centro Poblado de Agua Blanca.....	31
14. Índice de calidad del suelo, velocidad de Infiltración	43
15. Índice de calidad del suelo, textura.....	43
16. Índice de calidad del suelo, resistencia a la penetración.....	43
17. Índice de calidad del suelo, Densidad aparente	44
18. Índice de calidad del suelo, Grado de acidez del suelo pH.....	44
19. Índice de calidad del suelo, materia orgánica	44
20. Índice de calidad del suelo, nitrógeno total	44
21. Índice de calidad del suelo, fósforo disponible	45
22. Índice de calidad del suelo, potasio disponible	45
23. Índice de calidad del suelo, calcio	45
24. Índice de calidad del suelo, Magnesio	45

25. Datos del conteo directo de los indicadores biológicos macrofauna del suelo en el sistema de monocultivo cacao	46
26. Datos del conteo directo de los indicadores biológicos macrofauna del suelo en el sistema de monocultivo plátano.....	46
27. Datos del conteo directo de los indicadores biológicos macrofauna del suelo en el sistema de monocultivo coca	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras	Página
1. Calidad del suelo.....	7
2. Propiedades físicas del suelo	7
3. Propiedades químicas del suelo	8
4. Propiedades biológicas del suelo	8
5. Sistema de monocultivo cacao.....	14
6. Izquierda: Sistema de plátano. Derecha: sistema de coca	15
7. Distribución de los monolitos en sistemas de monocultivos	17
8. Dimensiones del tamaño de la muestra	20
9. Dimensiones del tamaño de la muestra	21
10. Infiltración del suelo en el cultivo de <i>Theobroma cacao</i> L.	48
11. Monolito del suelo	48
12. Recolecta de macro fauna en una muestra del suelo	49
13. Macro fauna del suelo con presencia de isóptera, himenópteros y haplotaxida	49
14. Sistema de monocultivo de <i>Theobroma cacao</i> L. (cacao), con edad de 6 años	50
15. Sistema de monocultivo de <i>Musa × paradisiaca</i> (plátano), con dos años de edad.....	50
16. Medición de la resistencia a la penetración del suelo en sistemas de <i>Erythroxylum coca</i> (coca), con edad de dos años.....	51

RESUMEN

La calidad de suelo se define como la capacidad de crear dinámica del medio edáfico, en el cual se desarrolló la evaluación de los índices de la calidad del suelo en tres sistemas con el objetivo de evaluar los índices de la calidad de suelos en tres sistemas de uso en el centro poblado de Agua Blanca en el distrito de Monzón. El estudio se desarrolló en tres sistemas de monocultivo: cacao, plátano y coca en el centro poblado de Agua Blanca – distrito de Monzón, considerando muestreos de suelos en forma sistemática, siguiendo el método de muestras compuestas en diferentes puntos dentro de la parcela con un trayecto lineal, considerando las siguientes variables físicas (infiltración, textura, densidad aparente, resistencia a la penetración, temperatura del suelo), químicas (pH, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo disponible, potasio disponible, bases cambiables) y en biológicas (macrofauna del suelo) realizando por el método de cuantificación directa. Como resultado los sistemas de monocultivo de cacao, plátano y coca en propiedad física de calidad bajo en densidad ($1,13 \text{ g/cm}^3$), de calidad medio en textura (franco limoso/arcilloso) y alta en infiltración ($15,5 \text{ cm/h}$) y resistencia a la penetración ($1,65 \text{ kg/cm}^2$), en propiedad química de calidad baja con valores pobres en todos los atributos y en propiedad biológica de calidad baja ($10,60 \text{ und}/0,0625 \text{ m}^2$) y medio ($64,20 \text{ und}/0,0625 \text{ m}^2$). En conclusión, los sistemas de cultivo de *Theobroma cacao* L., *Musa x paradisiaca* y *Erythroxylum coca* en propiedad física de calidad baja, medio y alta; en propiedad química de calidad baja y en propiedad biológica de calidad baja y media en el caserío de Agua Blanca distrito Monzón.

Palabras clave: Calidad del suelo, sistema de monocultivo, propiedad física, química, biológica.

ABSTRACT

Soil quality is defined as the capacity to create a dynamic edaphic medium, in which the evaluation of the soil quality indices could be carried out for three systems, with the objective of evaluating the soil quality indices for three systems of use in the town of Agua Blanca in the Monzon district [of Peru]. The study was carried out for three monoculture systems: cacao, plantains, and coca, in the town of Agua Blanca in the Monzon district. Samples of the soil were taken in a systematic fashion, following the compound sampling method for different points within the plot, with a linear trajectory, considering the following variables: physical (infiltration, texture, apparent density, penetration resistance, and soil temperature), chemical (pH, organic matter, total nitrogen, available phosphorous, available potassium, and exchangeable bases), and biological (macrofauna of the soil); carried out using the direct quantification method. The results for the monoculture systems of cacao, plantains, and coca for the physical properties: the density was low (1,13 g/cm³), the texture was of an average quality (loamy silt/clay), and high for the infiltration (15,5cm/h), as well as the penetration resistance (1,65kg/cm²). For the chemical properties, there was a low quality with poor values for all of the attributes, and the biological property was of a low (10,60 und/0,0625m²) and an average quality (64,20 und/0,0625m²). In conclusion, the cultivation systems for *Theobroma cacao* L., *Musa x paradisiaca*, and *Erythroxylum coca* had low, average, and high qualities of physical properties, low qualities for the chemical properties, and low and average qualities for the biological properties on the Agua Blanca homestead, in the Monzon district.

Keywords: soil quality, monoculture system, physical properties, chemical, biological.

I. INTRODUCCIÓN

Calidad del suelo es la capacidad de crear dinámica del suelo con las prácticas de manejo de los agricultores del distrito de Monzón. Para estimar su calidad se ha medido un mínimo muestra del suelo de las propiedades del suelo, se realizó sus cálculos de la capacidad del suelo para que cumplan funciones básicas como: mantener la productividad, regular y separar agua y flujo de solutos, filtrar y tamponar contra contaminantes, y almacenar y reciclar nutrientes.

Conocer la calidad de suelo en el valle de Monzón es un punto de partida, uno de los factores importantes en el desarrollo de las prácticas de la agricultura en monocultivo, agroforestal y otros cultivos. El uso de los suelos y las prácticas de manejo marcan principalmente el grado y la dirección del cambio en su calidad de los agricultores de Monzón.

En el valle de Monzón, por el excesivo uso de fertilizantes químicos y el mal manejo de suelo (desconocimiento de los suelos) en la agricultura, ha causado degradación de suelos. A partir del año 2021 los pobladores por la erradicación de la hoja de coca y la baja de precios optaron cambiar por los cultivos alternativos como café, cacao, guaba, yuca y plátano, motivo el cual genera la importancia de informar del uso actual del suelo, sería el primer paso, luego tomar decisiones en las actividades de manejo en la agricultura para su recuperación, estas prácticas se realizarán mediante aplicaciones de tratamientos con abonos, reforestación y otros.

El problema es el desconocimiento y el mal manejo del suelo, ante esta dificultad como hacemos para seguir produciendo de buena calidad, se tendrá que mantener el suelo en buen estado (manejo, fertilización orgánica, reforestación) y que hacemos con los suelos degradados, dejaremos que se recuperen por regeneración natural, es ahí donde vienen los términos de recuperación, restauración, conservación de suelos, estudiando cada propiedad del suelo; motivo por el cual se plantea la siguiente interrogante ¿Existe alguna diferencia de calidad en las propiedades física químicas y biológicas en los diferentes sistemas de uso en el centro poblado de agua blanca, distrito de monzón?. Planteándose para ello la hipótesis: las propiedades física químicas y biológicas en los tres sistemas de uso son indicadores de la calidad del suelo en el centro poblado de Agua Blanca distrito de Monzón. En base a ello se plantean el objetivo de:

Evaluar los índices de la calidad de suelos en tres sistemas de uso en el centro Poblado de Agua Blanca en el distrito de Monzón. Logrando contrastar la hipótesis concerniente al presente estudio, la cual señala que las propiedades física químicas y biológicas en los tres sistemas de uso, son indicadores de la calidad del suelo en el centro poblado de Agua Blanca.

Objetivo general

- Evaluar los índices de la calidad de suelos en tres sistemas de uso en el centro Poblado de Agua Blanca en el distrito de Monzón.

Objetivos específicos

- Determinar los indicadores físicos y químicos del suelo en tres sistemas de uso de la tierra (monocultivo de cacao, plátano y coca).
- Evaluar el índice de calidad de suelos en macro fauna en los tres sistemas de uso.
- Correlacionar las propiedades fisicoquímicas con las propiedades biológicas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

En el estudio de Abi-Saab (2012) titulado “evaluación de la calidad del suelo, en el sistema productivo orgánico la Estancia, Madrid, Cundinamarca, 2012. Utilizando indicadores de Calidad de Suelos”, se desarrolló con el objetivo “determinar la calidad del suelo en el subsistema agrícola orgánico de La Finca La Estancia, municipio Madrid, Departamento de Cundinamarca”. Considerando la forma, distribución y técnicas del agroecosistema. Para lograrlo se desarrolló con una caracterización del manejo de agroecosistema, con el propósito de describir la forma, distribución y el manejo, se escogieron cuatro lotes, se evaluaron el atributo del suelo: un control (sin uso), y tres (3) parcelas, con distintas edades de manejo del sistema (veinte (20), diez (10) y tres (3) años), cultivados con hortalizas, con el propósito si el tiempo de manejo afecta sobre el suelo. Las variables de la calidad del suelo se utilizaron de acuerdo al cuadro de operacionalización de variables establecidas con rangos. En conclusión, que las parcelas en estudio mostraron una calidad de suelo alta, que indica un suelo apto para el cultivo y la sostenibilidad productiva, a pesar de ellos los resultados evidencian dos factores que podrían ser mejorado el cual incrementaría la mejora de la calidad, el manejo y la aplicación de materia orgánica en las hortalizas.

En el estudio de García et al. (2012) titulado “indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso”, con el objetivo de “contribuir al conocimiento de nuevos conceptos de la calidad del suelo, y de los indicadores que la determinan”. Para lograrlo se realizó revisión de información respecto a que no se conoce y las faltas de información en lo que se realiza, el concepto del suelo fértil se refiere a la cantidad de materia orgánica existente o las propiedades químicas, especificando a la existencia de los macro-elementos primarios (N, P y K). En la actualidad se están proponiendo nuevos términos que están integrando a las propiedades físicas, químicas y finalmente biológicas del medio edáfico. En conclusión, la propusieron un nuevo termino como integral de calidad del suelo, considerado en los estudios de la sostenibilidad de los ecosistemas. Para realizar el estudio se utilizan herramientas, una de ellos son los indicadores de la calidad del suelo que ayuda a tomar decisiones como en el manejo, uso del suelo considerando a escalas locales, regionales y a nivel global, por lo tanto, el estudio de esta magnitud deberá ser específica, considerando para cada agroecosistema.

En el estudio de Cantú et al. (2007) titulado “evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices”, con el objetivo de “desarrollar y aplicar un set mínimo de indicadores del estado del recurso suelo para evaluar su calidad en agroecosistemas con

Molisoles de bajo a moderado desarrollo”. Para lograrlo se experimentó en una zona ambiental homogénea, con Hapludoles típicos, en diferentes condiciones de sistema de uso y manejo, las variables evaluadas (carbón orgánico, pH, saturación de bases, agregados estables en agua, velocidad de infiltración, DA y el espesor horizonte A), se estableció rangos de calidad, de acuerdo a ello se realizó la normalidad de los indicadores. Los indicadores a medir son un # mínimo de variables con alto grado de agregación, fáciles de medir y repetibles, presentación de la condición local. Los indicadores del recurso edáfico no son universales, porque cada estudio es distinto en función al ambiente y suelo de cada zona o región.

En el estudio de Vallejo-Quintero (2013) titulado “importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos mediante el componente microbiano: experiencias en sistemas silvopastoriles”, con el objetivo de “mejorar o conservar la fertilidad y la productividad del suelo, garantizando la sustentabilidad de los agroecosistemas”. Para lograrlo se realizó una revisión de artículos, tesis y libros para el sustento de conceptos de calidad e indicador del suelo. En conclusión, se abordó y se discutió sobre los casos y hechos de la calidad del suelo, generados por la acción de actividades de sistemas silvopastoriles, analizando con énfasis en el uso de indicador microbiano.

En el estudio de Prieto-Méndez et al. (2013) titulado “indicadores e índices de calidad de los suelos (ICS) cebaderos del sur del estado de Hidalgo, México”, con el objetivo de “establecer indicadores e índices de calidad para suelos (ICS), que permitan realizar evaluaciones y estimaciones rápidas en suelos cebaderos del sur del estado de Hidalgo, México”. Para lograrlo se evaluó ocho (08) indicadores que fueron distribuidos en una escala 0 - 1, la condición fue la peor con escalas iniciales (0) y mejor con condición de (1) desde la perspectiva de la calidad, las mediciones son independiente de su valor absolutamente para cada indicador. En conclusión, las modificaciones de los atributos físicas alteran la condición del suelo superficial del suelo ocasionando un aumento en el proceso de la erosión, perdiendo una capa o espesor del suelo superficialmente.

En el estudio de Quichimbo et al. (2012) titulado “efectos sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos por el cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo: páramo de Quimsacocha al sur del Ecuador”, con el objetivo de “relaciones del comportamiento del suelo ante dichas actividades antrópicas reflejadas en los cambios de cobertura”. Para lograr el desarrollo de este estudio se realizó con ocho (8) tipos de cobertura y el uso del suelo, como: almohadillas, bosque montano alto, bosque de pino, bosque de polylepis, cultivo de papas, pajonal, pasto y pajonal quemado; que se han realizado en treinta y seis (33) parcelas ubicados por puntos de muestreo. El resultado mostrado fue, que las modificaciones realizados en

cobertura modificaron sobre el suelo Andisoles, primero que las propiedades físicas se modificaron a nivel del horizonte superficial, porque muestran una modificación frente a la actividad antrópica. Y el más notorio se presentó en las propiedades químicas a nivel de horizonte Subsuperficial, donde también los procesos de iluviación dominan.

En el estudio de Novillo et al. (2018) titulado “propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Ríos, Ecuador”. Con el objetivo de “determinar los cambios en las propiedades físicas del suelo de la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP) por efecto del uso como monocultivo, para generar conocimiento y dar un manejo adecuado a este recurso”. Para lograrlo se realizó con un DBCA con tres repeticiones, en: suelos de bosque natural y monocultivo de maíz (30 años aproximadamente), cacao (50 años aprox.), pasto (4 años aprox.) y palma aceitera (26 años aprox) con diferente profundidad, cada 10 cm hasta los 60 cm. Concluyendo que, en el cultivo de palma aceitera, se ha notado diferencias estadísticas, que la propiedad física de la textura, fue afectado negativamente la DA del suelo, conductividad hidráulica, arcilla dispersa en agua, que en la totalidad contribuye a minimizar la estabilidad de agregados.

2.2. Calidad de suelos

El medio edáfico es un sistema organizado, muy variado, alta variabilidad, primordial y único, constituido de la meteorización como minerales, nutrientes, tiene la capacidad de sostener plantas, ambiente para los organismos y microorganismos (Atlas y Bartha, 2001; Nannipieri et al., 2003).

Según Gregorich (1994) define calidad del suelo como: la forma de conocer la capacidad del funcionamiento apropiado con relación al cultivo específico. También Arshad y Coen (1992) más que definición le da un alcance ecológico, por otra parte, como capacidad hace entender como una condición de almacenar y reutilizar como por ejemplo tres factores agua, energía y minerales para cumplir la función de alimentar y dar vida.

Los parámetros de suelo como físicas, químicas y biológicas, tendrán que cumplir ciertas condiciones para considerar indicador de la calidad del suelo (Masera, 1999):

- 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.

Ramírez (2004) añade más condiciones, considera más atributos para la calidad del suelo y son los siguiente:

- 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.

Los atributos como indicador empleados para la evaluación de la calidad del suelo cumplen con las pautas fundamentales requeridos para considerar como indicador en un estudio. Se consideran parámetros más indispensables para cada objetivo que queremos alcanzar, que nos brinden datos para alcanzar ese objetivo planteado, las variables pueden ser asociadas, o independientes como físicos, químicos y biológicos. Cada variable evidencia sobre los resultados para reflejar, sobre el termino de calidad, las modificaciones que presentan en cada propiedad (Cantú et al., 2007).

Los sistemas silvopastoriles implican que haya especies leñosas perennes (árboles o arbustos) y hacen la interacción con los elementos de tradición (forrajeras herbáceas y animales), y todo el sistema bajo la integración de manejo integral. Este sistema su característica es muy diversa y autosuficientes, sin embargo, esta asociación con actividades agropecuarios se adecua con los acordes de las singularidades del agroecosistema, favoreciendo los procesos e interacción biológica, así mismo mejorando la calidad del suelo, disminuyendo la utilización de insumos químicos para incrementar la producción agropecuaria (Vallejo, 2012).

Los estudios desarrollados en todo el mundo han mostrado estudios en todo el nivel sobre las propiedades como (físicas, químicas y biológicas) en el sistema agroforestal, si hablamos sobre la calidad de suelo, el sistema agroforestal conserva un suelo parecido al suelo natural es decir como bosque, pero los sistemas de cultivos son muy diferentes ya sean culturales o mecanizados. Varios estudios mencionan y está comprobado que la presencia vegetal heterogéneo o sistemas distintos ayudan a mantener la calidad del suelo en diferentes condiciones como por ejemplo la distribución de materia orgánica y ese impacto ayuda en la dinámica de microbiana del suelo (Vallejo et al., 2010; Paudel et al., 2011).

2.3. Indicadores de calidad

Los atributos del suelo podrían usarse como un instrumento que ayuda identificar para tener la visión de la tendencia positiva o negativa porque los sistemas empleados mejoran o

empeoran el suelo. Para realizar un estudio hay que ordenar las ideas, un indicador es la variable a medir que te revelará finalmente tú le comunicaras de manera comprensible, detallado, ordenado acerca de los procesos que ocurrieron (Luters y Salazar, 1999).



Figura 1. Calidad del suelo

Fuente: Revista ecosistemas, Doran y Parkin (1994).

Propiedades físicas del suelo

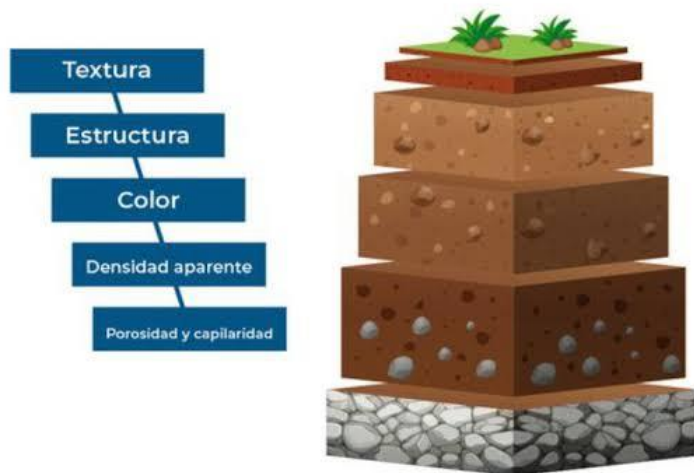


Figura 2. Propiedades físicas del suelo

Fuente: Agro Krebs.

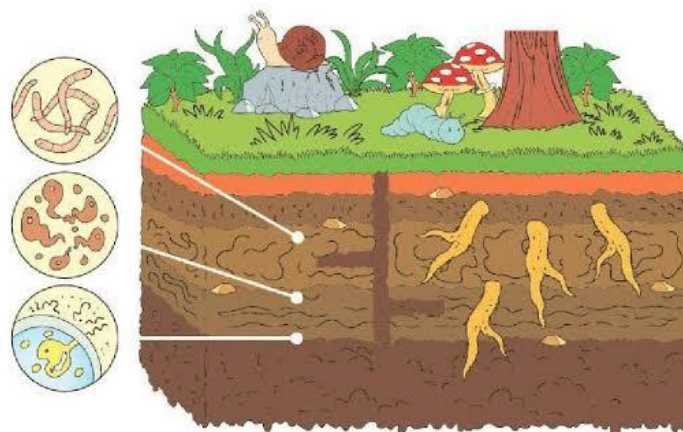
El indicadores o variables de un estudio determinado revelan mediante los datos recolectados y procesados a dar de conocer lo que sucede en dicho estudio, lo cual es interpretado de manera ordenado los procesos actuales en este caso el funcionamiento del suelo (Navarrete et al., 2011).



Figura 3. Propiedades químicas del suelo

Fuente: Agroquímicos Arca S.A de C.V.

Propiedades Biológicas del suelo




www.agrokrebs.mx

SOLUCIONES PARA UN CAMPO MÁS PRODUCTIVO

Figura 4. Propiedades biológicas del suelo

Fuente: AgroForestales C. A.

A pesar de realizar varios estudios del suelo no encontramos precisamente un método correcto acerca de la degradación, calidad óptimo, impacto que genera, por el bienestar social y ambiental, no existen criterios generales o universales indicando que este método es correcto para estudiar la calidad del suelo (Porta, 2003).

Para operativizar este concepto es decir algo trabajable, solo contar con las variables que te van a ayudar alcanzar tu objetivo. Y estas variables o indicadores presentan condiciones distintas de recoger datos para luego con ellas informar acerca de lo que sucede ya sean cambios, modificaciones, alteraciones (Silva, 2000).

Según Karlen et al. (1997) los indicadores son instrumentos de análisis que te proporcionan simplificar, cuantificar y comunicar cambios complejos. También Doran y Lincoln (1999) menciona que los indicadores de calidad edáfico pueden ser los atributos como físicas, químicas y biológicas, o procesos que ocurren en él.

2.3.1. Propiedades físicas

– Infiltración

El factor de infiltración se establece como regulador del contenido de humedad en el medio edáfico, permitiendo el ingreso de agua al componente suelo para su proceso en el crecimiento de la planta. La humedad tiene la gran capacidad en el suelo de modificar, alterar o variar los atributos físicos del suelo (Fok y Chung, 1987).

La infiltración del suelo depende del tipo del suelo como textura, estructura, contenido de MO, humedad, suelo compacto, la inclinación y la protección o cobertura de la superficie suelo (Pérez, 2010). Otro de los atributos relevantes es la densidad aparente en la rapidez de infiltrar y para aminorar la escorrentía de la erosión, por lo tanto, el suelo retiene para su reserva el agua, sin embargo, que el agua penetra al suelo generando saturación en espacios planas y deslizamiento en lugares inclinadas (Malagon et al., 1995; López, 2005; USDA, 1999a).

– Textura

La clase textural del suelo está conformado por los fragmentos del suelo como arena, limo y arcilla que están distribuidos de acuerdo a la formación del suelo. Y estas propiedades son modificables solo por estas actividades o condiciones como: cultivos en agricultura o las actividades antrópicas o naturales que se mezclan varios estratos (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, USDA 1999a).

Los estratos en profundidad y la textura son poco modificables a lo largo que pasa el tiempo por más que haya la mala praxis del suelo, muchas veces ejercen influencias sobre los atributos en especial la textura como calidad, pero es cuestionable considerar, solo esta modificación se hace en periodos de largo proceso, como geológicos, otros catastróficos de la

naturaleza, pero el manejo de la agricultura no modifica ni causa alteración del suelo (Schoenholtz et al., 2000; Vallejo et al., 2012).

– **Resistencia a la penetración**

Un buen componente del suelo no manifiesta compactación, porque refleja una buena DA y una buena estructura a la penetración, por lo tanto, las raíces de las plantas no pueden ser perjudicados al penetrar en el suelo. Un buen suelo garantiza una buena porosidad, aireación, drenaje, contenido de agua para el desarrollo de las plantas, almacena el agua para periodos de sequía (Vallejo-Quintero, 2012). Los atributos fisicoquímicos cambian muy lentamente a un proceso de tiempo, se requiere un periodo de tiempo para detectar efectos para considerar en la calidad del suelo en diferentes sistemas de cultivos ya que la zona amazónica es muy variable (Yadav et al., 2011; Paudel et al., 2012 y Vallejo et al., 2012).

– **Densidad aparente**

La DA es un indicador que revela, si el suelo se encuentra en qué nivel de compactación, porque este valor promediado o ponderado de la zona, encontrándose con valores mínimos con las zonas de referencia en comparación con los máximos valores de la zona de estudio. Los valores arrojados por el cálculo no tendrían tanta restricción en el crecimiento de las raíces de los cultivos de cebada (Vepraskas, 1994, USDA-NRCS 1999).

2.3.2. Propiedades químicas

– **Grado de acidez o pH**

El potencial de hidrogeno del suelo permite medir la acidez o alcalinidad en un suelo, afectando las disponibilidades del nutriente, la actividad que realiza el microorganismo, y la disolución mineral del medio edáfico. Los agentes de mucha importancia que perjudican el potencial hidrogeno del suelo son los siguientes: temperaturas y precipitación, que dominan la mayor dispersión de los lixiviados y la meteorización del mineral del medio edáfico. La acidificación del suelo o solamente acidez está relacionada con suelo lixiviado, sin embargo, los alcalinos se encuentran generalmente en zonas secas. Por ejemplo, las actividades agrícolas, como el encalado o el agregado de fertilizantes de amonio, modificarían el pH. En realidad, si deseamos conocer el pH medimos la actividad del ión $[H^+]$ en la solución del suelo (USDA 1999a).

– **Materia orgánica del suelo**

En su estudio Cantú et al. (2007), realizó su investigación en la calidad de suelos en lugares de producción agropecuaria de Argentina, demostrando que la MO mostró la gran influencia en la mayoría de los indicadores. Sin embargo, la disminución de carbono orgánico

del suelo mostraría como la causa principal de la influencia de deterioro en los indicadores de calidad, por ejemplo: estabilidad de agregados, infiltración del agua y densidad aparente.

– **Nitrógeno**

El N en cantidad es limitado por su propio ciclo biogeoquímico. El dicho elemento está en el suelo, gracias a los aportes de la MO y la fijación bacteriana. El N en el suelo es suministrado por las plantas, animales macro y microorganismos en el suelo (USDA 1999a).

– **Fósforo**

El elemento de fósforo, es muy fundamental después del nitrógeno. Se menciona que el fósforo es el macronutriente que podría detener su rendimiento de las plantas. Este elemento interviene en muchos procesos bioquímicos de nivel celular, entonces podemos decir que es muy fundamental para los cultivos. Sin embargo, la entrada nutrimental es mediante la fertilización de fosfatados, y la salida de este nutriente es mediante la extracción de frutas, granos y otra forma de perder este nutriente es mediante el escurrimiento y erosión del suelo (Álvaro, 2019).

– **Potasio**

Otro elemento eficiente para las plantas como organismos vivos es el potasio porque hace exactamente la activación enzimática, fotosíntesis y sintetizan las proteínas como carbohidratos, optimizar el balance de agua finalmente el crecimiento meristemático. La presencia de potasio ayuda en el mejor desarrollo del cultivo como las etapas de fructificación, maduración y calidad de los frutos (Álvaro, 2019).

Elementos secundarios

– **Calcio**

El Calcio es un elemento que aporta el desarrollo del cultivo y la cantidad dependerá del tipo edáfico en el que se encuentre. El aporte sobre el cultivo son varios por que estimula el crecimiento de las hojas y la raíz de manera compuesta (pared celular) también ayuda a reducir el nitrato (NO_3^-) en los cultivos, también ayuda activar enzimas en sistemas de las plantas, como la neutralización de los ácidos orgánicos. Otro de los beneficios es reducir la acidez del suelo (esto reduce la solubilidad y la toxicidad del manganeso, cobre y aluminio) es adquirido en mayor cantidad por las bacterias fijadoras de nitrógeno (Álvaro, 2019).

– **Magnesio**

Este elemento se encuentra en el suelo junto con las arcillas y la MO, pero en menor cantidad porque este elemento es fuertemente adquirido por el coloide, por lo tanto, se desperdicia por lixiviación y se encuentra en menor proporción que el calcio. Y esa carencia se

muestra en la nervadura de las hojas de color amarillo, afectando a las nuevas hojas jóvenes de la planta (Álvaro, 2019).

2.3.3. Propiedades biológicas

Los más perjudicados es la población biológica porque son más sensible a las alteraciones del medio edáfico, así como también la falta de disponibilidad de nutrientes para su normal desarrollo. La población de microorganismos se desarrolla de acuerdo a la disponibilidad de condición como nutrientes que abarca desde 10 a 10,000 individuos por m² (Curry, 1998). La población de macroorganismos no necesariamente se encuentran en todas las áreas porque buscan alta nutrición o condición ambiental favorable. Por ejemplo, las lombrices son excelencia en mejorar la estructura del suelo, las características físicas del suelo y la fertilidad química del suelo (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, USDA 1999a).

2.4. Sistemas de uso en monocultivo

Uno de los caminos para mejorar o recuperar el suelo ante la pérdida de la actividad antrópica en la agricultura extensiva o tradicional, introducir mediante los sistemas agroforestales, realizar cultivos mixtos para mantener la dinámica del sistema, porque el monocultivo hacer perder la dinámica del bosque que mantiene vivo el suelo. Los sistemas agroforestales ofrecen una condición edáfica casi similar del bosque, respecto al monocultivo (Fernández-Ojeda, 2016).

La señala (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO 2008) que los monocultivos son el manejo en gran o pequeña escala ya sea agricultura mecanizada o convencional de una sola planta en toda el área del cultivo. Ahora las empresas de transformación y agrícola prefieren un monocultivo a gran escala de producción, utilizando herramientas como la agricultura tecnológica o de precisión aplicando fertilizantes químicos a nivel global, este hecho permite como una aceptación de la fertilización química, sin embargo, ya crearon normas políticas de seguridad alimentaria para el comercio internacional.

2.4.1. Cultivo de cacao

Varias familias se dedican al cultivo de cacao, un producto alimenticio que brinda desde la vista perspectiva tecnológica-industrial un avance gradual lento. Derrepente será la razón de altamente minifundista, como la característica de incompatibilidad genética.

Trataremos de la productividad, la agricultura en los últimos años ha recapitado de que el producto bandera es indispensable a nivel mundial, por ello se inició una nueva etapa de mejorar en evolución genética obteniendo plantas clonadas, mejorando la producción,

resistencia a enfermedades y la calidad. Finalmente mejorando la reproducción sexual y asexual, esta actividad se realiza mediante injertos también con estacas enraizadas.

La reproducción asexual, es muy costoso, hay una visión a los rubros de agrícola como la industria de chocolates, buscando el producto final de buena calidad (Batista, 2009).

2.4.2. Cultivo de plátano

Los cultivos de plátano es característica de un cultivo valioso de la alimentación diaria para el consumo familiar especialmente en los pequeños agricultores, pero también la agricultura en mayor extensión en la selva peruana permite ingresos contribuyendo como una caja chica para la canasta familiar.

En la selva peruana casi el 90 % en la agricultura de plátanos es para el autoconsumo y la diferencia de agricultores exportan a nivel local, regional, nacional e internacional. El mercado consumir es la ciudad de lima con un 8 % de la producción total de la amazonía (créditos a los pequeños productores agropecuarios del Perú, AGROBANCO 2011).

2.4.3. Cultivo de coca

El monocultivo de coca en la mayoría de los casos es cultivado en terrenos ya degradados, entonces como se adquiere las hojas, requiere nutrientes para su desarrollo y aun peor la cosecha es aproximadamente cada 2 a 3 meses, entonces los productores utilizan fertilizantes químicos al suelo y foliar, matando la propiedad biológica una amenaza para la biodiversidad con pérdidas de hábitad, generando otras nuevas especies en la naturaleza. La degradación normalmente ocurre de la invasión biológica después de la presencia de disturbio, es la dinámica de las alteraciones de la degradación del ecosistema. El cambio de uso del suelo ha traído cambios, modificaciones como especies adaptadas a suelos degradados invadiendo toda el área ya sea temporal como permanente (Villagaray, 2014).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Zona de ejecución del estudio

La tesis se desarrolló en la finca del Sr. Pedro Masgo Ortega, consta de 10 ha; políticamente dicha área pertenece al centro poblado Agua Blanca, distrito Monzón, provincia de Huamalíes, Huánuco.

3.1.1. Sistemas de monocultivo

Las características del sistema monocultivo de cacao presentan con 6 años de edad, de variedad CCN 51, distanciamiento de planta a planta 3 m y de calle 3 m, manejo de sombra guaba sin método de siembra, otras características de la parcela, se describe hace 20 años se realizaban cultivos de maíz, yuca luego papaya, finalmente pasaron al cultivo de cacao, en la actualidad estas se renovaron (Figura 6).



Figura 5. Sistema de monocultivo cacao

La parcela presenta con características de suelo plana, generalmente soportan inundaciones periódicas o eventuales producidas por alta precipitación continua de largas horas o estación de invierno y su infiltración es rápido, la superficie abarca una área de dos hectáreas del mismo monocultivo.

Las características del sistema monocultivo de plátano presenta con 2 años de edad, de variedad colorado, distanciamiento de planta a planta 3 m y de calle 3 m, otra característica de la parcela se describe hace 20 años se realizaban cultivos de maíz, yuca luego papaya, finalmente pasaron al sistema de monocultivo de plátano. La parcela presenta con

características de suelo plana, generalmente soportan inundaciones periódicas o eventuales producidas por alta precipitación continua de largas horas o estación de invierno y su infiltración es rápido, la superficie abarca una área de una hectáreas.



Figura 6. Izquierda: Sistema de plátano. Derecha: sistema de coca

Tabla 1. Característica de los sistemas de cultivos

Sistemas	Características
cacao	Edad: 6 años, variedad: CC51, distanciamiento de la plantación: 3X3X3 metros, manejo de sombra: guaba sin manejo, suelo: plana.
plátano	Edad: 2 años, variedad: Colorado, distanciamiento de la plantación: 3X3X3 metros, manejo: abonamiento orgánico, suelo: plana.
coca	Edad: 2 años, distanciamiento de la plantación: 0,2X0,2X0,6 metros, manejo: abonamiento inorgánico, suelo: con pendiente.

Fuente: propia

Las características del sistema monocultivo de coca presenta con 2 años de edad, con distanciamiento de planta a planta 0,2 m y de calle 0,6 m, otra característica de la parcela se describe hace 30 años se realizaban cultivos de café luego purma y finalmente pasaron al cultivo de coca. La parcela presenta con características de suelo degradado (suelo desnudo, de color rojizo, suelo compactado arcilloso) (Tabla 1 y Figura 6).

3.1.2. Ubicación geográfica

El estudio se desarrolló en el centro poblado Agua Blanca, distrito de Monzón, provincia de Huamalíes, región Huánuco. En las siguientes coordenadas UTM: sistema de monocultivo cacao 382195E y 8973747N con una altitud de 679 msnm, sistema de monocultivo plátano 382149E y 8973703N con una altitud de 679 msnm, sistema de monocultivo coca 381595E y 8973834N con una altitud de 735 msnm.

3.1.3. Vías de acceso

La vía de acceso a la zona de estudio es a través de la carretera Tingo María - Monzón, condiciones de la carretera es asfaltado con pavimento flexible, con distancia de 20,46 km aproximadamente hasta el centro poblado Agua Blanca, el tiempo de recorrido en moto lineal es de 30 minutos aproximadamente.

3.1.4. Clima

El CP Agua Blanca se ubica en la región Selva Alta entre 400 a 1000 msnm, de acuerdo a su ubicación geográfica (Pulgar, 1987 citado en Baca, 2019). El clima es variado debido a que se encuentra ubicado en la parte oriental limitando con el distrito de Monzón, en la parte selvática (baja) cálido, templado y húmedo; en la parte sierra (alta) frígido, con una temperatura media anual de 20 °C, humedad relativa cercana al 86%; precipitación media de 2,500 mm. La época de lluvia comienza en octubre y se prolonga hasta abril. (SENAHMI – Huánuco, 2021).

3.2. Materiales y metodología

3.2.1. Materiales

Wincha métrica de 30 metros y 5 metros, cilindros para densidad de suelo, bolsas para muestras de suelo, etiquetas de codificación, marcador, tablero de apuntes, ficha de campo, machete, pala recta, poceador o cavadora, costales para recolectar macroorganismos del suelo, dos cilindros para infiltración, balde, etiquetas de codificación, marcador, tablero de apuntes y ficha de laboratorio, datos de recolección del campo y laboratorio.

3.2.2. Equipos

Termómetro, penétrometro, GPS, Cámara digital y cronómetro, Balanza, estufa a 75 °C por 24 horas, Laptop TOSHIBA core i5.

3.3. Características generales del estudio

3.3.1. Características del estudio

Tipo de estudio, de acuerdo a Supo y Zacarías (2020) el estudio fue de tipo prospectivo ya que los datos procedieron de mediciones realizadas por el propio tesista y que correspondieron a mediciones planificadas donde los sesgos de medición fueron controlados.

El nivel del estudio fue descriptivo por que describe fenómenos en circunstancia temporal, en este caso las propiedades físicas, químicas y biológicas son circunstancias temporales a modificaciones constates ya sean generados por el hombre o la naturaleza (Supo y Zacarías, 2020).

3.3.2. Características de la parcela en estudio

Comprende básicamente los elementos que se deberá a tomarse en cuenta, para diseñar una estrategia de muestreo. Se consideró los objetivos del estudio y las características de la zona. Tomando en cuentas las tres propiedades del suelo y las variables de cada uno de ellos (Figura 7).

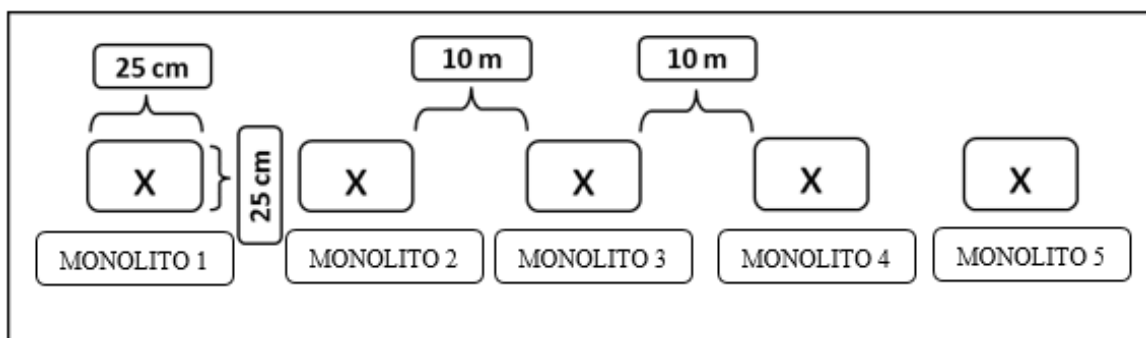


Figura 7. Distribución de los monolitos en sistemas de monocultivos

En cada sistema de monocultivo se delimitó el área con características de cultivos uniformes en desarrollo, que a simple observación ya era un indicador de homogeneidad de suelo, algunas características fueron la parte céntrica de la parcela, suelos planos con pocas hoyadas y plantas con tamaños promedios del cultivo.

Cada monolito tiene las siguientes medidas 25x25cmx30 cm de profundidad, las distancias de monolitos están distribuidos a cada 10 metros, de un monolito al otro (Anderson y Ingram, 1993). Cada parcela de estudio tiene 15 monolitos.

3.3.3. Recolección de datos

La recolección de datos se hizo de acuerdo a las metodologías inscritas. En las propiedades físicas se recogió los datos de las siguientes variables: infiltración del suelo, densidad aparente, resistencia a la penetración, temperatura del suelo. Propiedades químicas se recogió las muestras del suelo, luego se envió al laboratorio para su respectivo análisis (materia orgánica, nitrógeno total, fósforo disponible, potasio disponible y Bases cambiables). En las propiedades biológicas se recolectó las termitas (Isóptera), hormigas (Himenópteros) y las lombrices (Haplotaxida) por cada profundidad de 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, en cada una de los sistemas de estudio (cacao, plátano y coca).

3.4. Metodología

3.4.1. Determinar los indicadores físicos y químicos del suelo en tres sistemas de uso de la tierra (monocultivo de cacao, plátano y coca)

Determinación de los indicadores físicos

Cada indicador del suelo se desarrolló siguiendo metodologías correspondientes.

Tabla 2. Propiedades físicas de suelo

Indicadores físicos	Método
Infiltración	Método del cilindro
Textura del suelo	Método del hidrómetro de bouyoucos
Densidad aparente	Método del cilindro
Resistencia a la penetración	Método directo (penetrómetro)
Temperatura del suelo	Método directo (termómetro)

Fuente: propia.

Infiltración método del doble anillo

Procedimiento

1. Se retiró la hojarasca superficial de una zona de 1,5 m x 1,5 m.
2. Se humedeció previamente la zona, remojándola durante unas horas, con un terraplén de tierra para contener el agua.
3. Se introdujo verticalmente los anillos (baldes) (diámetro interior de 25 cm, diámetro exterior de 30 cm, altura de 40 cm) unos 8 cm en el suelo húmedo, de modo que el anillo más pequeño quede centrado en el más grande. (Esto puede facilitarse cortando el suelo con un cuchillo y sellando el cilindro en el suelo). Se Colocó plástico en la superficie del suelo dentro de los anillos para minimizar las molestias al añadir agua.
4. Se llenó ambos baldes hasta unos 8 cm, se registró el tiempo y la distancia desde el nivel de agua en el balde interior hasta la parte superior del balde interior.
5. Se ha medido el nivel de agua a los 5, 10 y 30 minutos.
6. Se ha rellenado el balde cuando el nivel haya descendido a unos 10 cm, anotando el nivel de agua antes y después del rellenado en cada ocasión. Intente mantener niveles de agua equivalentes en los baldes interior y exterior.
7. Se continuó las mediciones hasta que se haya alcanzado un estado estable, por ejemplo, de 1 a 4 horas (Anderson y Ingram, 1993).

Textura del suelo

Se realizó el muestreo del suelo de tipo sistemático en cada sistema monocultivo cacao, plátano y coca. Posteriormente se envió al laboratorio de suelos de la facultad de Agronomía de la UNAS (Universidad Nacional Agraria de la Selva) para su respectivo análisis físico.

Densidad aparente

Para obtener datos de DA se realizó un mínimo de 03 (tres) repeticiones de muestras para tener un promedio representativo. Se seleccionó el área de recolección muestral, donde algunos fueron recolectados en forma vertical y otros de forma horizontales. Para ello se introdujo el cilindro muestreador, siempre tomando en cuenta de no compactar el suelo, una vez obtenida la muestra se selló herméticamente la muestra (pérdida de humedad) para su traslado al laboratorio, en el laboratorio se pesó antes de llevar a la en estufa (110° C) durante 24 horas hasta obtener el peso constante, luego el peso después, finalmente se determinó la humedad y volumen, el resultado se expresa en (g/cm³) (Flores y Alcalá, 2010).

$$V_i = \frac{D^2 \pi}{4} h$$

$$\rho_b = \frac{P_{ss}}{V_t}$$

Donde:

V_t : es el volumen de la muestra.

D : es el diámetro del cilindro.

h : es la altura del cilindro.

P_{ss} : es el peso del suelo seco.

ρ_b : es la densidad aparente del suelo.

Resistencia a la penetración

Para obtener datos de la resistencia a la penetración de un suelo, se realiza con varios instrumentos, en este estudio se realizó con el instrumento de penetrómetro, se realizó introduciendo la punta de penetración del instrumento. Esta evaluación mecánica de la resistencia del suelo se realiza mediante la fuerza (carga o presión). La unidad de medida se realizó en kg/m³ (Flores y Alcalá, 2010).

Temperatura del suelo

Se realizó por el método directo del termómetro. Se insertó el termómetro de suelos dentro del suelo adyacente (hasta una profundidad de 2,54 cm aproximadamente) (USDA 1999b).

Determinación de los indicadores químicos

Tabla 3. Propiedades químicas del suelo

Indicadores químicos	Método
pH	Método del potenciómetro
Materia orgánica	Método de Walkley y Blake
Nitrógeno total	Método de Kjeldahl
Fósforo disponible	Método de Olsen Modificado
Potasio disponible	Método del Ácido sulfúrico 6N
Bases cambiables	Método del versenato

Fuente: propia.

Cantidad de muestra

La cantidad de muestra que se va a colectar se determina a partir del número y tipo de parámetros que se van a analizar, en este caso será 500g para la caracterización química (Hildenbrand et al., 1996).

Tamaño de la muestra

Se realizó el muestreo del suelo de forma sistemática, siguiendo el método de muestras compuestas en diferentes puntos dentro de la parcela con un trayecto lineal, de acuerdo al tipo de análisis de los elementos de caracterización química (pH, CIC, C, Ca, Mg, Na, K, N, P) 500 g (Bautista et al. 2011); cada sub muestra tendrá el mismo volumen que las demás y a una profundidad de 30 cm, las cuales fueron recogidos en un recipiente y mezcladas hasta homogenizarlas, reuniendo un total de 0,5 kg en peso. Posteriormente fueron enviados al laboratorio de suelos de la facultad de agronomía de la UNAS para su respectivo análisis químico.

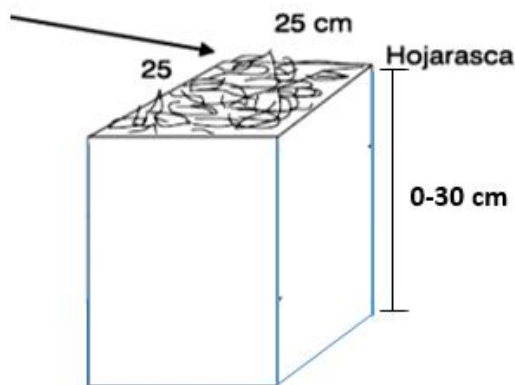


Figura 8. Dimensiones del tamaño de la muestra

3.4.2. Evaluar el índice de calidad de suelos en macro fauna en los tres sistemas de uso

Tabla 4. Propiedades biológicas del suelo.

Indicador biológico	Método
Macrofauna del suelo	método directo por conteo

Metodología

La cuantificación de estos efectos en los procesos del suelo requiere un estudio detallado, pero una simple caracterización de la macrofauna es necesaria para evaluar su papel en los diferentes sistemas y el impacto de las prácticas de gestión sobre las densidades de población y la estructura de la comunidad (Anderson e Ingram, 1993).

Muestreo

Se recomienda un mínimo de 5 (pero preferiblemente 10) monolitos de suelo de 25 cm x 25 cm por 30 cm monolitos de suelo muestreados hacia el final de la estación lluviosa y clasificados a mano para macroinvertebrados (longitud del cuerpo < 2 mm). Hay que destacar que esta técnica está diseñada para realizar un estudio de la fauna del suelo (Anderson e Ingram, 1993).

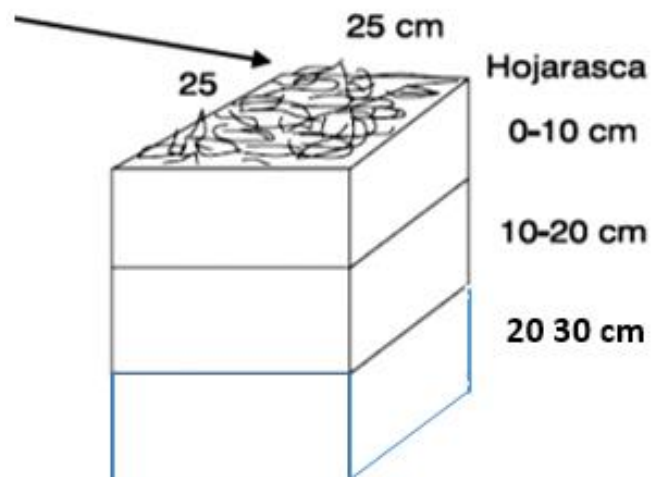


Figura 9. Dimensiones del tamaño de la muestra

Procedimiento

Se situaron los puntos de muestreo a 10 m de distancia a lo largo de un transecto en una línea recta.

1. Se Retiró la hojarasca del interior de un cuadrado de 25 cm y conservarla para su clasificación.
2. Para aislar el monolito, se cortó con una pala unos centímetros fuera del cuadrante y se ha excavado una zanja de 20 cm de ancho por 30 cm de profundidad alrededor. Escavar fuera del cuadrante facilita el corte de la muestra en estratos horizontales y la recogida de animales que escapan del bloque.
3. Dividir el bloque delimitado en tres capas, de 0 a 10 cm, de 10 a 20 cm y de 20 a 30 cm, que luego se clasifican a mano.
4. Una vez retirada el bloque delimitado, con mucho cuidado clasificar los termitas, lombrices y hormigas.

3.4.3. Correlacionar las propiedades fisicoquímicas con las propiedades biológicas

Se desarrolló en gabinete con la prueba r de Pearson, entre las propiedades fisicoquímicas y biológicas.

Variable independiente: propiedades fisicoquímicas.

Variable dependiente: propiedades biológicas.

3.4.4. Fase de gabinete

Una vez tabulado los datos, se procedió a realizar su respectivo análisis en el programa estadístico SPSS v. 23, se utilizó solo los descriptivos Posterior al análisis de los datos, se sometió a la interpretación y la redacción del informe final de la tesis.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Indicadores físicos y químicos del suelo en tres sistemas de uso de la tierra (monocultivos de cacao, plátano y coca)

Infiltración

El estudio muestra características físicas de los sistemas en monocultivos de cacao, plátano y coca; en ello presentan monocultivos con moderado infiltración y otros con lenta velocidad de infiltración, que este podría ser influenciado por las coberturas que presentan o por la propia estructura del suelo. Primero los monocultivos de cacao y plátano presentan coberturas en el suelo como hojarascas, malezas (mayor tiempo por presentar cultivos de tamaño) y hasta presentar mayores dimensiones de copas del cultivo, todo ello hace que el suelo mantenga humedad, y en los suelos no cubiertos la infiltración se hace lenta (Tabla 5).

Segundo es el tipo de textura que nos muestra los tres sistemas de monocultivos en estudio y todas las propiedades físicas del suelo, también se menciona que los suelos de la selva alta presentan mucha variabilidad por presentar, la forma, su ubicación y la pendiente del suelo, para ello desarrollaremos la segunda condición que está influenciado por la estructura del suelo.

Tabla 5. Infiltración del suelo en sistemas de monocultivo de cacao, plátano y coca

Sistemas de monocultivos	Infiltración (cm/h)	Interpretación	ICS
Cacao	14,5	Moderado	Alto
Plátano	15,5	Moderado	Alto
Coca	4,5	Lento	Medio

ICS: Índice de calidad de suelos.

Ante ello Quichimbo et al. (2012) menciona que las modificaciones de la cobertura influyeron sobre el medio edáfico, que los atributos físicos del suelo a nivel profundidad se ven afectada superficialmente por las actividades del hombre.

El sistema de monocultivo de coca no tenía cobertura, mientras los monocultivos de cacao y plátano si tenían cobertura en diferentes porcentajes, la cobertura del suelo permite mantener la humedad. Restrepo (2020) menciona que la cobertura permite conservar la humedad por que el sol no toca directamente, es como si fuera el gorrito, el principio de las tres SSS sol, sombrero y el suelo. También Novillo et al. (2018) menciona que, la asociación de los monocultivos permite mayor degradación afectando las propiedades del suelo y su recuperación del suelo es más pausado.

En los suelos sin cobertura en este caso el monocultivo de coca presenta una característica lento en infiltración respecto al cambio de estructura Muñoz et al. (2013) menciona que, la degradación física (cambio en la estructura, pérdida de su capacidad para absorber y almacenar agua) del medio edáfico perjudica el normal funcionamiento, porque afecta la capacidad de transmisión de fluidos, el volumen de almacenaje relacionado con el balance de gases y agua necesario para disolver los nutrientes para las plantas.

Textura

El sistema de monocultivo de cacao presenta una textura de franco limoso aceptable para un cultivo de dicha mención, con una proporción de 51% de limo a una velocidad de infiltración moderada. En el monocultivo de plátano presenta con un buen índice de calidad de suelo con textura franco arenoso con una proporción de 69% de arena, finalmente el monocultivo de coca presenta con una textura arcillosa de índice de calidad baja con una proporción de 46% de arcilla (Tabla 6).

Tabla 6. Textura del suelo en sistemas de monocultivo de cacao, plátano y coca

Sistemas de monocultivos	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Textura	Interpretación	ICS
Cacao	33	16	51	Franco Limoso	Aceptable	Medio
Plátano	69	12	19	Franco Arenoso	Buena	Alto
Coca	21	46	33	Arcilloso	Regular	Bajo

ICS: Índice de calidad de suelos.

En los monocultivos de cacao y plátano la infiltración fue superior, este resultado está influenciado por la textura del suelo de franco limoso y franco arenoso. A esto suma FAO (2016) que la textura se refiere a la proporción de los componentes inorgánicos del suelo, arena, limo y arcilla, esta propiedad influye en la fertilidad y la capacidad de retención de agua, aireación y contenido de materia orgánica.

También López (2005) y Malagon, et al. (1995) mencionan que, la textura ideal para una buena producción, es aquella típica de suelos francos: arcilla entre un mínimo y máximo de 7 - 27% y limo entre un mínimo y máximo de 28 - 50%. Los suelos francos ofrecen una buena retención de agua y favorece la difusión de gases.

Resistencia a la penetración

Los sistemas de monocultivo que presentaron vegetación o cubiertas como cacao y plátano presentan un índice de calidad alta que en ella fácilmente desarrolla las raíces de las plantas y estas propiedades físicas están relacionadas entre sí. El monocultivo de coca presenta una textura arcillosa, infiltración lenta y un índice de calidad del suelo medio con 3,20 kg/cm² (Tabla 7).

Tabla 7. Resistencia a la penetración del suelo en sistemas de monocultivo de cacao, plátano y coca

Sistemas monocultivos	Resistencia a la penetración (kg/cm ²)	Interpretación	ICS
Cacao	1,65	Moderadamente resistente	Alto
Plátano	1,55	Moderadamente resistente	Alto
Coca	3,20	Resistente	Medio

ICS: Índice de calidad de suelos.

Los atributos físicos están íntimamente en relación con el tamaño, la disposición y el arreglo de las partículas del medio edáfico. Las propiedades o indicadores físicos son relevantes en el proceso de la vegetación. Sin embargo, los atributos en consideración del estudio reflejan en la limitación de desarrollo de las raíces, limita el movimiento de agua en el horizonte del suelo, detenimiento de agua y nutrientes, transferencia y ciclaje de nutrientes, e intercambio óptimo de gases (Luters y Salazar, 1999; Schoenholtza et al., 2000).

El medio edáfico de buena calidad debe cumplir una serie de requisitos como: suelo sin compactación, reflejo de una baja DA y resistencia a la penetración, lo cual no tiene oposición mecánica para el libre avance de la raíz. Un buen suelo consta de ausencia de compactación porque su condición permite buena porosidad, aireación, drenaje y almacenamiento de agua para las plantas, especialmente en temporadas de estiaje. Los indicadores de suelos de fácil sensibilidad a las variaciones introducidas por el manejo se deben estudiar para saber cómo es su comportamiento a corto, mediano y largo plazo (Vallejo-Quintero 2013).

Densidad aparente

En los sistemas de los tres monocultivos de cacao, plátano y coca, la densidad del suelo es de baja calidad por presentar una densidad alta, lo ideal está entre los rangos de 0,7 - 0,8 g/cm³ de densidad aparente. La calidad de suelo está determinada en un intervalo que es ideal, no tan bajos y tampoco superiores, tendrá que ser estándar, lo óptimo (Tabla 8).

Tabla 8. Densidad aparente del suelo en sistemas de monocultivo de cacao, plátano y coca

Sistemas monocultivos	Densidad aparente (g/cm³)	Interpretación	ICS
Cacao	1,22	Muy alto	Bajo
Plátano	1,22	Muy alto	Bajo
Coca	1,13	Alto	Bajo

ICS: Índice de calidad de suelos.

La retención de humedad del suelo está estrictamente en relación con la disminución del volumen del área poroso. Además, la porosidad es un atributo que requiere de otras variables físicas como la textura, estructura, contenido de materia orgánica etc (Nasr y Seles, 1995). La propiedad física porosa afecta directamente en los cambios del volumen porque los suelos con baja porosidad son suelos densos compactos, por lo tanto, reduce el volumen de agua por almacenar, también obstaculiza el desarrollo normal de las raíces (Schaetzl y Anderson, 2005).

La estructura dinámica del bosque es esencial para el buen funcionamiento del suelo, porque ayuda a sostener un balance adecuado de macro y microporos, el cual ayuda a retener agua y aire adecuado u optimo, todo ello hace que el suelo este en perfectas condiciones ante la erosión (USDA, 1999b; Cabria et al., 2002).

Temperatura del suelo

En los sistemas de monocultivo cacao, plátano y coca la temperatura del suelo presenta diferentes grados, a mayor profundidad menor es la temperatura del suelo, también los cultivos que presentan mayor cobertura del suelo (cacao) presentan menor grado de temperatura a los suelos con poca cobertura (coca) (Tabla 9).

Tabla 9. Temperatura del suelo en sistemas de monocultivo de cacao, plátano y coca

Sistemas de monocultivos por profundidad	Temperatura del suelo °C
Cacao (0-10 cm)	24,2
Cacao (10-20 cm)	24
Cacao (20-30 cm)	23,8
Plátano (0-10 cm)	28,6
Plátano (10-20 cm)	26,6
Plátano (20-30 cm)	26,0
Coca (0-10 cm)	31,8
Coca (10-20 cm)	27,4
Coca (20-30 cm)	25,8

La respiración del suelo es altamente variable, tanto espacialmente como estacionalmente y es determinadas por condiciones de humedad del suelo, temperatura, oxígeno disuelto, pH, y nutrientes. (USDA, 1999a; Vandermeer, 2011). El alto valor de temperatura en los suelos desnudos es por el directo contacto luz – suelo, lo que incrementa la temperatura del suelo, adicionalmente este es el factor que hace que el suelo pierda alta humedad por evapotranspiración (Vandermeer, 2011).

Propiedades químicas del suelo

Las propiedades químicas del suelo en sistemas de monocultivo cacao y plátano presentan un pH muy ácido (5,10 – 5,16) con un índice de calidad medio y en el monocultivo de coca presenta pH extremadamente ácido (4,18) con un índice de calidad baja. Con una materia orgánica de índice de calidad baja en los tres sistemas. Las propiedades de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio presentan una escala de calidad del suelo bajo por tener valores inferiores al establecido por USDA (Tabla 10).

Tabla 10. Propiedades químicas del suelo en sistemas de monocultivo de cacao, plátano y coca

Propiedades químicas	Sistemas monocultivos	Valores	Interpretación	ICS
pH (1:1)	Cacao	5,16	Muy ácido	Medio
	Plátano	5,10	Muy ácido	Medio
	Coca	4,18	Extremadamente ácido	Bajo
Materia Orgánica del Suelo (%)	Cacao	0,93	Bajo	Bajo
	Plátano	0,79	Bajo	Bajo
	Coca	0,63	Bajo	Bajo
Nitrógeno (%)	Cacao	0,05	Bajo	Bajo
	Plátano	0,04	Bajo	Bajo
	Coca	0,03	Bajo	Bajo
Fósforo (mg Kg ⁻¹)	Cacao	5,32	Muy bajo	Bajo
	Plátano	4,87	Muy bajo	Bajo
	Coca	4,14	Muy bajo	Bajo
Potasio (cmol Kg ⁻¹)	Cacao	0,13	Bajo	Bajo
	Plátano	0,15	Bajo	Bajo
	Coca	0,17	Bajo	Bajo
Bases cambiables Calcio (cmol(+)/Kg ⁻¹)	Cacao	2,09	Bajo	Bajo
	Plátano	1,44	Muy bajo	Bajo
	Coca	1,33	Muy bajo	Bajo
Bases cambiables Magnesio (cmol(+)/Kg ⁻¹)	Cacao	0,25	Muy bajo	Bajo
	Plátano	0,18	Muy bajo	Bajo
	Coca	0,14	Muy bajo	Bajo

ICS: Índice de calidad de suelos.

La calidad del suelo en este caso es la propiedad o un atributo del suelo, inferido por características como: pH, MO, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio. Siempre considerando que no solo es fertilidad, si no se considera la integración de la estructura del suelo. La degradación puede definirse como la pérdida de calidad del suelo (Karlen et al., 1992; Parr et al., 1992).

El nutriente disponible para los cultivos está ampliamente en relación con el pH, porque este elemento es regulador de la actividad microbiana y el proceso de mineralización. Además, impide o ayuda el intercambio catiónico porque define el signo de las cargas de iones. Regula la solubilidad y por lo tanto la disponibilidad de nutrientes. Finalmente indica la presencia de sustancias que podrían ser tóxicas para las plantas como el aluminio y el manganeso (Ansorena, 1995; Ortega, 1995; López, 2005).

El estudio sobre la calidad de suelos es muy importante para medir si una asociación es sustentable a corto y largo plazo porque, dicho estudio ayuda a comprender y mejorar la degradación y la normal funcionalidad del sistema sucede a efecto del deterioro del suelo, provocada por las manifestaciones de la naturaleza como la erosión, suelo compacto, disminución de nutrientes, propagación ambiental, variación del pH, incremento de la solubilidad de metal pesado, disminución DA del suelo y la acción biológica; y este acontecimientos sucede por las prácticas antrópicas inadecuadas del hombre. El cambio de uso del bosque natural a cultivos de agricultura o parcelas de ganadería, en donde de ahí resulta en cambio ambiental global, por la pérdida de la biodiversidad y la presencia del uso excesivo de agroquímicos (Wang et al., 2012).

El deterioro de los atributos del suelo, se define como la disminución de su potencial de funciones intrínsecas de la productividad biológica, el cuidado ambiental y el soporte saludable humanitario. El buen suelo de alta calidad necesita de la asociación de las características físicas, químicas y biológicas, lo cual esta variabilidad espacial y temporal más la sensibilidad del cambio de uso y la recuperación de la actividad del suelo, los sistemas perciben un cambio edáfico como una rápida respuesta, podría interpretarse la ejecución y utilizarse como indicadores de calidad (Gil-Stores et al., 2005; De la Rosa, 2005; Cantú et al., 2007).

Los atributos del suelo se usan como medio, para analizar los mecanismos de la tendencia de propiedades del suelo, si los sistemas de manejo mejoran, conservan o mantienen o deterioran el suelo (Luters y Salazar, 1999). Sin embargo, el sistema suelo es un recurso naturalmente complejo de conocer exactamente su proyección de incremento o decremento, que consta de sostener a las especies arbóreas, productivas y pasturas, pero su amplia heterogeneidad o variabilidad hace que una sola medida no represente al área de estudio, ya

sean las propiedades físicas o las propiedades químicas que indiquen o reflejen su calidad del suelo (Bandick y Dick, 1999).

Un indicador es una variable que resume información relevante de una condición de interés se haga perceptible, y que cuantifica, mide y comunica, en forma comprensible, información relevante acerca de procesos y características (Luters y Salazar, 1999). Los indicadores químicos que reflejan estándares de fertilidad (pH, contenido de materia orgánica, N, P y K) son importantes en términos de productividad de cultivos. Sin embargo, resulta importante mencionar que uno de los problemas que presenta la utilización de propiedades químicas como indicadores es su alta variabilidad estacional (Vallejo-Quintero, 2013).

4.2. Índice de calidad de suelos en macro fauna en los tres sistemas de uso

Las macros faunas del suelo en los tres sistemas de monocultivos tenían presencia, en los monolitos en diferentes densidades, ya sean en mayor población y en otros muy pocas. El monocultivo de plátano presentó un índice de calidad medio con presencia moderada que, a los otros dos monocultivos (Tabla 11).

Tabla 11. Indicadores biológicos macrofauna del suelo en tres sistemas de monocultivo cacao, plátano y coca

Sistemas monocultivos	Indicador biológico (und/0,0625 m ²)	Interpretación	ICS
Cacao	16,60	Baja presencia	Bajo
Plátano	64,20	Presencia moderada	Medio
Coca	10,60	Baja presencia	Bajo

ICS: Índice de calidad de suelos.

El indicador biológico está completamente en relación a la capacidad, de la descomposición de los residuos del medio edáfico, a partir de ahí se cumplen funciones importantes porque controlan los abastecimientos de nutrientes (vía mineralización de la MO) y el humus controla la humificación del suministro orgánico, para la absorción de las plantas, relacionado con el medio de la fertilidad del suelo. Considerando algunos indicadores biológicos que se consideran para microorganismo y macro organismos (SQI, 1996). Mencionaremos algunos de ellos por ejemplo la respiración del suelo, biomasa microbiana, al conteo directo de la biodiversidad edáfica, también se realiza ensayos como: las actividades enzimáticas esto es un indicador del balance de la actividad metabólica de los individuos del suelo (Bandick y Dick, 1999).

Las más influenciada y también la actuación más temprana es el atributo biológico en una degradación y la mejora del medio edáfico (Bandick y Dick, 1999; Cantú et al., 2007; Vallejo et al., 2012). Las más consideradas y sensibles en el suelo son las propiedades microbiológicas y bioquímicas porque son relevantes en la interpretación, dinámica de la MO y suministro de nutriente, son ellos los que comunican una rápida respuesta a las modificaciones del uso del suelo, siempre considerando su sensible estrés al ambiente. Para que un suelo se reconozca por su calidad la primera variable influyente es la presencia o ausencia de microorganismos, luego la densidad y la actividad de los mismos determina la calidad de suelo y la variedad del ecosistema (Vallejo-Quintero, 2013).

4.3. Propiedades fisicoquímicas con las propiedades biológicas

En los tres sistemas de monocultivo de cacao, plátano y coca, en las propiedades fisicoquímicas con las propiedades biológicas existe una correlación entre las ambas propiedades, pero con diferentes grados de correlación (Tabla 12).

Tabla 12. Correlación de las propiedades fisicoquímicas con las propiedades biológicas

Propiedades fisicoquímicos	N	r	p-valor
Infiltración	3	0,653	0,547 ^{ns}
Arena	3	0,991	0,087 ^{ns}
Arcilla	3	0,672	0,530 ^{ns}
Limo	3	0,764	0,447 ^{ns}
Resistencia a la penetración	3	0,632	0,565 ^{ns}
Densidad aparente	3	0,589	0,599 ^{ns}
pH	3	0,544	0,634 ^{ns}
MOS	3	0,144	0,908 ^{ns}
N	3	0,106	0,932 ^{ns}
P	3	0,240	0,846 ^{ns}
K	3	0,084	0,947 ^{ns}

En el estudio de los sistemas de monocultivos las propiedades biológicas tienen correlación con las propiedades físicas y químicas en grados distintos, existe una buena correlación ($r= 0,991$) entre los valores de la propiedad física de textura (arena) con las propiedades biológicas (macrofauna) del suelo, también existe una muy baja correlación ($r= 0,084$) entre los valores de la propiedad química de potasio con la propiedad biológica de (macrofauna) del suelo

En la propiedad física de resistencia a la penetración existe una relación inversa ($r = -0,632$) con la propiedad biológica, esto significa que cuando la estructura del suelo es más compacta la propiedad biológica (macrofauna) disminuye.

4.4. Descripción del índice de la calidad de suelos en tres sistemas de uso

En el estudio llevado a cabo en los tres sistemas de monocultivo, en las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo muestra lo siguiente: el sistema de monocultivo de cacao en las propiedades fisicoquímicas se encuentra con alto índice de infiltración y resistencia al suelo, hay una relación entre estas dos propiedades. Con índice medio están las propiedades de textura, pH, finalmente con índice bajo en la calidad de suelos se encuentran las propiedades de densidad aparente, materia orgánica del suelo, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y una baja población de macroorganismos.

En los sistemas de monocultivo de plátano las propiedades con bajo índice de calidad de suelo se encuentran las propiedades químicas como materia orgánica del suelo, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y la población de microorganismos con un índice medio. Finalmente, en el sistema de monocultivo de coca la mayoría de las propiedades con bajo índice de calidad, solo las propiedades de resistencia a la penetración y la infiltración estuvieron con índice medio en la calidad del suelo (Tabla 13).

Tabla 13. Índice de calidad del suelo por cada sistema de monocultivo en el centro Poblado de Agua Blanca

Propiedades fisicoquímicas y biológicas	Cacao	Plátano	Coca
Infiltración	Alto	Alto	Medio
Textura	Medio	Alto	Bajo
Resistencia a la penetración	Alto	Alto	Medio
Densidad aparente	Bajo	Bajo	Bajo
Grado de acidez o pH	Medio	Medio	Bajo
Materia Orgánica del Suelo	Bajo	Bajo	Bajo
Nitrógeno	Bajo	Bajo	Bajo
Fósforo	Bajo	Bajo	Bajo
Potasio	Bajo	Bajo	Bajo
Calcio	Bajo	Bajo	Bajo
Magnesio	Bajo	Bajo	Bajo
Indicador biológico	Bajo	Medio	Bajo

Las propiedades físicas en los monocultivos de cacao y plátano presentan un índice alto y medio, y en las propiedades químicas los tres sistemas mantienen baja índice de calidad finalmente en la propiedad biológico en los monocultivos de cacao y coca presenta un bajo índice de calidad de suelo, mientras en el monocultivo de plátano presenta un índice medio en la calidad del suelo. Respecto a ello Abi-Saab (2012) menciona que, las variables o indicadores mencionados no son únicos para realizar estudios de la calidad de los suelos, por otro lado, también se tiene que considerarse, las limitaciones de tiempo y el presupuesto para la ejecución del estudio, pero si tomar las variables más relevantes.

V. CONCLUSIONES

1. En la determinación del índice de calidad de suelos de las propiedades físicas del suelo en los tres sistemas de monocultivo son: infiltración con índice de calidad media y alta, textura de calidad alta, media y baja. Resistencia a la penetración con índice de calidad medio y alta. Densidad aparente con índice de calidad bajo. pH con índice de calidad medio y bajo. Y las propiedades químicas tales como materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio con índices de calidad baja.
2. En las propiedades biológicas del suelo en los tres sistemas de monocultivo los índices de calidad del suelo se determinaron como media y baja.
3. En los tres sistemas de uso, existe la correlación de las propiedades biológicas con la propiedad fisicoquímica del suelo, solo en las propiedades de Arcilla, Limo y Resistencia a la penetración existe una correlación inversa.
4. Las propiedades físicas, químicas y biológicas presentan índices de calidad:
Parcela de cacao: infiltración con índice de calidad Alto (14,5cm/h), textura con índice de calidad Medio (franco limoso), resistencia a la penetración con índice de calidad Alto (1,65kg/cm²), densidad aparente con índice de calidad Bajo (1,22g/cm³), grado de acidez o pH con índice de calidad Medio (5,16), materia orgánica del suelo con índice de calidad Bajo (0,93%), nitrógeno con índice de calidad Bajo (0,05%), fósforo con índice de calidad Bajo (5,32mg/kg⁻¹), Potasio con índice de calidad Bajo (0,13cmol/kg⁻¹), calcio con índice de calidad Bajo (2,09cmol⁽⁺⁾/kg⁻¹), magnesio con índice de calidad Bajo (0,25cmol⁽⁺⁾/kg⁻¹), indicador biológico con índice de calidad Bajo (16,6 und/0,0625m²).
 - a. Parcela de plátano: infiltración con índice de calidad Alto (15,5cm/h), textura con índice de calidad Alto (franco arenoso), resistencia a la penetración con índice de calidad Alto (1,55kg/cm²), densidad aparente con índice de calidad Bajo (1,22g/cm³), grado de acidez o pH con índice de calidad Medio (5,10), materia orgánica del suelo con índice de calidad Bajo (0,79%), nitrógeno con índice de calidad Bajo (0,04%), fósforo con índice de calidad Bajo (4,87mg/kg⁻¹), potasio con índice de calidad Bajo (0,15cmol/kg⁻¹), calcio con índice de calidad Bajo (1,44cmol⁽⁺⁾/kg⁻¹), magnesio con índice de calidad Bajo (0,18cmol⁽⁺⁾/kg⁻¹), indicador biológico con índice de calidad Medio (64,20und/0,0625m²).
 - b. Parcela de coca: infiltración con un índice de calidad Medio (4,5cm/h), textura con un índice de calidad Bajo (arcilloso), resistencia a la penetración con un índice de calidad Medio (3,20kg/cm²), densidad aparente con un índice de calidad Bajo (1,13g/cm³),

grado de acidez o pH con un índice de calidad Bajo (4,18), materia orgánica del suelo con un índice de calidad Bajo (0,63%), nitrógeno con un índice de calidad Bajo (0,03%), fósforo con un índice de calidad Bajo (4,14mg/kg⁻¹), potasio con un índice de calidad Bajo (0,17cmol/kg⁻¹), calcio con un índice de calidad Bajo (1,33cmol⁽⁺⁾/kg⁻¹), magnesio con índice de calidad Bajo (0,14cmol⁽⁺⁾/kg⁻¹), indicador biológico con un índice de calidad Bajo (10,60und/0,0625m²).

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. La variabilidad estacional de cada cultivo es diferente, por lo tanto, los muestreos de cada sistema serán en diferentes épocas, esto se realiza con el propósito de mejorar el rendimiento del cultivo, para ello se deberá realizar, en los cultivos anuales dos meses antes de la siembra (muestreo, análisis e interpretación y compra de los fertilizantes tomará tiempo), en los cultivos perennes se deberá realizar dos meses antes de la floración.
2. Para determinar la calidad del suelo no bastará con evaluar propiedades fisicoquímicos y biológicos, tendrá que cumplir ciertas condiciones 1. describir los procesos del ecosistema; 2. integrar propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo; 2. reflejar los atributos de sostenibilidad que se quieren medir; 4. ser sensitivas a variaciones de clima y manejo; 4. ser accesibles a muchos usuarios y aplicables a condiciones de campo; 5. ser reproducibles; 6. ser fáciles de entender; 7. ser sensitivas a los cambios en el suelo que ocurren como resultado de la degradación antropogénica; 8. cuando sea posible, ser componentes de una base de datos del suelo ya existente.
3. El estudio en desarrollo fue describir independientemente cada variable de las propiedades del suelo, ahora para seguir avanzando con el estudio el siguiente paso sería relacionar variables de dos en dos y se analizará la dependencia probabilística.

VII. REFERENCIAS

- Abi-Saab, R. (2012). *Evaluación de la calidad del suelo, en el sistema productivo orgánico La Estancia, Madrid, Cundinamarca, 2012. Utilizando indicadores de Calidad de Suelos*. [Tesis pregrado, Pontificia Universidad Javeriana]: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8990/AbiSaabArriecheRosana2012.pdf?sequence=1>
- AGROBANCO (créditos a los pequeños productores agropecuarios del Perú). (2011). *Guía Técnica, Curso – Taller, Manejo Integrado del Cultivo de Plátano*. Jornada de capacitación UNALM – AGROBANCO. 33 p.
- Álvaro, G. J. (2019). *Técnico Laboratorio Fertibox*. Fertibox análisis agrícola. <https://www.fertibox.net/single-post/macronutrientes-del-suelo>
- Anderson, J. M., Ingram, J. S. I. (1993). *Tropical soil biology and fertility a handbook of methods*. (2nd ed.) C·A·B International.
- Ansorena, J. (1995). El Suelo en la Agricultura y el Medio Ambiente. Fertilidad del Suelo: Acidez y Complejo de Cambio, *SUSTRAL*, 36, 40-46.
- Arshad, M. A., Coen, G. M. (1992). Characterization of soil quality: physical and chemical criteria. *American J. Alternative Agriculture*, 7, 25.
- Atlas, R., Bartha, R. (2001). *Ecología microbiana y microbiología ambiental*. 4ta. ed. Addison Wesley. Madrid, España. 677 p.
- Baca Zuta, D. A. (2019). *Las regiones Geográficas del Perú, clasificación y teorías diversas. Aplicación Didáctica*. [Examen de suficiencia, Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle]: <https://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/UNE/4337/Las%20regiones%20geogr%E1fica%20del%20Per%FA.pdf?sequence=5>
- Bandick, A. K., Dick, R. P. (1999). Field management effects on soil enzyme activities. *Soil Biology and Biochemistry*, 31, 1471-1479.
- Bautista Zúñiga, F., Palacio Prieto, J. L., Delfín González, H., Paéz Bistrain, R., Carmona Jiménez, E., Delgado Carranza, M. C. (2011). *Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales*. Segunda edición, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía Universidad Nacional Autónoma de México. 770 p.
- Batista, L. (2009). *Guía Técnica el Cultivo de Cacao en la República Dominicana*. Santo Domingo, República Dominicana. CEDAF. 250 p.

- Cabria, F., Calandroni, M., Monterubbianesi, G. (2002). Tamaño y estabilidad de agregados y su relación con la conductividad hidráulica saturada en suelos bajo labranza convencional y praderas. *Ciencia del Suelo*, 20(2), 69-80. https://www.suelos.org.ar/publicaciones/vol_20n2/cabria_69-80.pdf
- Cantú, M., Becker, A., Bedano, J., Schiavo, H. (2007). Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices. *Ciencia del Suelo*, 25, 173-178.
- Curry, J. P. (1998). *Factors affecting earthworm abundance in soils*. In: C.A. Edwards (ed.) *Earthworm ecology*. CRC press, Boca Raton. P.37-64.
- De la Rosa, D. (2005). Soil quality and monitoring based on land evaluation. *Land Degradation & Development*, 16, 551-559.
- Doran, J., Lincoln, N. (1999). *Guía para la evaluación de la calidad del suelo*. USDA, <http://soils.usda.gov/sqi/informe>, 22 nov. 2005
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2016). *Propiedades físicas del suelo*. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2008). *Cuestiones de género e igualdad en la producción de biocombustibles líquidos – Minimizar los riesgos y maximizar las oportunidades*.
- Fernández-Ojeda, P. R., Acevedo, D. C., Villanueva-Morales, A., Uribe-Gómez, M. (2016). Estado de los elementos químicos esenciales en suelos de los sistemas natural, agroforestal y monocultivo. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 7(35), 65-77.
- Flores Delgadillo, L., Alcalá Martínez, J. R. (2010). *Manual de procedimientos analíticos. Laboratorio de Física de Suelos*. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://www.geologia.unam.mx/igl/deptos/edafo/lfs/MANUAL%20DEL%20LABORATORIO%20DE%20FISICA%20DE%20SUELOS1.pdf>
- Fok, Y. S., Chung, S. O. (1987). *Infiltration development and application needs*. En: Y-S. Fok *Infiltration: principles and practices*. International Conference on Infiltration Development and Application, Post-Conference Proceedings. Water Resources Research Center, University of Hawaii at Manoa. Honolulu, Estados Unidos. 184 p.
- García, Y., Ramírez, W., Sánchez, S. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y Forrajes*, 35(2), 125-138. <https://www.redalyc.org/pdf/2691/269125071001.pdf>

- Gil-Stores, F., Trasar-Cepeda, C., Leiros, M. C., Seoane, S. (2005). Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties. *Soil Biology and Biochemistry*, 37, 877-887.
- Gregorich, E. G. (1994). Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Canadian J. Soil Science*, 74:367.
- Hildenbrand, E., Thurian, G. (1996). *Bodenprobenahme und bewertung von bodenkontaminationen*. Expert Verlag, Malmsheim, Germany. Kontakt y Studium, Band 507.
- Karlen, D., Eash, N., Unger, P. (1992). Soil and crop management effects on soil quality indicators. *American Journal of Alternative Agriculture*, 7, 48-56.
<https://doi.org/10.1017/S0889189300004458>
- Karlen, L., Mausbach, M., Doran, J., Cline, F., Harris, E. (1997). Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation. *Soil sci*, 61, 4–10.
- López, A. 2005. *Manual de Edafología. Notas de Clases*. Universidad de Sevilla. En <http://www.scribd.com/doc/51630897/46/Calculo-de-la-porosidad>
- Luters, J. C., Salazar, J. P. (1999). *Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo*. Buenos Aires: United States Department of Agriculture, CRN-CNIA-INTA. 88 p.
- Malagon, D., Pulido, C., Llinas, R. D., Chamorro, C. (1995). *Los suelos de Colombia*. Bogotá, D.C.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Masera, O. (1999). *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: el marco de evaluación MESMIS*. GIRA. Mundi-Prensa e Instituto de Ecología-UNAM. México. 109 p.
- Muñoz, D. J., Ferreira, M., Escalante, I. B., López, J. (2013). *Relación entre la cobertura del terreno y la degradación física y biológica de un suelo aluvial en una región semiárida*. *Terra Latinoamericana*, 31(3), 201-210.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57328903004>
- Navarrete, A., Vela, G., López, J., Rodríguez, M. L. (2011). Naturaleza y utilidad de los indicadores de calidad del suelo. *Revista Contactos*, 80, 29-37.
- Nars, H. M., Seles, F. (1995). Seedling emergence as influence by aggregate size, bulk density, and penetration resistance of the seedbed. *Soil Tillage*, 34, 61-76.
- Nannipieri, P. (2003). *Microbial diversity and soil functions*. *European Journal of Soil Science*. 54:655.
- Novillo, I. D., Carrillo, M. D., Cargua, J., Nabe, V., Albán, K. E., Morales, F. L. (2018). Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los

- Ríos, Ecuador. *Dialnet*, 23(2), (177-187).
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6587923>
- Ortega, D. (1995). *Consideraciones generales para interpretar análisis de suelos*. En: *Suelos de Colombia, origen, evolución, clasificación, distribución y uso*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá. 423 p.
- Paudel, B. R., Udawatta, R. P., Anderson, S. H. (2011). Agroforestry and grass buffer effects on soil quality parameters of grazed pasture and row-crop systems. *Applied Soil Ecology*, 48, 125-132.
- Paudel, B. R., Udawatta, R. P., Kremer, J. R., Anderson, S. H. (2012). Soil quality indicator responses to row crop, grazed pasture, and agroforestry buffer management. *Agroforestry Systems*, 84, 311-323.
- Parr, J., Papendick, R., Hornick, S., Meyer, R. (1992). Soil quality: Attributes and relationship to alternative and sustainable agriculture. *American Journal of Alternative Agriculture*, 7, 5-11.
- Pérez, M. A. (2010). *Sistema agroecológico rápido de evaluación de calidad de suelo y salud de Cultivos*. Guía metodológica. Corporación Ambiental Empresarial. Bogotá, Colombia.
- Porta, J. (2003). *Edafología: para la agricultura y el medio ambiente*. 3ra. ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 929 p
- Prieto-Méndez, J., Prieto-García, F., Acevedo-Sandoval, O. A., Méndez-Marzo, M. A. (2013). Indicadores e índices de calidad de los suelos (ICS) cebaderos del sur del estado de Hidalgo, México. *Agronomía Mesoamericana*, 24(1), 83-91.
- Quichimbo, P., Tenorio, G., Borja, P., Cárdenas, I., Crespo, P., Célleri, R. (2012). Efectos sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos por el cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo: páramo de Quimsacocha al sur del Ecuador. *Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo*, 42(2), 138-153.
- Ramírez, M. (2004). *Indicadores de estado: factores biológicos que limitan la calidad agrícola de los suelos*. En: Primer Taller Nacional sobre indicadores de calidad de suelo. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Palmira, Colombia
- Restrepo, J. (2020, 2 de julio). *Cómo preparar hoyos para la siembra de árboles (Frutales y forestales)* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=52BCX458WuE>
- Schaetzl, R. J., Anderson, S. (2005). *Soils: Genesis and geomorphology*. Cambridge University Press.

- SENAHMI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú) – Huánuco. 2021. *Pronóstico por hora-Distrito de Monzón, Departamento de Huánuco, Perú*. <https://weather.com/es-GT/tiempo/horario/1/Distrito+de+Monz%C3%B3n+Departamento+de+Hu%C3%A1nuco+Per%C3%BA?canonicalCityId=bd7a0af0f71deba96d2b5bd1806e884e2965ba81b7094d57cbb3d49aa809919a>
- Schoenholtz, S. H., Van Miegroet, H., Burger, J. A. (2000). A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. *Forest Ecology and Management*, 138(1-3), 335-356. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00423-0](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00423-0)
- Silva, A. (2000). *La materia orgánica del suelo*. Notas. Técnicas N° 16. Facultad de Agronomía. Uruguay. 16 p.
- Supo, J., Zacarías, H. (2020). *Metodología de la investigación científica* (3ra ed.). Bioestadístico EEDU EIRL.
- SQI (Soil Quality Institute). (1996b). *Soil quality indicators: Organic matter*. Auburn: USDA Natural Resources Conservation Service, Soil Quality Institute, Agricultural Research Service. 2 p.
- Quiroga, A., Funaro, D. (2004). *Materia orgánica. Factores que condicionan su utilización como indicador de calidad en Molisoles, de las Regiones Semiárida y Subhúmeda Pampeana*. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Actas. 476 p.
- USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos). (1999a). *Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo*. Instituto de Suelos CRN – CNIA – INTA. https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051913.pdf
- USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos). (1999b). *Soil quality test kit guide*. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Services, Natural Resources Conservation Service, Soil Quality Institute. Washington, DC, USA.
- USDA-NRCS (United State Department of Agriculture - Natural Resources Conservation Service). (1999). *Soil quality test kit*. Section II: Background and interpretive guide for individual tests. Washington DC: Soil Quality Institute. p. 58-83.
- Vallejo, V., Roldan, F., Dick, R. P. (2010). Soil enzymatic activities and microbial biomass in an integrated agroforestry chronosequence compared to monoculture and a native forest of Colombia. *Biology and Fertility of Soils*, 46, 577-587.

- Vallejo, V. (2012). *Efecto del establecimiento de sistemas silvopastoriles sobre la comunidad microbiana edáfica (total y de bacterias oxidadoras de amonio) en la Reserva Natural*. [Tesis Doctoral, Pontificia Universidad Javeriana] Bogotá 239 p.
- Vallejo-Quintero, V. E. (2013). Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos mediante el componente microbiano: experiencias en sistemas silvopastoriles. *Colombia Foresta*, 16(1), 83 – 99. <http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v16n1/v16n1a06.pdf>
- Vandermeer, J. H. (2011). *The Ecology of Agroecosystems*. by Jones and Barlett Publishers. Massachussetts, USA.
- Vepraskas, M. J. (1994). *Plant response mechanisms to soil compactation*. In Wilkinson, RE. ed. Plant-environment interaction. New York. 287 p.
- Villagaray, S. M. (2014). Recuperación de terrenos degradados por el cultivo de coca (*erythroxylon coca*) En VRAEM, Perú, con aplicación de Tecnología Agroforestal. *ACTA NOVA*, 6(3), 210-224.
- Wang, Q., Liu, J., Wang, Y., Guan, J., Liu, Q., Lv, D. (2012). Land use effects on soil quality along a native wetland to cropland chronosequence. *European Journal of Soil Biology*, 53, 114 - 120.
- Yadav, R. S., Yadav, B. L., Chhipa, B. R., Dhyani, S. K., Munna, R. (2011). Soil biological properties under different tree based traditional agroforestry systems in a semiarid region of Rajasthan, India. *Agroforestry Systems*, 81, 191-201.

ANEXO

Anexo A. Tablas adicionales

Tabla 14. Índice de calidad del suelo, velocidad de Infiltración

Velocidad de infiltración	Rangos de calidad	ICS
Muy Lenta <1,5 cm/ hora	0 - 2	Bajo
Lenta, 1,5 - 5,0 cm/ hora	2 - 6	Medio
Moderada, 5,0— 15,5 cm/hora	8 - 10	Alto
Rápida, 15,5 - 50,0 cm/hora	8 - 6	Bajo
Muy rápida, > 50,0 cm/hora	6 - 3	Bajo

Modificado, Fuente: Abi-Saab, 2012 y Pérez, 2010.

Tabla 15. Índice de calidad del suelo, textura

	Valores	Apreciación	Rangos de calidad	ICS
	Franca	Ideal	10	Alto
	Franco arenosa	Buena	8 - 9	Alto
Textura (% de arena, limo y arcilla)	Aproximándose o dentro de Franco limosa, Franco arcillosa o Arenosa franca	Aceptable	4 - 7	Medio
	Aproximándose o dentro de limosa, arcillosa o Arenosa	Regular	1 - 3	Bajo

Modificado, Fuente: Abi-Saab, 2012.

Tabla 16. Índice de calidad del suelo, resistencia a la penetración

Apreciación	Valores	Rango de calidad	ICS
Muy resistente	4 - 4,5	3 - 5	Bajo
Resistente	2,6 - 4	6 - 8	Medio
Moderadamente resistente	0,5 - 2,6	9 - 10	Alto
Sin resistencia	0 - 0,5	1 - 2	Bajo

Modificado, Fuente: Pérez, 2010.

Tabla 17. Índice de calidad del suelo, Densidad aparente

	Valores	Apreciación	Rango de calidad	ICS
Densidad aparente - da (g/cm ³)	≤ 0,7	Bajo	9 - 7	Medio
	0,7 - 0,8	Ideal	10	Alto
	0,9 - 1,2	Alto	6 - 4	Bajo
	≥ 1,2	Muy alto	3 - 1	Bajo

Modificado, Fuente: Pérez, 2010.

Tabla 18. Índice de calidad del suelo, Grado de acidez del suelo pH

	Valores	Apreciación	Rango de calidad	ICS
pH Agua 1:1	≤ 4,5	Extremadamente ácido	1 - 2	Bajo
	4,6 - 5,5	Muy ácido	3 - 5	Medio
	5,6 - 6,0	Ácido	6 - 9	Medio
	6,1 - 7,3	Neutro (ideal)	10	Alto
	7,4 - 7,8	Alcalino	6 - 9	Medio
	7,9 - 8,4	Muy alcalino	3 - 5	Medio
	≥ 8,5	Extremadamente alcalino	1 - 2	Bajo

Modificado, Fuente: Abi-Saab, 2012 y Ortega, 1995.

Tabla 19. Índice de calidad del suelo, materia orgánica

	Valores (%)	Apreciación	Rango de calidad	ICS
Materia orgánica del suelo	< 2	Bajo	1 - 3	Bajo
	2 - 4	Medio	4 - 8	Medio
	> 4	Alto	9 - 10	Alto

Modificado, Fuente: Laboratorio análisis de suelos, agua y ecotoxicología UNAS 2021.

Tabla 20. Índice de calidad del suelo, nitrógeno total

	Valores (%)	Apreciación	Rango de calidad	ICS
Nitrógeno	< 0,1	Bajo	1 - 3	Bajo
	0,1 - 0,2	Medio	4 - 8	Medio
	> 0,2	Alto	9 - 10	Alto

Modificado, Fuente: Laboratorio análisis de suelos, agua y ecotoxicología UNAS 2021.

Tabla 21. Índice de calidad del suelo, fósforo disponible

	Valores (mg Kg ⁻¹)	Apreciación	Rango de calidad	ICS
Fósforo disponible (mg Kg ⁻¹)	< 10	Muy bajo	1 - 2	Bajo
	10 - 20	Bajo	3 - 4	Bajo
	20 - 30	Moderado	5 - 6	Medio
	30 - 40	Alta	7 - 8	Alto
	> 40	Muy alta	9 - 10	Alto

Modificado, Fuente: Abi-Saab, 2012 y Ortega, 1995.

Tabla 22. Índice de calidad del suelo, potasio disponible

	Valores (cmol Kg ⁻¹)	Apreciación	Rango de calidad	ICS
Potasio disponible (cmol Kg ⁻¹)	< 0,10	Muy bajo	1 - 2	Bajo
	0,10 - 0,20	Bajo	3 - 4	Bajo
	0,21 - 0,30	Moderado	5 - 6	Medio
	0,31 - 0,40	Alta	7 - 8	Alto
	> 0,40	Muy alta	9 - 10	Alto

Modificado, Fuente: Abi-Saab, 2012 y Ortega, 1995.

Tabla 23. Índice de calidad del suelo, calcio

	Valores (cmol ⁽⁺⁾ /Kg ⁻¹)	Apreciación	Rango de calidad	ICS
Calcio (cmol ⁽⁺⁾ /Kg ⁻¹)	< 2	Muy bajo	1 - 2	Bajo
	2 - 5	Bajo	3 - 4	Bajo
	5 - 10	Medio	5 - 8	Medio
	> 10	Alto	9 - 10	Alto

Modificado, Fuente: Biología fácil, 6 nov 2020 <https://www.youtube.com/watch?v=dabzehlp4i8>

Tabla 24. Índice de calidad del suelo, Magnesio

	Valores (cmol ⁽⁺⁾ /Kg ⁻¹)	Apreciación	Rango de calidad	ICS
Magnesio (cmol ⁽⁺⁾ /Kg ⁻¹)	< 0,5	Muy bajo	1 - 2	Bajo
	0,5 - 1,3	Bajo	3 - 4	Bajo
	1,3 - 3,0	Medio	5 - 8	Medio
	> 3,0	Alto	9 - 10	Alto

Modificado, Fuente: Biología fácil, 6 nov 2020 <https://www.youtube.com/watch?v=dabzehlp4i8>

Tabla 25. Datos del conteo directo de los indicadores biológicos macrofauna del suelo en el sistema de monocultivo cacao

Sistemas de monocultivos	Microorganismos (und/0,0625 m ²)		
	Isóptera	Himenópteros	Haplotaxida
Cacao (0 - 10)	4	10	14
	0	0	11
	4	0	3
	1	0	22
	0	0	14
Cacao (10 - 20)	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
Cacao (20 - 30)	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0

Tabla 26. Datos del conteo directo de los indicadores biológicos macrofauna del suelo en el sistema de monocultivo plátano

Sistemas de monocultivos	Microorganismos (und/0,0625 m ²)		
	Isóptera	Himenópteros	Haplotaxida
Platanal (0 - 10)	0	3	95
	0	0	130
	0	3	35
	0	20	9
	0	0	17
Platanal (10 - 20)	0	5	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
Platanal (20 - 30)	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0

Tabla 27. Datos del conteo directo de los indicadores biológicos macrofauna del suelo en el sistema de monocultivo coca

Sistemas de monocultivos	Microorganismos (und/0,0625 m ²)		
	Isóptera	Himenópteros	Haplotaxida
Coca (0 - 10)	4	5	0
	2	0	2
	8	7	0
	0	3	16
	2	1	3
Coca (10 - 20)	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
Coca (20 - 30)	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0

Anexo B. Panel de fotografías

Figura 10. Infiltración del suelo en el cultivo de *Theobroma cacao* L.



Figura 11. Monolito del suelo



Figura 12. Recolecta de macro fauna en una muestra del suelo

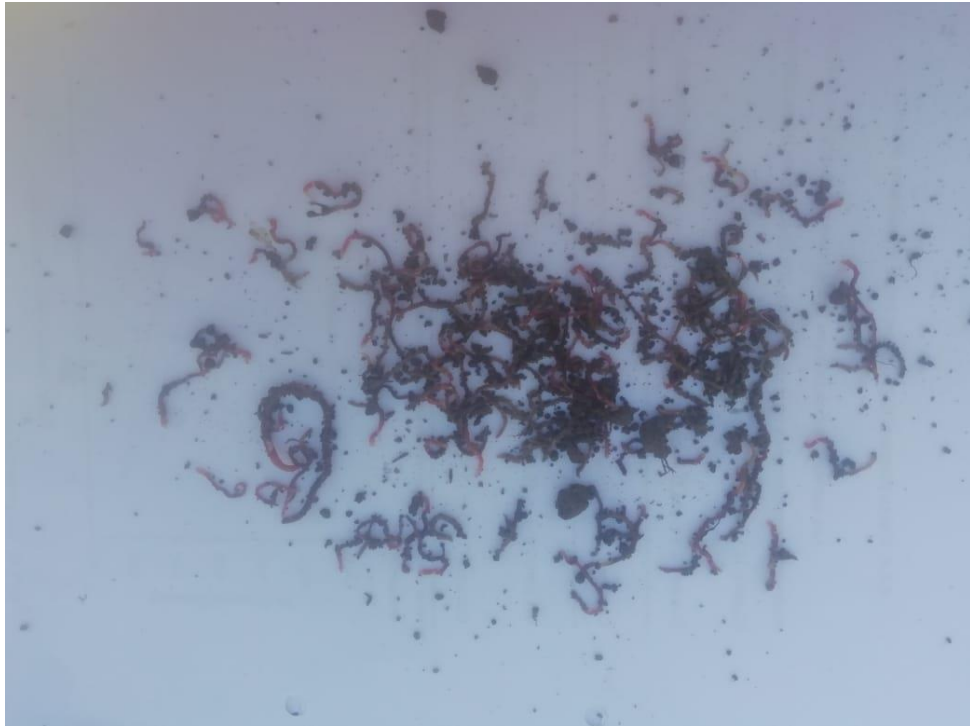


Figura 13. Macro fauna del suelo con presencia de isóptera, himenópteros y haplotaxida



Figura 14. Sistema de monocultivo de *Theobroma cacao* L. (cacao), con edad de 6 años



Figura 15. Sistema de monocultivo de *Musa x paradisiaca* (plátano), con dos años de edad



Figura 16. Medición de la resistencia a la penetración del suelo en sistemas de *Erythroxylum coca* (coca), con edad de dos 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

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE: MASGO PONCE SARA ROSALI										PROCEDENCIA: C.P. AGUA BLANCA - MONZON - HUAMALIES - HUANUCO											
N°	CODIGO DEL LAB.	DATOS		ANÁLISIS MECANICO			pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg					CICa	%	%	%
		REFERENCIA	CULTIVO	Arena	Arcilla	Limo							Ca	Mg	K	Na	Al				
1	S01065		CACAO	33	15	51	5.16	0.93	0.05	5.32	49.98	4.04	2.09	0.25	-	1.10	0.60	4.04	58	42	27
1	S01066		PLÁTANO	69	12	19	5.10	0.79	0.04	4.87	59.97	3.12	1.44	0.18	-	1.30	0.20	3.12	52	48	42
1	S01067		COCA	21	46	33	4.18	0.69	0.03	4.14	64.97	7.97	1.33	0.14	-	6.20	0.30	7.97	18	82	78

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
RECIBO No. 0638413
TINGO MARIA, 09 DE DICIEMBRE 2021





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo Maria - CELULAR 944407531

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

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE: MASGO PONCE SARA ROSALI		PROCEDENCIA: C.P. AGUA BLANCA - MONZON - HUAMALIES - HUANUCO																			
N°	CODIGO DEL LAB.	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO			pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg					CICe	%	%	%
		REFERENCIA	CULTIVO	Arena	Arcilla	Limo							Ca	Mg	K	Na	Al				
1	S1065-2		CACAO	33	14	53	5.12	1.02	0.05	5.33	52.83	3.93	2.08	0.26	--	1.20	0.40	3.93	59	41	31
2	S1066-2		PLÁTANO	67	12	21	5.08	0.97	0.05	4.64	61.72	2.89	1.29	0.18	--	1.20	0.22	2.89	51	49	42
3	S1067-2		COCA	25	42	33	4.27	0.79	0.04	3.95	66.02	7.58	1.25	0.13	--	6.00	0.20	7.58	18	82	79

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

RECIBO No. 0666897

TINGO MARIA, 09 DE DICIEMBRE 2021

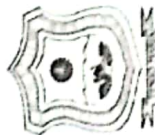
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo Maria

[Firma]

DR. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI

1416 Lab. 2107-6 de Av. 25 de Agosto, Agua y Ecotoxicología





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Suelos, Agua y Ecotoxicología

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

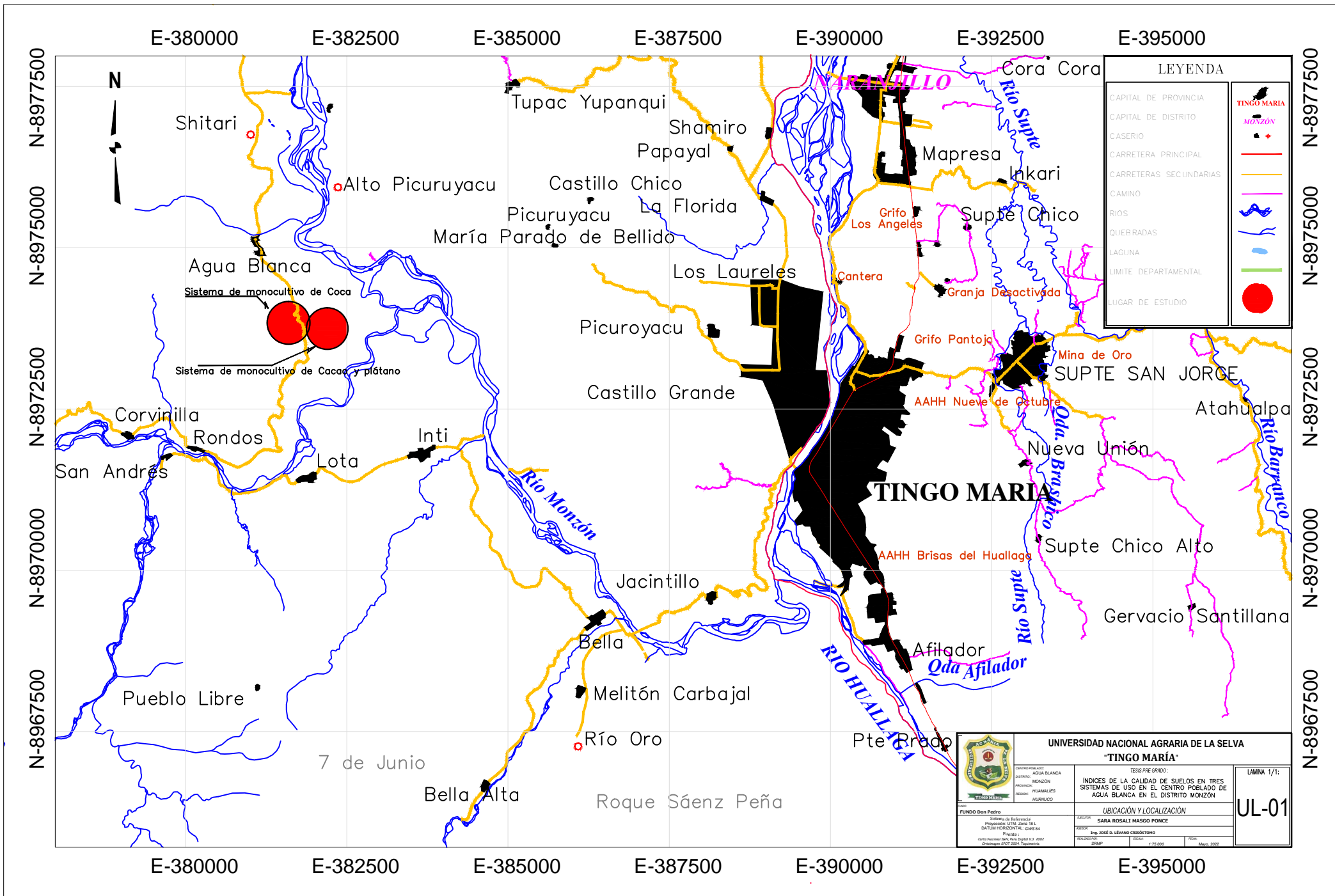
SOLICITANTE: MASGO PONCE SARA ROSALI										PROCEDENCIA: C.P. AGUA BLANCA - MONZON - HUAMALIES - HUANUCO															
N°	CODIGO DEL LAB.	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO			pH	M.O.	N	P	K		CIC	CAMBIABLES Cmol(+) / kg					CiCe	%	Bas. Camb.	%	Ac. Camb.	%	Sat. AI
		REFERENCI	CULTIVO	Arena	Arcilla	Limo					disponible	ppm		ppm	Ca	Mg	K	Na							
1	S1065-3		CACAO	35	15	50	5.17	0.97	0.05	5.56	53.43	4.12	2.11	0.27	-	1.19	0.56	4.12	58	42	29				
2	S1066-3		PLÁTANO	66	12	22	5.11	0.79	0.04	4.75	65.47	2.89	1.34	0.17	-	1.25	0.13	2.89	52	48	43				
3	S1067-3		COCA	23	44	33	4.16	0.88	0.04	4.18	65.37	7.19	1.28	0.13	-	5.45	0.33	7.19	20	80	76				

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
RECIBO No. 0666897
TINGO MARIA, 09 DE DICIEMBRE 2021

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María



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



LEYENDA	
CAPITAL DE PROVINCIA	TINGOMARIA
CAPITAL DE DISTRITO	MONZÓN
CASERIO	
CARRETERA PRINCIPAL	
CARRETERAS SECUNDARIAS	
CAMINO	
RIOS	
QUEBRADAS	
LAGUNA	
LIMITE DEPARTAMENTAL	
LUGAR DE ESTUDIO	

	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA		LÁMINA 1/1:
	"TINGO MARÍA"		
FUNDOS: Don Pedro Sistema de Referencia: Proyección UTM, Zona 18 S, DATUM HORIZONTAL: GWG 84 Fecha: 2022 Carta Nacional SNTA, Año Digital V.3, 2020 Copyright 2022 SNTA, Inc.	TESIS PRE GRADO: CENTRO PUEBLO: AGUA BLANCA DISTRITO: MONZÓN PROVINCIA: HUAMALÉES REGIÓN: HUÁNUCO	TÍTULO: INDICES DE LA CALIDAD DE SUELOS EN TRES SISTEMAS DE USO EN EL CENTRO POBLADO DE AGUA BLANCA EN EL DISTRITO MONZÓN	
UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN		AUTOR: SARA ROSALI MASGO PONCE Ing. JOSÉ D. LEVANO CRESOSTOMO	ESCALA: 1:75,000 FECHA: Mayo 2022