

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**CALIDAD AMBIENTAL DEL SUELO MEDIANTE INDICADORES EN LAS  
MICROCUENCAS HUIRA HUIRA, HUANGANCORAGRA, MALAGAYAN,  
CARHUACOCHA Y SUCCHACOCHA - HUACAYBAMBA - HUÁNUCO, 2024**

**Tesis**

**Para optar el grado de:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**Presentado por:**

**FLORES TAPULLIMA JOSE ANTONIO**

**Tingo Maria – Perú**

**2025**



**ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N° 048-2025-FRNR-UNAS**

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 14 de abril de 2025, a horas 7 :30 a.m. en la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

**“CALIDAD AMBIENTAL DEL SUELO MEDIANTE INDICADORES EN LAS MICROCUENCAS HUIRA HUIRA, HUANGANCORAGRA, MALAGAYAN, CARHUACOCHA Y SUCCHACOCHA- HUACAYBAMBA- HUÁNUCO, 2024”**

Presentado por el Bachiller: FLORES TAPULLIMA, JOSE ANTONIO, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de “MUY BUENA”.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 28 de abril de 2025

Mcblgo. MSc. LUIS ALBERTO SANCHEZ ROMERO  
PRESIDENTE

Ing. MSc. ALBERTO FRANCO CERNA CUEVA  
MIEMBRO

Ing. MSc. MARIBEL FLORA ROCA CAPCHA  
MIEMBRO



Dr. LUIS EDUARDO ORE CIERTO  
ASESOR



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

## CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 128 - 2025 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación 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).

Programa de Estudio:

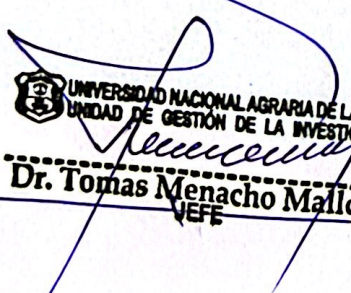
Ingeniería Ambiental

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
CALIDAD AMBIENTAL DEL SUELO MEDIANTE INDICADORES EN LAS MICROCUENCAS HUIRA, HUANGANCORAGRA, MALAGAYAN, CARHUACocha Y SUCCHACocha - HUACAYBAMBA - HUÁNUCO, 2024	FLORES TAPULLIMA JOSE ANTONIO	09 % Nueve

Tingo María, 12 de mayo de 2025

  
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN  
Dr. Tomas Menacho Mallqui  
JEFE

# **UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

## **FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

### **ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL**



#### **CALIDAD AMBIENTAL DEL SUELO MEDIANTE INDICADORES EN LAS MICROCUENCAS HUIRA HUIRA, HUANGANCORAGRA, MALAGAYAN, CARHUACOA Y SUCCHACOA - HUACAYBAMBA - HUÁNUCO, 2024**

Autor	: Flores Tapullima, Jose Antonio
Asesor	: Dr. Ore Cierro Luis Eduardo
Área de investigación	: Gestión Ambiental - PICSDS
Grupo de investigación	: Gestión Ambiental
Línea de investigación	: Gestión de la contaminación
Lugar de ejecución	: Huacaybamba – Huánuco
Duración del trabajo	: 6 meses
Financiamiento	: S/.7,440.90
FEDU	: No
Propio	: Si
Otros	: No

**Tingo Maria – Perú, 2025**



# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA


Tingo María

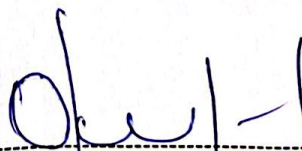
## VICERRECTORADO DE INVESTIGACION DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

"Promoviendo la Calidad de la Investigación"

### REGISTRO DE PROYECTO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO UNIVERSITARIO

**Universidad** : Universidad Nacional Agraria de la Selva  
**Facultad** : Facultad de Recursos Naturales Renovables  
**Escuela Profesional** : Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental  
**Título de Tesis** : CALIDAD AMBIENTAL DEL SUELO MEDIANTE INDICADORES EN LAS MICROCUENCAS HUIRA HUIRA, HUANGANCORAGRA, MALAGAYAN, CARHUACOCHA Y SUCCHACOCHA - HUACAYBAMBA - HUÁNUCO, 2024  
**Objetivo General** : Determinar la calidad ambiental del suelo mediante indicadores en las microcuencas Huirá Huirá, Huangancoragra, Malagayan, Carhuacocha y Succhacocha - Huacaybamba - Huánuco, 2024.  
**Autor de la Tesis** : Flores Tapullima, Jose Antonio  
**DNI** : 76211371  
**Correo Electrónico** : jose.flores@unas.edu.pe  
**Asesores de Tesis** : Dr. Ore Cierzo Luis Eduardo  
**Área de Investigación** : Gestión Ambiental - PICSDS  
**Grupo de Investigación** : Gestión Ambiental  
**Línea de Investigación** : Gestión de la contaminación  
**Lugar de Ejecución** : Huacaybamba – Huánuco  
**Fecha de inicio** : 20/12/2024  
**Fecha de termino** : 14/04 /2025  
**Presupuesto** : S/. 7,440.90  
**Financiamiento** : Propio ( x )      FEDU ( )      Externo ( )

  
-----  
Jose Antonio Flores Tapullima  
Tesista

  
-----  
Dr. Luis Eduardo Cierzo Ore  
Asesor

## DEDICATORIA

Expreso gratitud a Dios por su amor incondicional, brindándome sustento cada día, impartíendome fortaleza, iluminando mi camino y guiándome hacia el éxito en todos mis propósitos.

A mis queridos padres Martín Flores y Ani Tapullima, por su amor inquebrantable, sus sabios consejos, comprensión y la confianza depositada en mí, para lograr mi formación profesional.

A mi hermana Yadira Flores, cuyo apoyo incondicional ha sido mi fortaleza en los momentos más desafiantes. Gracias por inculcarme perseverancia y resiliencia, valores que me han guiado para superar obstáculos y alcanzar todos los objetivos establecidos.

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi gratitud a Dios por otorgarme la existencia, por permanecer a mi lado siempre y por ser mi fiel orientador, conduciéndome por el camino adecuado para alcanzar mis metas. Velar por mi familia y aportar prosperidad a mi hogar con bendiciones es mi deber.

Quiero expresar mi gratitud hacia mi alma mater, la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por permitirme crecer tanto en el ámbito académico como en el profesional, especialmente agradezco a mi asesor, Dr. Luis Eduardo Ore Cierzo, por su apoyo constante y comprensión a lo largo de la realización de mi tesis. También deseo agradecer a los integrantes del tribunal por sus recomendaciones, revisión, dedicación y amabilidad.

También quiero agradecer a mis compañeros de estudio y amigos Francisco Julca, Rolin Aquino y Joseph Robles, quienes compartieron conmigo este camino, brindándome apoyo emocional, intercambiando ideas y ayudándome a superar los retos del proceso.

## INDICE

	<b>Página</b>
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Objetivos .....	2
1.1.1. Objetivo general .....	2
1.1.2. Objetivos específicos .....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Antecedentes .....	3
2.2. Marco Teórico.....	8
2.2.1. Calidad .....	8
2.2.2. Calidad ambiental.....	8
2.2.3. Suelo.....	8
2.2.4. Textura del suelo .....	9
2.2.5. pH.....	9
2.2.6. Materia orgánica.....	9
2.2.7. Carbono (C).....	9
2.2.8. Nitrógeno (N) .....	9
2.2.9. Calcio (Ca) .....	9
2.2.10. Cadmio (Cd).....	10
2.2.11. Potasio (K) .....	10
2.2.12. Índice de calidad ambiental.....	10
2.2.13. Medición de la calidad de suelo .....	10
2.2.14. Calidad de suelo .....	11
2.2.15. Indicadores de calidad de suelo.....	11
2.2.16. Indicadores físicos.....	11
2.2.17. Indicadores químicos .....	11
2.2.18. Indicadores biológicos .....	12
2.2.19. Estándares de calidad ambiental para el suelo .....	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	13
3.1. Lugar de ejecución .....	13

3.1.1.	Ubicación política de la zona de estudio.....	13
3.1.2.	Ubicación geográfica y límites de estudio .....	13
3.1.3.	Clima .....	15
3.1.4.	Vegetación.....	16
3.1.5.	Temperatura .....	17
3.1.6.	Precipitación.....	17
3.2.	Materiales y equipos .....	17
3.2.1.	Materiales .....	17
3.2.2.	Software .....	17
3.2.3.	Equipos.....	17
3.3.	Criterio y análisis del estudio.....	18
3.3.1.	Nivel de investigación.....	18
3.3.2.	Tipo de investigación .....	18
3.3.3.	Método de investigación .....	18
3.3.4.	Operacionalización de variables .....	19
3.3.5.	Diseño de investigación .....	19
3.3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	20
3.3.7.	Análisis de datos .....	20
3.4.	Metodología .....	21
3.4.1.	Determinar de los parámetros físicos del suelo: porcentaje de arena, limo y arcilla.....	21
3.4.2.	Determinar los parámetros fisicoquímicos del suelo: pH, materia orgánica, nitrógeno, fosforo, potasio, cadmio, capacidad de intercambio catiónico (CIC), conductividad eléctrica, calcio, magnesio, aluminio, hidrogeno, cadmio y oxido de potasio. ....	22
3.4.3.	Determinar el índice de calidad ambiental del suelo en las microcuencas Huira Huira, Huangancoragra, Malagayan, Carhuacocha y Succhacocha. ....	23
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	26
4.1.	Determinación de los parámetros físicos del suelo: porcentaje de arena, limo y arcilla.....	26

4.2. Determinación de los parámetros químicos del suelo: pH, materia orgánica, nitrógeno, fosforo, potasio, cadmio, capacidad de intercambio catiónico (CIC), conductividad eléctrica, calcio, magnesio, aluminio, hidrogeno, cadmio y oxido de potasio. ....	30
4.3. Determinación del índice de calidad ambiental del suelo en las microcuencas Huiru Huiru, Huangancoragra, Malagayan, Carhuacocha y Succhacocha. ....	39
V. CONCLUSIONES .....	47
VI. PROPUESTAS A FUTURO .....	48
VII. REFERENCIAS .....	49
VIII. ANEXOS .....	54

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Página</b>
1. Coordenadas geográficas en UTM del distrito Huacaybamba y Cochabamba .....	14
2. Área y perímetro de las microcuencas.....	15
3. Operacionalización de variables .....	19
4. Indicadores físicos.....	22
5. Indicadores químicos.....	23
6. Indicadores propuestos para evaluación de calidad de suelos (ICS).....	24
7. Niveles índices de calidad de suelo (ICS) .....	25
8. Resultado de porcentaje de arena, limo, arena y clase textural de la microcuenca de Huangancoragra.....	26
9. Resultado de porcentaje de arena, limo, arena y clase textural de la microcuenca de Malagayan.....	26
10. Resultado de porcentaje de arena, limo, arena y clase textural de la microcuenca de Carhuacochoa.....	27
11. Resultado de porcentaje de arena, limo, arena y clase textural de la microcuenca de Huirra Huirra.....	28
12. Resultado de porcentaje de arena, limo, arena y clase textural de la microcuenca de Succhacochoa.....	29
13. Resultado de indicadores químicos de la microcuenca de Huangancoragra.....	30
14. Resultado de indicadores de fertilidad de suelo de la microcuenca de Huangancoragra.....	31
15. Resultado de indicadores químicos de la microcuenca de Malagayan.....	31
16. Resultado de indicadores de fertilidad de suelo de la microcuenca de Malagayan.....	32
17. Resultado de indicadores químicos de la microcuenca de Carhuacochoa.....	33
18. Resultado de indicadores de fertilidad de suelo de la microcuenca de Carhuacochoa.....	33
19. Resultado de indicadores químicos de la microcuenca de Huirra Huirra.....	34
20. Resultado de indicadores de fertilidad de suelo de la microcuenca de Huirra Huirra.....	35
21. Resultado de indicadores químicos de la microcuenca de Succhacochoa.....	36
22. Resultado de indicadores de fertilidad de suelo de la microcuenca de Succhacochoa.....	36
23. Microcuenca de Huangancoragra normalizados.....	39
24. Microcuenca de Malagayan normalizados .....	39
25. Microcuenca de Carhuacochoa normalizados .....	40
26. Microcuenca de Huirra Huirra normalizados.....	41

<b>27.</b> Microcuenca de Succhacocha normalizados .....	42
<b>28.</b> ICS de la Microcuenca de Huangancoragra .....	43
<b>29.</b> ICS de la Microcuenca de Malagayan .....	43
<b>30.</b> ISC de la Microcuenca de Carhuacocha.....	44
<b>31.</b> ICS de la Microcuenca de Huiru Huiru .....	44
<b>32.</b> ICS de la Microcuenca de Succhacocha.....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1. Mapa de ubicación política del distrito de Huacaybamba y Cochabamba.....	13
2. Diseño de investigación no experimental.....	19
3. Con la autoridad del Centro poblado menor de Chichipon .....	54
4. Recojo de muestras.....	54
5. Rotulación de muestras.....	55
6. Realizando la excavación para la calicata .....	55
7. Toma de punto de coordenadas .....	56
8. Recorrido de las zonas.....	56
9. Calicata del lugar de Shiracayoc .....	57
10. Calicata del lugar de Independencia de Coyta.....	58
11. Calicata del lugar de Pirushto.....	59
12. Resultados del Laboratorio de Análisis de suelos, Agua y Ecotoxicología de la Microcuenca Huangancoragra .....	60
13. Resultados del Laboratorio de Análisis de suelos, Agua y Ecotoxicología de la Microcuenca Malagayan.....	61
14. Resultados del Laboratorio de Análisis de suelos, Agua y Ecotoxicología de la Microcuenca Carhuacochoa.....	62
15. Resultados del Laboratorio de Análisis de suelos, Agua y Ecotoxicología de la Microcuenca Huirra Huirra y Succhacochoa .....	63
16. Delimitación de las Microcuencas de Huangancoragra, Malagayan, Carhuacochoa, Huirra Huirra y Succhacochoa. ....	64
17. Puntos de coordenadas de las muestras .....	65
18. Mapa de Cobertura Vegetal.....	66
19. Mapa de Clasificación de Suelos.....	67

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar la calidad ambiental del suelo mediante indicadores en las microcuencas Huirá Huirá, Huangancoragra, Malagayan, Carhuacocha y Succhacocha - Huacaybamba - Huánuco. Se determinaron el índice de calidad de suelo de las diferentes microcuencas de cada localidad. Se determinaron los parámetros físicos del suelo mediante la clasificación textural, los parámetros fisicoquímicos en el laboratorio de calidad de suelo de la UNAS y se determinó la calidad del suelo mediante el índice de calidad ambiental del suelo. Los resultados mostraron una clase textural de suelo franco arenoso y franco arcilloso en las microcuencas, los parámetros fisicoquímicos, los niveles de materia orgánica (MO) varían entre 1.96% y 5.04%, el nitrógeno (N) oscila entre 0.10% y 0.25%, y el carbono (C) entre 1.14% y 2.92%. Los niveles de calcio (Ca) están entre 1.40 y 5.24 ppm, fósforo (P) entre 2.55 y 17.45 ppm, y potasio (K) entre 0.09 y 0.43 ppm, con  $K_2O$  variando entre 27.78 y 597.63 ppm. El magnesio (Mg) se encuentra en un rango de 0.19 a 1.01 ppm, y el sodio (Na) entre 0.07 y 0.10 ppm, los niveles de aluminio (Al) oscilan entre 0.00 y 2.65 ppm, y el hidrógeno (H) entre 0.00 y 1.26 ppm y el índice de calidad de suelo es de baja calidad y muy baja calidad de las localidades de las microcuencas de Huacaybamba – Huánuco. Se concluyó determinando los parámetros físicos y fisicoquímicos del suelo y el índice de calidad de suelo siendo de baja calidad.

**Palabras clave:** Materia orgánica, calidad de suelo, microcuenca.

## ABSTRACT

The objective of this research was to determine the environmental quality of the soil through indicators in the micro-basins Huirá Huirá, Huangancoragra, Malagayan, Carhuacocha and Succhacocha - Huacaybamba - Huánuco. The soil quality index of the different micro-basins of each locality was determined. The physical parameters of the soil were determined through textural classification, the physicochemical parameters in the soil quality laboratory of UNAS and the soil quality was determined through the soil environmental quality index. The results showed a textural class of sandy loam and clayey loam soil in the micro-basins, the physicochemical parameters, the levels of organic matter (OM) vary between 1.96% and 5.04%, nitrogen (N) ranges between 0.10% and 0.25%, and carbon (C) between 1.14% and 2.92%. Calcium (Ca) levels are between 1.40 and 5.24 ppm, phosphorus (P) between 2.55 and 17.45 ppm, and potassium (K) between 0.09 and 0.43 ppm, with K<sub>2</sub>O varying between 27.78 and 597.63 ppm. Magnesium (Mg) is found in a range of 0.19 to 1.01 ppm, and sodium (Na) between 0.07 and 0.10 ppm, aluminum (Al) levels range between 0.00 and 2.65 ppm, and hydrogen (H) between 0.00 and 1.26 ppm and the soil quality index is low quality and very low quality of the localities of the micro-basins of Huacaybamba - Huánuco. It was concluded by determining the physical and physicochemical parameters of the soil and the soil quality index being of low quality.

**Keywords:** Organic matter, soil quality, micro-basin.

## I. INTRODUCCIÓN

Durante muchos años, la forma en que se ha manejado la silvicultura y la agricultura ha sido inadecuada, lo que ha llevado a una reducción constante de la fertilidad del suelo (degradación del suelo) y a un aumento notable en la presencia de áreas forestales dañadas en los últimos tiempos. La tala de árboles en el distrito de Huacaybamba y Cochabamba, que abarca alrededor de 20,000 hectáreas, representa una de las principales preocupaciones ambientales que afecta no solo a estos distritos, sino a toda la región de Huánuco en la actualidad. La deforestación provoca la pérdida de suelo, la reducción del caudal, el incremento de eventos naturales como deslizamientos de tierra. Esta situación afecta tanto de forma directa como indirecta a la variedad de organismos microscópicos, pequeños animales y también a la vegetación y animales salvajes, poniendo en peligro la cadena alimentaria.

La falta de información científica dificulta entender de manera imparcial cómo se comporta el suelo en la región a través de diferentes estratos fisiográficos, ya que estos influyen en el entorno y la comunidad biológica del suelo. En la actualidad, se cuentan con procedimientos para medir la excelencia del terreno, con la finalidad de promover medidas y cambios en cuanto a este recurso natural, además de simplificar la toma de elecciones para llevar a cabo iniciativas medioambientales como la recuperación de ecosistemas, así como emprendimientos sostenibles que utilizan métodos limpios como los fertilizantes naturales, entre otras alternativas. Por lo tanto, esta investigación ayudará a ofrecer datos acerca de la condición del suelo en una capa fisiográfica de las montañas escarpadas de Huacaybamba y Cochabamba. Por lo tanto, en este estudio se plantea el siguiente problema: ¿En qué nivel se encuentra la calidad ambiental del suelo mediante indicadores en las microcuencas Huirá Huirá, Huangancoragra, Malagayan, Carhuacocha y Succhacocha - Huacaybamba - Huánuco, 2024?, y la hipótesis es que la calidad ambiental del suelo mediante indicadores es baja en las microcuencas Huirá Huirá, Huangancoragra, Malagayan, Carhuacocha y Succhacocha - Huacaybamba - Huánuco, 2024.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo general**

Determinar la calidad ambiental del suelo mediante indicadores en las microcuencas Huirá Huirá, Huangancoragra, Malagayan, Carhuacocha y Succhacocha - Huacaybamba - Huánuco, 2024.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Determinar los parámetros físicos del suelo: porcentaje de arena, limo y arcilla.
- Determinar los parámetros fisicoquímicos del suelo: pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, cadmio, capacidad de intercambio catiónico (CIC), Conductividad eléctrica, calcio, magnesio, aluminio, hidrógeno, cadmio y óxido de potasio.
- Determinar el índice de calidad ambiental del suelo en las microcuencas Huirá Huirá, Huangancoragra, Malagayan, Carhuacocha y Succhacocha.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Antecedentes

Núñez (2020), en su tesis “Análisis del efecto del uso del suelo en las propiedades físicas de textura y pH de la parcela 17 del km 52 de la carretera Iquitos - Nauta”, el propósito principal de la investigación consistió en examinar el impacto que tiene la utilización del suelo en las características de textura y nivel de acidez del terreno. Se realizó un estudio de tipo descriptivo y transversal para analizar la situación actual del terreno en el área de investigación, poniendo especial atención en su estructura y grado de acidez. Se realizaron cuatro excavaciones en la zona de investigación con un detallado nivel de estudio. Se estudiaron dos árboles en su entorno natural y otros dos en una plantación de 10 hectáreas. En la primera inspección, se descubrió una capa de suelo compuesta por arcilla franco con presencia de arena en el bosque nativo. En la segunda exploración del suelo, se descubrió que el suelo del bosque original tiene una composición de tipo arcilloso franco. En la parcela agrícola de la Calicata 3, se identificó un tipo de suelo franco arcilloso. En la parcela agrícola de la Calicata 4, el terreno presentaba igualmente características de franja arcillosa. El suelo arcilloso franco es la textura más común en el área de investigación.

Godoy (2022), en su tesis “Factores limitantes de la fertilidad de los suelos por unidades fisiográficas en la microcuenca de Quiullacocha- Santa María del Valle- Huánuco 2021”, Se evaluaron elementos físicos y químicos para determinar el grado de fertilidad en cada unidad. Se evaluará textura, pedregosidad, drenaje, pH, nitrógeno, fósforo y potasio. Se recolectaron datos, se realizó cartografía fisiográfica, se muestrearon suelos, se analizaron en laboratorio y se plasmaron los resultados en mapas temáticos. Tres categorías de unidades fisiográficas fueron reconocidas. Las Laderas de Montañas Empinadas (La\_dME) se caracterizan por tener una textura franco arenosa, un pH intensamente ácido y baja fertilidad, a pesar de niveles medios de materia orgánica y potasio. Por otro lado, el Abanico Aluvial Fuertemente Inclinado (Ab\_AFI) se distingue por su fertilidad reducida, pH ligeramente ácido y niveles bajos de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio. La fertilidad generalmente reducida en los suelos examinados demuestra que estas unidades constituyen la mayor parte de la microcuenca.

Öztürk, y Dengiz (2020), en su tesis “Evaluación y selección de microcuencas adecuadas para la agricultura orgánica en condiciones de ecosistemas subhúmedos “, se seleccionaron 32 microcuencas basándose en características climáticas, topográficas (precipitación, pendiente, elevación) e infraestructura física (carreteras y asentamientos). Se analizaron 259 muestras de suelo (0-20 cm y 20-40 cm de profundidad) para evaluar

propiedades fisicoquímicas, nutrientes y metales pesados. Los resultados mostraron suelos con textura marginalmente pesada, no salinos, bajos en carbonato de calcio, mayormente ácidos y con niveles medios de materia orgánica. Algunos suelos presentaron deficiencias de nitrógeno, fósforo y potasio, mientras que se detectaron concentraciones elevadas de metales pesados como Ni, Cr y Cu en ciertas microcuencas. No obstante, aproximadamente 75.000 hectáreas en otras microcuencas se identificaron como adecuadas para la agricultura orgánica, libres de contaminación por metales pesados. Este estudio destaca el potencial de la región para expandir la agricultura orgánica, siempre que se gestionen adecuadamente los suelos con contaminación localizada.

Schlöter. et al. (2017), en su tesis “Indicadores microbianos de la calidad del suelo”, el suelo vivo es esencial para las funciones clave de soporte vital (LSF) que mantienen la vida en la Tierra, siendo el microbioma del suelo un actor principal en la conducción de estas funciones. Sin embargo, las amenazas antropogénicas, como la agricultura intensiva, y el cambio climático están afectando negativamente el funcionamiento del suelo, lo que subraya la necesidad de contar con indicadores robustos que permitan monitorear y evaluar la calidad del suelo. Históricamente, ha existido un debate sobre la selección óptima de bioindicadores, los cuales idealmente deberían reflejar organismos con roles funcionales o reguladores clave (especies clave) en el ecosistema del suelo. No obstante, la alta redundancia funcional en los microbiomas del suelo dificulta la identificación de marcadores específicos. Los avances recientes en métodos moleculares basados en ADN están revolucionando la capacidad para descifrar los microbiomas y sus funciones clave, lo que permitirá desarrollar criterios mejorados para ajustar la información molecular y generar marcadores moleculares precisos de las LSF del suelo. Esta revisión analiza críticamente el estado actual del desarrollo de marcadores moleculares y propone vías para avanzar hacia sistemas de marcadores más efectivos en el futuro.

Chaudhar.. et al. (2022), en su tesis “Evaluación de los indicadores de salud del suelo bajo la influencia de nanocompuestos y *Bacillus* spp.”, En este trabajo, se evaluó el impacto de nanozeolita, nanoquitosano y dos especies de *Bacillus* en el microbiota rizosférica y enzimas indicadoras de salud en cultivos de maíz. Se midieron parámetros fisicoquímicos, recuentos bacterianos (incluyendo solubilizadoras de nitrógeno, fósforo y potasio) y actividad enzimática (hidrólisis de diacetato de fluoresceína, fosfatasa alcalina,  $\beta$ -glucosidasa, deshidrogenasa, amilasa y arilesterasa). Además, se cuantificó la población bacteriana mediante qPCR usando el gen ARNr 16S. Los resultados mostraron que los tratamientos combinados aumentaron significativamente ( $p < 0,05$ ) el recuento microbiano total (16,89 %), las bacterias

solubilizadoras de NPK (46 %, 41,37 %, 57,14 %) y la actividad enzimática, duplicando los valores respecto al control tras 20, 40 y 60 días. El qPCR confirmó un mayor número de copias del gen ARNr 16S en muestras tratadas. Estos hallazgos sugieren que la combinación de nanocompuestos y bioinoculantes es una alternativa sostenible a los fertilizantes químicos, mejorando la calidad del suelo y promoviendo una agricultura ecológica.

Muñoz et al. (2016), en su tesis “Indicadores de calidad del suelo para evaluar la funcionalidad de suelos restaurados en ecosistemas semiáridos degradados. “, La restauración exitosa de ecosistemas degradados requiere comprender la funcionalidad del suelo, evaluando sus propiedades y procesos como elementos clave de un ecosistema saludable. Este estudio propone indicadores de calidad del suelo para analizar suelos restaurados, tanto en la capa superficial como en el material de desecho, y prueba métodos económicos y sencillos para evaluar indicadores biológicos. Los resultados muestran que, además del carbono orgánico y la relación C:N, los indicadores biológicos, como la diversidad y actividad microbiana, son los más sensibles para distinguir entre suelos reconstruidos y nativos no perturbados en zonas semiáridas. La prueba de CO<sub>2</sub> de 1 día se destaca como un método efectivo y accesible para medir la actividad microbiana y la funcionalidad del suelo. El estudio revela que la vegetación tiene un impacto positivo en suelos reconstruidos, recuperando la funcionalidad del material de desecho a niveles similares a la capa superficial una vez establecida. Sin embargo, la funcionalidad del suelo en áreas restauradas aún no iguala la de suelos nativos no perturbados. Se concluye que la funcionalidad del suelo es crucial en la restauración, especialmente en zonas semiáridas, y que los métodos propuestos son aplicables en diversos proyectos de restauración en entornos áridos y semiáridos.

Hosokay (2012), en su tesis “Calidad de suelos en diferentes sistemas de uso en Supte San Jorge - Tingo María”, se analizaron siete métodos de aprovechamiento de la tierra. Los terrenos donde se cultivan bosques, cacao, plátano y pasto tienen una composición arcillosa franco, a diferencia de los suelos destinados al cultivo de maíz, que muestran una textura arcillosa franco debido a su degradación. La resistencia a la penetración fue máxima en el suelo dañado, alcanzando los 4,50 kg/cm<sup>2</sup>. En los suelos dañados se detectan niveles de inestabilidad estructural más desfavorables, alcanzando un 66,36%. Se utilizó un diseño totalmente al azar con tres repeticiones por cada tratamiento. En el suelo del sistema de cultivo de maíz se observa una mayor presencia de fósforo, llegando a 11,18 ppm. La emisión de dióxido de carbono por microorganismos en los terrenos cultivados con coca disminuye en 0,045 mg de CO<sub>2</sub> por cada 100 gramos de suelo. El sistema utilizado con cacao mostró un alto nivel de materia orgánica (4,38%). El sistema de plátano tiene la mayor concentración de macroorganismos, con 2.416

seres vivos por cada metro cuadrado. La actividad microbiana en la respiración es el indicador más preciso para determinar la salud del suelo en las condiciones estudiadas.

Daza (2018), en su tesis “Evaluación de indicadores de calidad del suelo y carbono orgánico en dos sistemas de uso de la tierra en el distrito Rupa Rupa – Tingo María”, se analizaron los parámetros de calidad del suelo y la presencia de materia orgánica en dos tipos de manejo de tierras en la zona de Rupa Rupa - Tingo María. Los terrenos que fueron mejorados con pasto mostraron niveles más bajos de materia orgánica en contraste con la vegetación natural. Se extrajeron cinco muestras de 1,0 kg de forma ordenada en el centro de cada sección, empleando una herramienta para recolectar en los primeros 30 cm de profundidad. Se empleó el test de Fisher-LSD para detectar diferencias estadísticas entre las dos unidades de análisis en cuanto a las variables que dependen de ellas. Los suelos que tenían pastura mejorada presentaron una densidad aparente superior en comparación con los suelos que tenían pastura natural. Los niveles de nitrógeno imitan el comportamiento anterior. Al comprobarse un efecto beneficioso del sistema de pastoreo mejorado en comparación con la pastura natural, se valida la hipótesis alternativa. No se encontraron disparidades de importancia estadística entre los dos tipos de pasturas analizadas en relación al fósforo, potasio y CIC. Los suelos mejorados de pastizales presentaron cifras más altas que los de pastizales naturales. La pastura natural tiene índices más altos de retención de carbono que la pastura mejorada.

Correa (2012), en su tesis “Calidad de suelos en diferentes sistemas de uso en el predio Tulumayo-UNAS-Tingo María.”, Se analizaron los parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo en distintos tipos de manejo (bosque primario, praderas, cultivos anuales y perennes) con el fin de determinar su estado de salud. Dentro de los elementos físicos del suelo se encuentran la composición, la organización, la firmeza de los grupos, la compacidad, el nivel de alcance, la absorción, la habilidad para retener líquido, la temperatura y la dureza a la penetración. En el suelo se analizaron los parámetros químicos: el contenido de materia orgánica, el pH del suelo, la concentración de nitrógeno total, la disponibilidad de fósforo, la disponibilidad de potasio y CIC. Se han detectado los marcadores biológicos, como la masa microbiana. El número de lombrices en el suelo y la respiración del suelo. La calidad de los suelos en distintos tipos de uso se evalúa a través de indicadores físicos, químicos y biológicos. La calidad de los suelos es superior en los bosques secundarios de 15 años, seguidos por los suelos destinados al cultivo permanente de cítricos y a las pasturas de brizanta. El terreno menos óptimo corresponde al sembradío de maíz cada año. Los cuatro métodos de utilización muestran diferentes niveles de calidad de suelo, de acuerdo con el análisis de variación y la prueba de Duncan.

La Rosa (2018), en su tesis “Cambios de las propiedades fisicoquímicas del suelo en las laderas del Cerro Concacucho – Lima”, en el estudio se evaluaron distintos factores: pH, contenido de materia orgánica, conductividad eléctrica, concentración de potasio, presencia de fósforo, bases intercambiables, carbono orgánico y densidad aparente. En la forestación, se observó que el lote 1 tuvo un mayor efecto en su índice de calidad del suelo (ICS = 0.61) en contraste con el lote 2 (ICS = 0.49). Durante el análisis estadístico, se observó una disparidad importante entre el valor de P ( $p = 0,012$ ) y el de Da ( $p = 0,043$ ) en contraste con los otros parámetros evaluados. Se realizaron excavaciones para obtener muestras de tierra en cinco áreas significativas de cada parcela.

Ruiz (2016), en su tesis “Estudio fisicoquímico del suelo del sistema de andenería del centro poblado Caca – Lima”, este trabajo analizó indicadores físicos y químicos en un sistema de andenería en Caca, Yauyos, con el fin de recuperar andenes abandonados y promover su reutilización para la seguridad alimentaria. Se recolectaron muestras durante la siembra y cosecha de 2015, analizando textura, densidad, humedad, pH, materia orgánica, nutrientes y micronutrientes. Los resultados mostraron suelos con buena compactación, textura franco-arcillosa, baja salinidad y sodicidad, niveles moderados de macronutrientes y altos de micronutrientes como hierro, cobre y zinc. No obstante, la acidez de los suelos puede ser atribuida a la lixiviación de cationes fundamentales y la presencia de aluminio y hierro. A través de la utilización de análisis quimiométricos (PCA), se distinguieron zonas de cultivo, subrayando la relevancia de la recuperación de estos suelos para optimizar la productividad en la agricultura. Esta investigación enfatiza la capacidad de los andenes abandonados como componente de una estrategia de desarrollo agrícola sostenible en la región.

Sánchez, M. (2024), en su tesis “Índices de calidad del suelo en sistemas integrales de producción en el caserío peregrino, distrito Daniel Alomía robles – Tingo María”, el estudio se enfocó en cuatro sistemas integrales: cacao, cítricos, coca y bosque primario. Se implementó la metodología propuesta por Hildenbrand y Thurian (1996) para analizar las propiedades químicas, adoptando un diseño sistemático de muestreo. La resistencia a la penetración fue categorizada como "moderadamente resistente" y "resistente", mientras que la clasificación del índice de calidad para la textura era "aceptable". El pH fue categorizado como "fuertemente ácido", y la densidad aparente osciló entre "alta" y "baja". El nivel de materia orgánica del suelo, nitrógeno y fósforo fue clasificado como "bajo" y "medio". Los valores del parámetro biológico fueron clasificados como "bajos" y "medios". La evaluación de las propiedades biológicas del suelo se realizó en tres niveles de profundidad: 0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm.

Los iones de calcio y magnesio fueron categorizados como "muy bajos", mientras que el potasio (K) fue identificado en niveles de "bajo".

Leon. J. (2021), en su tesis "Índice de calidad ambiental del suelo en el distrito de Jose crespo y castillo – Huánuco", Se analizó la calidad ambiental del suelo en la localidad de Aucayacu (JCC), ubicada en Huánuco. Los perfiles de suelo se categorizan de acuerdo con la clasificación orgánica de Soil Taxonomy. Los descubrimientos señalaron esta información. Se encuentran suelos Eutrudeptas fluventicas, Udorthents líticos, Dystrudepts típicos, Dystrudepts típicos - Udorthents líticos, Eutrudeptas típicos - Eutrudeptas típicos, Udifluvents típicos y Udorthents típicos. Se analizaron las características físicas y químicas del suelo, como la composición, acidez, presencia de materia orgánica, nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, así como otros elementos como cadmio, CIC, presencia de Ca, Mg, Al, H, bases y ácidos intercambiables, y el nivel de saturación de aluminio. La cantidad de cadmio disponible satisface los requisitos de calidad ambiental establecidos en el Perú. En el distrito de Aucayacu, el 41.480% del índice de calidad ambiental del suelo muestra un nivel de calidad ambiental considerado como regular.

## **2.2. Marco Teórico**

### **2.2.1. Calidad**

Se refiere al nivel en el que un grupo de atributos naturales satisface las condiciones requeridas. Es decir, hace referencia a la habilidad de un producto, servicio o procedimiento para cumplir con las necesidades o deseos del usuario o cliente (ISO 9001, 2015).

### **2.2.2. Calidad ambiental**

Según MINAE (2004), La calidad del entorno se refiere al equilibrio y funcionamiento de los ecosistemas, lo cual favorece la diversidad de seres vivos, los ciclos naturales y los beneficios que proporcionan, asegurando un hábitat adecuado para los organismos y la preservación del entorno.

Hace alusión a las características del medio ambiente (aire, agua, suelo, clima) en cuanto a su idoneidad para cubrir las demandas de las personas, proteger la salud pública y garantizar el bienestar social, sin exceder los niveles de contaminación o deterioro permitidos (DORAN y PARKIN, 1994).

### **2.2.3. Suelo**

La agrupación de elementos de la superficie de la Tierra, ya sea alterada o creada por el ser humano con materiales que incluyen organismos vivos y pueden sustentar

la vegetación en el exterior. El tope superior se fija en la atmósfera o en las aguas corporales. Las orillas experimentan cambios según la profundidad del agua o las áreas sin plantas, como terrenos rocosos o helados. Es posible que determine el límite inferior con el suelo no sea una tarea sencilla. (USDA, 2014).

#### **2.2.4. Textura del suelo**

Se caracteriza como la proporción relativa de partículas minerales de variadas dimensiones, particularmente arena, limo y arcilla, que constituyen un suelo específico. Esta propiedad incide en características físicas tales como la retención de agua, la aireación y la capacidad de soporte para el desarrollo vegetal (Brady & Weil, 2008).

#### **2.2.5. pH**

Se refiere a una magnitud que muestra si una solución es ácida o básica. Se estima a partir de la cantidad de iones hidronio ( $H^+$  o de manera más precisa  $H_3O^+$ ) (Brady & Weil, 2008).

#### **2.2.6. Materia orgánica**

La sustancia orgánica del suelo funciona como una reserva de nutrientes y energía para los microbios que habitan en él. También actúa como un agente que cementa para mejorar la unión del suelo y su resistencia a la erosión (Lal, R. 2015).

#### **2.2.7. Carbono (C)**

Se trata de un elemento químico no metálico con el símbolo C y el número atómico 6. Es fundamental para la existencia, ya que constituye la estructura fundamental de las moléculas orgánicas que se encuentran en todos los organismos vivos (Lal, R. 2004).

#### **2.2.8. Nitrógeno (N)**

Representa un componente indispensable para la vida y un nutriente fundamental en los sistemas agrícolas y ecológicos. En el suelo, el N se manifiesta en una variedad de formas distintas, incluyendo nitrógeno orgánico (en la materia orgánica del suelo) y nitrógeno inorgánico (como amonio ( $NH_4^+$ ) y nitrato ( $NO_3^-$ )) (Galloway, J. N., et al. 2008).

#### **2.2.9. Calcio (Ca)**

El calcio que se encuentra en el suelo, un ion con carga positiva de valencia dos ( $Ca^{2+}$ ), desempeña una función esencial en la composición del suelo, la alimentación de las plantas y los procedimientos bioquímicos. Tiene funciones importantes como regulador de enzimas y señalizador dentro de la célula. Asimismo, el calcio contribuye

a mantener la firmeza de la composición del suelo al propiciar la formación de conglomerados, mejorando de esta manera la oxigenación y la penetración del agua (Marschner, 2012).

#### **2.2.10. Cadmio (Cd)**

El cadmio en el suelo es un contaminante ambiental que se encuentra en forma de iones de cadmio ( $Cd^{2+}$ ). La solución del suelo, tales como arcillas y MO, se encuentran presentes. La movilidad y disponibilidad de estos elementos están condicionadas por la presencia de otros iones, la materia orgánica y las condiciones de redox (Alloway, 2013).

#### **2.2.11. Potasio (K)**

Es un elemento esencial para las plantas y uno de los nutrientes principales que necesitan en grandes cantidades para crecer y desarrollarse adecuadamente. El potasio, que se encuentra en el suelo, se presenta en varias formas, el potasio que se intercambia en los coloides del suelo y el potasio que no se intercambia en los minerales primarios y secundarios (Römheld & Kirkby 2010).

#### **2.2.12. Índice de calidad ambiental**

Los Indicadores de Calidad de Recursos (ICA) o ICO son básicamente un conjunto de criterios que simplifican la valoración de los recursos destinados a una función concreta. Estos datos se muestran en intervalos o mediante valores numéricos; Incluyen características físico-químicas y microbiológicas (CARVAJAL *et al.*, 2007).

#### **2.2.13. Medición de la calidad de suelo**

La excelencia del suelo engloba los elementos físicos, químicos y biológicos del terreno y su danza entre ellos. Para desentrañar la esencia integral de la salud del suelo, es imprescindible evaluar cada uno de sus componentes. No obstante, no todos los criterios son igualmente importantes para todos los terrenos o circunstancias. En el rincón oriental de Estados Unidos, la prueba de CE para salinidad puede resultar inútil. Un conjunto de características esenciales del suelo, o indicadores, se elige en su habilidad para operar en aplicaciones y climas específicos. La elección de los parámetros por parte del equipo encargado de la calidad del suelo se lleva a cabo principalmente con el fin de evaluar la calidad agronómica del terreno. Se propone utilizar el dispositivo como una brújula analítica para identificar la dirección general en la que se encuentra la calidad del suelo, determinando si las prácticas de gestión actuales la conservan, mejoran o deterioran. El uso apropiado del equipo y la correcta comprensión de los resultados están íntimamente relacionados con la interpretación de los

indicadores sobre el cuidado del suelo y los objetivos ecológicos (LUTERS y SALAZAR, 2000).

#### **2.2.14. Calidad de suelo**

La calidad de suelo resulta fundamental que el suelo cuente con la capacidad de operar como un ecosistema dinámico que fomenta la productividad de la biodiversidad, preserva la salud del entorno y aporte al bienestar de la flora, la fauna y los seres humanos. Es esencial mencionar los rasgos físicos, químicos y biológicos que inciden en su capacidad para favorecer el desarrollo de las plantas y los ciclos ecológicos. (ACEVEDO *et al.*, 2005).

#### **2.2.15. Indicadores de calidad de suelo**

Según lo señalado por Dalurzo y colaboradores en 2002 y citado por ACEVEDO y colegas en 2005, es posible analizar la calidad del suelo a través de diferentes indicadores que evidencian las variaciones en la aptitud y la productividad del terreno. Los indicadores varían según la situación, por lo que es fundamental identificar rasgos que muestren la resistencia de los mismos. Entre las señales directas más frecuentes se encuentran las características físicas, químicas y biológicas del suelo.

#### **2.2.16. Indicadores físicos**

La distribución del terreno está vinculada a la capacidad de los huecos, la llegada y presencia de líquido; la densidad en la superficie influye en la velocidad de absorción y aptitud para transportar el líquido; mientras que la firmeza de los conjuntos se relaciona con la resistencia a la fragmentación y proporción de sustancias orgánicas (Brejeda y Moorman, 2001, mencionado por Acevedo *et al.*, 2005). En la Universidad de Chile se analizan las características físicas del suelo para evaluar su calidad, como la disposición de partículas, la presencia de poros y la cohesión entre las partículas. Según lo indicado por la FAO en el año 2002, la composición del suelo está vinculada a la presencia de partículas de diversos tamaños, como arena, sedimento y barro. La composición del suelo influye en la disponibilidad de nutrientes, humedad y oxígeno, así como en la manejabilidad del terreno. Estas características influyen en la cantidad de agua disponible para las plantas y en cómo afectan el crecimiento de plántulas y raíces.

#### **2.2.17. Indicadores químicos**

Según la investigación de ACEVEDO *et al.* (2005), Los parámetros químicos del suelo son elementos que posibilitan la evaluación de la calidad química del suelo, su fertilidad y su aptitud para mantener la vegetación. Estos parámetros muestran la existencia

de nutrientes fundamentales, el equilibrio de iones y la detección de sustancias nocivas o contaminantes.

#### **2.2.18. Indicadores biológicos**

La naturaleza de las características biológicas del suelo es altamente variable, lo que les confiere la capacidad de ser indicadores tempranos de la degradación o mejora de los terrenos. De acuerdo con CHEN (2000), se propone el uso de indicadores biológicos como la concentración de C y N en la biomasa microbiana, la habilidad de mineralización del nitrógeno y la actividad respiratoria del suelo. Además, la presencia de gusanos en la tierra y el rendimiento de los cultivos también son indicadores biológicos. Además, muestran una rápida respuesta frente a las modificaciones en la gestión del territorio y son altamente sensibles a la influencia del entorno natural. Estos indicadores son esenciales para entender el comportamiento de la materia orgánica y para estudiar las transformaciones que sufren los residuos orgánicos (Bandick y Dick (1999), citado por ACEVEDO et al. (2005).

#### **2.2.19. Estándares de calidad ambiental para el suelo**

Es responsabilidad del gobierno promover y controlar el uso adecuado de los recursos naturales terrestres para evitar su degradación debido a la erosión o la contaminación. Los estándares de excelencia ambiental del suelo miden la cantidad de sustancias químicas en el suelo de forma que no representan un riesgo importante para la salud humana ni para el entorno natural.

Se han planteado diversas tácticas para supervisar y conservar la calidad del terreno: normativas como los Estándares de Calidad Ambiental para suelos y disposiciones adicionales, DS N° 002-2013-MINAM y DS N° 002-2014-MINAM; instrucciones como la Guía para el Muestreo de Terrenos y la Guía para la elaboración de los Planes de Descontaminación de Suelos, RM N° 085-2014-MINAM; y el Procedimiento de muestreo en situaciones de emergencia ambiental, RM N° 125-2014-MINAM.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

La investigación se realizó en el estrato fisiográfico laderas de montañas empinadas en el distrito de Huacaybamba y Cochabamba, los distritos tienen un área de 127316 Ha., y un perímetro de 96,4600.88 metros lineales, los distritos están ubicados en la provincia de Huacaybamba y departamento de Huánuco.

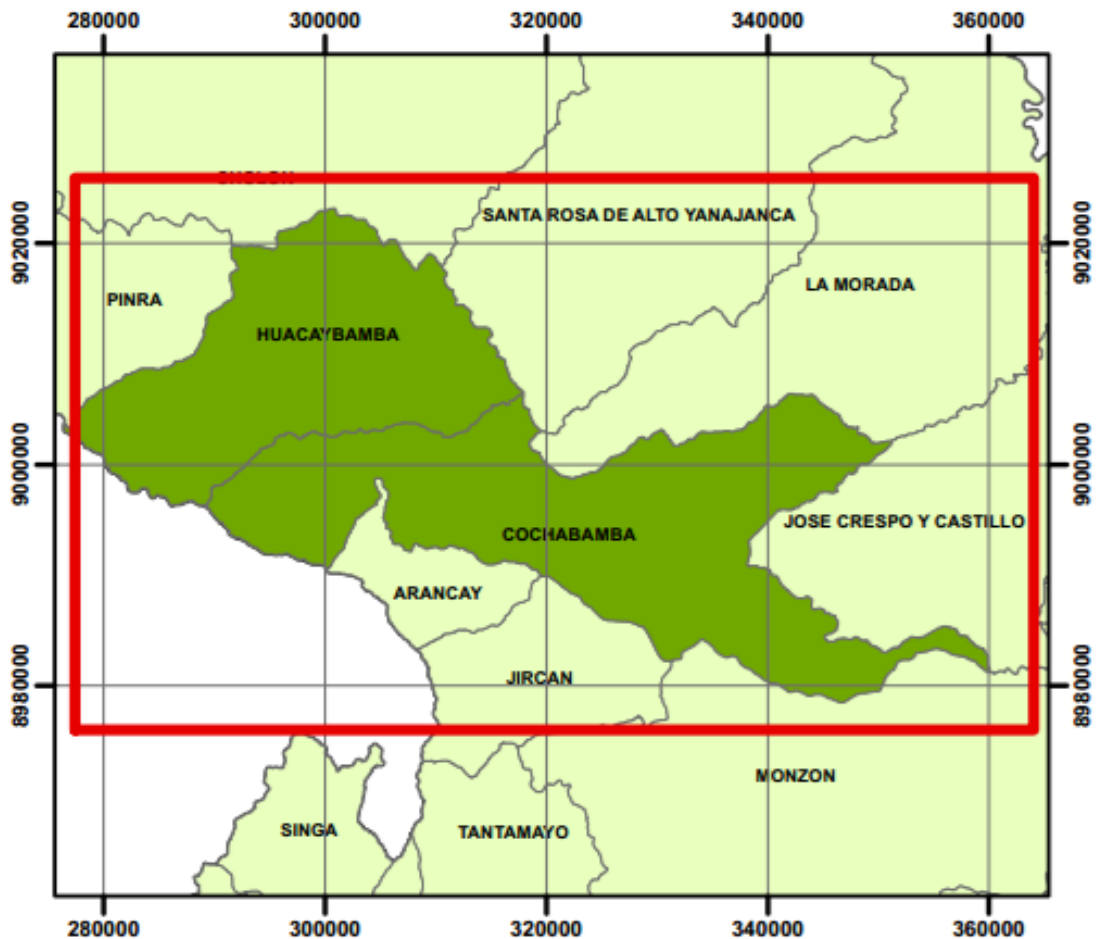
##### 3.1.1. Ubicación política de la zona de estudio

La zona de estudio se encuentra ubicado.

Departamento : Huánuco

Provincia : Huacaybamba

Distrito : Huacaybamba y Cochabamba



**Figura 1.** Mapa de ubicación política del distrito de Huacaybamba y Cochabamba

##### 3.1.2. Ubicación geográfica y límites de estudio

El Distrito de Huacaybamba y Cochabamba geográficamente está ubicado:

**Tabla 1.** Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo en UTM del distrito Huacaybamba y Cochabamba

ID	Este (m)	Norte (m)	ID	Este (m)	Norte (m)
1	284567	8998515	34	292496	8997495
2	282603	8999434	35	291862	9001287
3	282726	8999521	36	292141	9001147
4	282904	8999651	37	292442	9001054
5	282206	8998839	38	292646	9001033
6	282786	8998847	39	292411	9000737
7	283304	8998584	40	292216	9000273
8	283049	8998366	41	292101	9000004
9	281955	8999415	42	292208	8999982
10	282260	9000100	43	292504	8999949
11	289267	9001925	44	293126	8994554
12	289501	9001742	45	293351	8998384
13	289621	9001313	46	293715	8998295
14	289452	9001122	47	293619	8998503
15	289648	9001053	48	293775	8998452
16	289844	9000995	49	295013	8998804
17	289728	9000867	50	295059	8998635
18	289608	9000862	51	295110	8998489
19	289526	9000777	52	295322	8998785
20	289423	9000683	53	295207	8998501
21	289311	9000595	54	295114	8998416
22	289304	9000395	55	299835	8994674
23	289502	9000451	56	299842	8995647
24	289246	9000264	57	297825	8996628
25	292215	8997360	58	299815	8995985
26	292027	8997220	59	299810	8997645
27	291679	8997231	60	299805	8996456
28	291591	8997251	61	299864	8997456
29	291591	8997314	62	299647	8997894
30	291915	8997281	63	298534	8996256
31	291903	8997535	64	299134	8996422
32	291984	8997499	65	299044	8996357
33	292637	8997755	66	298989	8996221

El distrito de Huacaybamba y Cochabamba limita con los siguientes distritos:

Por el Norte : Con el distrito de Pinra

Por el Sur : Con el distrito de Monzón y distrito de Tantamayo

Por el Este : Con el distrito de Cochabamba y distrito de Monzón

Por el Oeste : Con el distrito Chavín de Pariarca y Huacaybamba

Por lo siguiente también se cuenta con dimensiones de área y perímetro de las siguientes microcuencas:

**Tabla 2.** Área y perímetro de las microcuencas

Microcuenca	Área	Perímetro
Huira Huira	32,86 km <sup>2</sup>	24,82 km
Huangancoragra	22,8 km <sup>2</sup>	22,33 km
Malagayan	30,99 km <sup>2</sup>	25,52 km
Carhuacocha	22,82 km <sup>2</sup>	22.39 km
Succhacocha	25.25 km <sup>2</sup>	23.91 km

### 3.1.3. Clima

El distrito de Huacaybamba y Cochabamba exhibe condiciones climáticas tropicales, semi-calurosas y templadas - húmedas, presenta particularidades que se deben a los cambios en las temperaturas y la cantidad de lluvia.

#### - Microcuenca Huira Huira

Esta microcuenca tiene un clima templado-frío, típico de las zonas andinas. Las temperaturas suelen oscilar entre 8°C y 18°C, con días soleados y noches frías, especialmente durante la temporada seca (abril a octubre). En la temporada húmeda (noviembre a marzo), las lluvias son moderadas, lo que contribuye a mantener un ambiente húmedo y fresco. Es una zona con condiciones climáticas estables, ideal para actividades agrícolas y ganaderas.

#### - Microcuenca Huangancoragra

El clima en Huangancoragra es frío y húmedo, influenciado por su altitud. Las temperaturas varían entre 5°C y 15°C, con heladas ocasionales durante las noches más frías, especialmente en la temporada seca. Durante la temporada húmeda, las lluvias son frecuentes y la neblina es común en las mañanas. Este clima favorece la presencia de pastizales y humedales, importantes para la biodiversidad local.

#### - Microcuenca Malagayan

En Malagayan, el clima es templado, con temperaturas que oscilan entre 10°C y 20°C, dependiendo de la altitud. Durante la temporada húmeda, las lluvias son moderadas, mientras que en la temporada seca los días son soleados y agradables. Este clima hace que la zona sea propicia para la agricultura, especialmente para cultivos como papas, maíz y hortalizas. Las noches pueden ser frescas, pero no tan frías como en otras microcuencas de mayor altitud

- Microcuenca Carhuacocha

Carhuacocha presenta un clima frío y húmedo, especialmente en las zonas más altas. Las temperaturas suelen estar entre 4°C y 14°C, con lluvias frecuentes y neblina durante la temporada húmeda. La presencia de lagunas y humedales en esta microcuenca contribuye a mantener un ambiente húmedo durante gran parte del año. En la temporada seca, las noches pueden ser muy frías, con posibilidad de heladas.

- Microcuenca Succhacocha

El clima en Succhacocha es frío y seco, con temperaturas que varían entre 3°C y 12°C. Durante la temporada húmeda, las lluvias son moderadas, mientras que en la temporada seca las precipitaciones son escasas y las noches pueden ser extremadamente frías, con heladas frecuentes. Esta microcuenca tiene un clima más riguroso, típico de las zonas altoandinas, donde la vegetación es escasa y adaptada a condiciones de frío intenso.

### 3.1.4. Vegetación

- Microcuenca Huir Huir

La microcuenca cuenta con vegetación andina característica, que varía según la altitud. En las áreas más bajas se encuentran bosques montanos con especies como el aliso y el quinal. A medida que se eleva la altitud, aparecen matorrales y pajonales, dominados por ichu (*Stipa ichu*) y otras gramíneas.

- Microcuenca Huangancoragra

La vegetación de la microcuenca Huangancoragra es representativa de los ecosistemas andinos y varía según la altitud. En las zonas bajas predominan bosques montanos con especies como aliso y quinal, que ayudan en la conservación del suelo y la regulación del agua. En las áreas intermedias, se encuentran matorrales y pajonales dominados por gramíneas como el ichu (*Stipa ichu*), esenciales para el pastoreo.

- Microcuenca Malagayan

La vegetación de la microcuenca Malagayan, ubicada en la zona altoandina de Huacaybamba, Huánuco, está adaptada a las condiciones de alta altitud y clima frío. En las zonas bajas y medias predominan los bosques de *Polylepis* (quinal), que protegen el suelo y son hábitats para la fauna. En las áreas más altas, se encuentran pajonales y matorrales dominados por ichu (*Stipa ichu*), esenciales para el pastoreo.

- Microcuenca Carhuacocha

La vegetación de la microcuenca Carhuacocha está formada por bosques de *Polylepis* (quinales) en las zonas intermedias, que son fundamentales para la conservación del suelo y el control del agua. En las áreas más altas, predominan los pajonales de ichu (*Stipa*

*ichu*), utilizados como forraje para el ganado. En las zonas más extremas, crecen especies resistentes al frío, como la yareta (*Azorella compacta*), en suelos rocosos, junto con plantas de páramo, como bambúes andinos y ranúnculos, adaptadas a condiciones severas.

- Microcuenca Succhacocha

La microcuenca Succhacocha es de una zona altoandina, Principalmente su vegetación es de *Polylepis* (quinuales), pajonales de ichu (*Stipa ichu*) y plantas adaptadas al frío extremo, como la yareta (*Azorella compacta*).

### **3.1.5. Temperatura**

En la región denominada como las selvas, que abarca los distritos de Huacaybamba y Cochabamba, se experimenta una notable variación en la temperatura, pudiendo alcanzar cambios de hasta 24.5°C, con temperaturas máximas de 38°C y mínimas de 21°C. Esto conlleva una mayor intensidad en los patrones climáticos.

### **3.1.6. Precipitación**

En promedio, la precipitación anual en Huacaybamba y Cochabamba alcanza los 3,179 mm. En invierno, también se han registrado precipitaciones que superan los 3.860 mm en un lapso de 34 años. En la época estival, caracterizada por la falta de precipitaciones, se extiende desde comienzos de mayo hasta mediados de octubre. En la temporada invernal, se distingue por una mayor precipitación, que se registra desde mediados de octubre hasta mediados de abril, con un breve período de sequía entre mediados de enero y principios de febrero.

## **3.2. Materiales y equipos**

### **3.2.1. Materiales**

Botas, machete, pala recta, pico, envases y bolsas de polietileno para recolección de muestras de suelo, etiquetas o micas, marcador o plumón indeleble, wincha de 3.0 m y/o 5.0 m., libreta de apuntes.

### **3.2.2. Software**

Software ArcGIS 10.5, Software Microsoft Word y Excel, Google Earth Pro.

### **3.2.3. Equipos**

Laptop Asus Intel(R) Core(TM) i5, GPS GARMIN Gpsmap 64s, Cámara digital Sony W800 con zoom óptico de 5x e.

### **3.3. Criterio y análisis del estudio**

#### **3.3.1. Nivel de investigación**

Es descriptivo (HERNANDEZ *et al.*, 2014), dado que las variables analizadas se mantendrán constantes, la evaluación de la calidad del suelo en las Microcuencas se enfocará únicamente en la observación y/o medición de los aspectos fisicoquímicos del terreno.

#### **3.3.2. Tipo de investigación**

Es de tipo aplicada (HERNANDEZ *t al.*, 2014), La causa de esto radica en la utilización de los principios fundamentales de la física y la química para calcular los datos fisicoquímicos del suelo en una región geográfica particular del lugar.

#### **3.3.3. Método de investigación**

El método de investigación es cuantitativo, dado que se fundamenta en la recolección y análisis de datos numéricos para la comprobación de hipótesis y la evaluación de los objetivos propuestos. Este método es adecuado cuando se necesita medir de manera objetiva la eficiencia del proceso de adsorción y comparar resultados de diferentes tratamientos (Creswell, 2014).

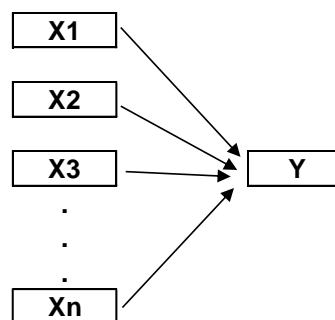
### 3.3.4. Operacionalización de variables

**Tabla 3.** Operacionalización de variables

Variable	Dimensiones	Indicadores	Escala
X: Índice de calidad del suelo	Física	Textura del suelo (Arcilla, Arena, Limo)	Categórica
		pH del suelo	Razón
		Conductividad eléctrica (CE)	Razón
	Química	Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	Razón
		Metales pesados (Cd, Pb)	Razón
		Fertilidad del suelo	Disponibilidad de nutrientes (Materia orgánica, N, C, Ca, P, K, K <sub>2</sub> O, Mg, Na, Al, H)
Y: Microcuencas (Huagancoragra, Malagayan, Carhuacocha, Huirra, Huirra, Succhacocha)	Características Físicas	Área de la microcuenca	Razón
		Perímetro de la microcuenca	Razón

### 3.3.5. Diseño de investigación

El diseño de investigación es no experimental de tipo transversal o transeccional descriptivo correlacional - causal.



Leyenda:

[X]: Variable independiente, [Y]: Variable dependiente.

**Figura 2.** Diseño de investigación no experimental

### **3.3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

El análisis de la calidad del medio ambiente del suelo en las microcuencas Huiru Huiru, Huangancoragra, Malagayan, Carhuacocha y Succacocha implica la utilización de métodos tanto en terreno como en laboratorio con el fin de recopilar datos minuciosos acerca de las características físicas, químicas y biológicas del suelo. La investigación resulta esencial para comprender la condición actual de la tierra y su aptitud para mantener la flora y fauna, además de detectar posibles desafíos de deterioro o contaminación.

Se llevó a cabo la recolección de muestras de tierra en lugares clave de las microcuencas. Este proceso implica la recolección de muestras representativas del suelo, utilizando herramientas como pala o barreta, que permiten extraer muestras a diferentes profundidades. Las muestras se almacenan en bolsas especiales y se georreferencian con un GPS para garantizar su ubicación exacta. Este paso es crucial, ya que asegura que los datos obtenidos sean precisos y representativos de toda el área de estudio.

Después de recolectar las muestras, estas son llevadas al laboratorio para realizar análisis físicos y químicos. En el marco de los estudios físicos, se examina la estructura del suelo en función de su textura, aspecto fundamental para entender su distribución y capacidad de retener agua y nutrientes. En el ámbito de los análisis químicos, se encargan de examinar elementos como el grado de acidez, la sustancia orgánica, los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio y la existencia de metales pesados como el cadmio. También se lleva a cabo un análisis de la (CICe), que indica la habilidad del suelo para retener y liberar los nutrientes indispensables para el crecimiento de las plantas.

Además de los análisis físicos y químicos, estos datos se combinan para determinar un índice de calidad ambiental del suelo, que sintetiza la condición general del suelo en una escala cuantitativa. Este indicador constituye un instrumento valioso para cotejar la calidad del suelo entre diversas zonas y para identificar áreas que demandan intervención o gestión especializada.

### **3.3.7. Análisis de datos**

Se aplicará el método de índices integrados o método de agregación ponderada en una investigación cuantitativa, no experimental, transversal y correlacional - causal. Se utilizó Microsoft Excel para el análisis de datos del Índice de Calidad Ambiental del Suelo (ICA). Se recopilaron datos de muestras de suelo, incluyendo pH, CE, CIC, metales pesados y nutrientes. Cada variable se normalizó para homogeneizar las escalas de medición mediante normalización lineal. Se asignaron pesos a cada parámetro según su relevancia en la calidad del suelo. Luego, se utilizó una fórmula para calcular el ICA. Se realizó un proceso de

validación cruzada para garantizar la precisión de los resultados, comparando los datos con estudios previos y utilizando técnicas estadísticas como el coeficiente de correlación y el error cuadrático medio. Se calibraron los modelos ajustando los pesos de las variables mediante iteraciones sucesivas para minimizar discrepancias y mejorar la representatividad del índice. El enfoque permitió clasificar los suelos en categorías de calidad, asegurando la confiabilidad de los resultados y la identificación de áreas críticas que requieren intervención (Sánchez y Gil, 2015).

### **3.4. Metodología**

#### **3.4.1. Determinar los parámetros físicos del suelo: porcentaje de arena, limo y arcilla**

##### Fase Gabinete

Durante esta etapa, se realizó un análisis bibliográfico riguroso con el objetivo de recolectar datos referentes a los métodos estandarizados, tales como el método de Bouyoucos o el método de la pipeta. Se procedió a la identificación de los materiales y equipos requeridos para el análisis, incluyendo tamices, hidrómetro, pipeta, probetas, agua destilada, balanza, horno y cronómetro.

También se creó un procedimiento estándar que describía los pasos a seguir para recolectar muestras y realizar el análisis de la textura, garantizando la reproducibilidad y precisión del proceso. En este procedimiento se detallaron las indicaciones necesarias para recopilar muestras de tierra en distintas zonas de Huacaybamba y Cochabamba. Las localidades de San Miguel de Chichipon (CHI), Independiente de Coita (COY), Shiracayo (SHI), Pirushto (PIR), Alto Valle (ALV) y Santa Cruz (SAN) son parte de la provincia. Se eligieron estos lugares por su representatividad en cuanto a la diversidad de suelos y rasgos geográficos.

La fase también incluyó la preparación de formatos para la recolección de datos, que permitieron registrar información detallada sobre cada muestra, como la ubicación geográfica, las condiciones del terreno y las observaciones relevantes durante la toma de muestras. Asimismo, se realizó una planificación logística para las fases posteriores, considerando aspectos como el transporte de muestras, la disponibilidad de equipos y la coordinación con los equipos de campo.

##### Fase Pre- campo

Se seleccionaron los sitios de muestreo basándose en criterios como el tipo de suelo, el uso del terreno y la accesibilidad. Se prepararon los materiales y equipos

necesarios, asegurándose de que estuvieran calibrados y en buen estado. Se realizó una capacitación del equipo de trabajo sobre el protocolo de muestreo y las medidas de seguridad. Además, se estableció un plan de transporte y almacenamiento temporal de las muestras para garantizar que llegaran en óptimas condiciones al laboratorio. Esta fase fue crucial para asegurar que el trabajo de campo se ejecutara de manera eficiente y sin contratiempos.

#### Fase Campo

Se llevaron a cabo la recolección de muestras de tierra en las ubicaciones escogidas con antelación, se recolectaron muestras representativas de la capa superficial (0-20 cm) utilizando herramientas como barretas o palas, evitando la contaminación cruzada. Cada muestra se etiquetó correctamente con información sobre la ubicación, fecha y profundidad. Luego, las muestras se almacenaron en bolsas de plástico o recipientes estériles y se transportaron al laboratorio para su análisis. Durante esta fase, también se registraron observaciones adicionales, como la presencia de vegetación, pendiente y condiciones climáticas, que podrían haber influido en los resultados. Finalmente, se verificó que todas las muestras estuvieran correctamente identificadas y almacenadas antes de su traslado al laboratorio de suelos de la UNAS para su procesamiento.

**Tabla 4.** Indicadores físicos.

Indicador físico	Método
Porcentaje de arena	Hidrómetro
Limo	Hidrómetro
Arcilla	Hidrómetro
Clase textural	Triangulo textural

#### **3.4.2. Determinar los parámetros fisicoquímicos del suelo: pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, cadmio, capacidad de intercambio catiónico (CIC), conductividad eléctrica, calcio, magnesio, aluminio, hidrógeno, cadmio y óxido de potasio.**

##### Fase Campo

En esta fase, se realizó la toma de muestras de suelo para determinar los parámetros fisicoquímicos. Se seleccionaron los sitios de muestreo considerando factores como el tipo de suelo, el uso del terreno y la homogeneidad del área. Se recolectaron muestras compuestas de la capa superficial (0-20 cm) utilizando herramientas como barretas o palas, asegurando que se evitara la contaminación cruzada. Cada muestra se mezcló homogéneamente y se dividió en porciones representativas. Luego, se almacenaron en bolsas de plástico limpias y se etiquetaron con información detallada, como ubicación, fecha y profundidad. Las muestras

se transportaron al Laboratorio de Calidad de Suelos - UNAS para su análisis, manteniendo condiciones adecuadas para preservar su integridad. Durante el muestreo, también se registraron observaciones adicionales, como la presencia de vegetación, pendiente y condiciones climáticas, que podrían haber influido en los resultados.

**Tabla 5.** Indicadores químicos

Indicador	Método
pH	Potenciómetro
Materia orgánica y C	Método Walkley y Black
Conductividad eléctrica (CE)	Conductímetro
Capacidad de intercambio catiónico	Acetato de amonio
Cd y Pb	Método ETDA
N	Método micro Kjeldahl
Ca, Mg, K <sub>2</sub> O, Na y K	Método de absorción atómica
P	Método de Olsen modificado
Al y H	Método de Yuan

### 3.4.3. Determinar el índice de calidad ambiental del suelo en las microcuencas Huira Huira, Huangancoragra, Malagayan, Carhuacocha y Succhacocha.

- Normalizar datos

La normalización de datos es un paso esencial para comparar indicadores de calidad del suelo que tienen diferentes unidades y escalas. Consiste en transformar los valores de cada indicador (físicos, químicos y biológicos) a una escala común, generalmente entre 0 y 1, donde 0 representa la peor condición y 1 la mejor. Esto se logra aplicando fórmulas de normalización, como.

$$I = \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}}$$

Donde:

$I_i$  es el valor normalizado

$X_i$  es el valor medido

$X_{min}$  y  $X_{max}$  son los valores mínimos y máximos posibles del indicador.

Una vez normalizados, se calculan índices parciales para cada indicador, lo que permite integrarlos de manera coherente en el cálculo del Índice de Calidad Ambiental del Suelo (ICA).

## - Ponderación de indicadores

**Tabla 6.** Indicadores propuestos para evaluación de calidad de suelos (ICS)

Indicador	Unidad	ICS	
		Min.	Max.
Arena	%	0	100
Limo	%	0	100
Arcilla	%	0	100
pH	-	4	8.5
Materia orgánica	%	0.4	10
Carbono (C)	%	0.1	5
CE	dS/m	0	8
CIC	Cmol (+) /kg	5	30
Cd	Ppm	0.1	1.4
Pb	Ppm	0	70
N	%	0.01	0.5
Ca	Cmol (+) /kg	1	15
Mg	Cmol (+) /kg	0.1	10
K <sub>2</sub> O	Ppm	30	400
Na	Cmol (+) /kg	0.08	4
K	Cmol (+) /kg	0.1	2
P	Ppm	0.1	100
Al	Cmol (+) /kg	0	10

Fuente: Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM, Weil, et al. (2017) y MINAGRI (2012)

## - Cálculo del índice de calidad ambiental del suelo (ICS)

La normalización de datos fue un paso esencial para comparar indicadores de calidad del suelo que tenían diferentes unidades y escalas. Consistió en transformar los valores de cada indicador (físicos, químicos y biológicos) a una escala común, generalmente entre 0 y 1, donde 0 representaba la peor condición y 1 la mejor. Esto se logró aplicando fórmulas de normalización, como.

Fórmula de ICS:

$$ICS = \sum_{i=1}^n (I_i * W_i)$$

Donde:

$I_i$  = índice parcial del indicador  $i$ .

$W_i$  = peso asignado al indicador  $i$ .

$n$  = número total de indicadores.

Para la ponderación de pesos a cada indicador se utilizó el método de asignación igualitaria (pesos uniformes):

$$P_i = \frac{1}{N}$$

Donde:

$N$ : número de indicadores de cada microcuenca.

- Niveles de ICS

**Tabla 7.** Niveles índices de calidad de suelo (ICS)

Índice de calidad de suelos	Escala
Muy alta calidad	$\geq 0.62$
Alta calidad	0.54 - 0.61
Moderadamente calidad	0.39 - 0.53
Baja calidad	0.29 - 0.38
Muy baja calidad	$\leq 0.2$

Fuente: Sánchez y Gil (2015)

- Validación y calibración

La validación y calibración del Índice de Calidad Ambiental del Suelo (ICS) fue una etapa crucial para asegurar que los resultados fueran confiables y representativos de la realidad. Durante la validación, se compararon los valores del ICS con datos de campo, observaciones directas o estudios previos para verificar su precisión y consistencia. Si se detectaban discrepancias, se procedía a la calibración, ajustando los pesos asignados a los indicadores o revisando los métodos de normalización para mejorar la exactitud del índice. Este proceso garantizó que el ICS fuera una herramienta robusta.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### 4.1. Determinación de los parámetros físicos del suelo: porcentaje de arena, limo y arcilla.

**Tabla 8.** Resultado de porcentaje de arena, limo, arena y clase textural de la microcuenca de Huagancoragra.

Muestra	Código	Arena (Ao) %	Arcilla (Ar) %	Limo (L0) %	Clase textural
1	C1-CHI	55	67	23	Franco Arcillo Arenoso
2	C2-CHI	33	69	27	Arcilloso
3	C3-CHI	31	70	51	Franco Limoso
4	C4-CHI	33	69	57	Franco Limoso
5	C5-CHI	33	83	27	Arcilloso
6	C6-CHI	49	81	25	Franco Arcillo Arenoso
7	C7-CHI	57	77	23	Franco Arcillo Arenoso
8	C8-CHI	37	79	35	Franco Arcilloso
9	C9-CHI	35	69	33	Franco Arcilloso
10	C10-CHI	47	70	31	Franco

En la tabla 8, se muestran el análisis textural de 10 muestras de suelo en San Miguel de Chichipon (CHI), con porcentajes de arena (31-57%), arcilla (67-83%) y limo (23-57%). Las clases texturales varían entre Franco Arcillo Arenoso, Arcilloso, Franco Limoso y Franco, indicando suelos con predominio de texturas francas y arcillosas, aptos para retención de humedad, pero con variaciones en drenaje.

**Tabla 9.** Resultado de porcentaje de arena, limo, arena y clase textural de la microcuenca de Malagayan.

Muestra	Código	Arena (Ao) %	Arcilla (Ar) %	Limo (LO) %	Clase textural
1	C1-COY	67	10	23	Franco Arenoso
2	C2-COY	69	10	21	Franco Arenoso
3	C3-COY	70	12	18	Franco Arenoso
4	C4-COY	69	12	19	Franco Arenoso

5	C5-COY	83	10	7	Arena Franca
6	C6-COY	81	10	9	Arena Franca
7	C7-COY	77	10	13	Arena Franca
8	C8-COY	79	10	11	Arena Franca
9	C9-COY	69	10	20	Franco Arenoso
10	C10-COY	70	12	18	Franco Arenoso
11	C11-COY	68	12	19	Franco Arenoso
12	C12-COY	57	18	25	Franco Arenoso
13	C13-COY	69	10	21	Franco Arenoso
14	C14-COY	69	12	19	Franco Arenoso

En la tabla 9, se presenta el análisis textural de 14 muestras de suelo en la microcuenca de Malagayan – Independencia de Coita (COY), con porcentajes de arena (57-83%), arcilla (10-18%) y limo (7-25%). La clase textural predominante es Franco Arenoso, con algunas muestras clasificadas como Arena Franca, lo que indica suelos con alto contenido de arena, buen drenaje y menor retención de humedad, típicos de zonas con texturas más ligeras y permeables.

**Tabla 10.** Resultado de porcentaje de arena, limo, arena y clase textural de la microcuenca de Carhuacocha.

Muestra	Código	Arena (Ao) %	Arcilla (Ar) %	Limo (LO) %	Clase textural
1	C1-SHI	49	28	23	Franco Arcillo Arenoso
2	C2-SHI	65	24	11	Franco Arcillo Arenoso
3	C3-SHI	49	32	19	Franco Arcillo Arenoso
4	C4-SHI	51	32	17	Franco Arcillo Arenoso
5	C5-SHI	65	18	17	Franco Arenoso
6	C6-SHI	57	26	17	Franco Arcillo Arenoso
7	C7-SHI	77	14	9	Arena Franca
8	C8-SHI	59	18	23	Franco Arenoso
9	C9-SHI	61	18	21	Franco Arenoso

10	C10-SHI	67	8	25	Franco Arenoso
11	C11-SHI	70	8	22	Franco Arenoso
12	C12-SHI	70	8	22	Franco Arenoso
13	C13-SHI	70	8	22	Franco Arenoso
14	C14-SHI	69	10	21	Franco Arenoso
15	C15-SHI	70	8	22	Franco Arenoso
16	C16-SHI	70	8	22	Franco Arenoso
17	C17-SHI	70	8	22	Franco Arenoso
18	C18-SHI	70	8	22	Franco Arenoso
19	C19-SHI	70	8	22	Franco Arenoso
20	C20-SHI	70	10	21	Franco Arenoso

En la tabla 10, se muestra el análisis textural de 20 muestras de suelo en la microcuenca de Carhuacocha – Shiracayoc (SHI), con porcentajes de arena (49-77%), arcilla (8-32%) y limo (9-25%). La clase textural predominante es Franco Arenoso, seguida de Franco Arcillo Arenoso y Arena Franca, lo que indica suelos con buen drenaje y moderada retención de humedad, característicos de texturas intermedias a ligeras, adecuados para actividades agrícolas con manejo adecuado del riego.

**Tabla 11.** Resultado de porcentaje de arena, limo, arena y clase textural de la microcuenca de Huirá Huirá.

Muestra	Código	Arena (Ao) %	Arcilla (Ar) %	Limo(L0) %	Clase textural
1	C1-PIR	63	16	21	Franco Arenoso
2	C2-PIR	65	14	21	Franco Arenoso
3	C3-PIR	70	8	22	Franco Arenoso
4	C4-PIR	57	12	31	Franco Arenoso
5	C5-PIR	57	18	25	Franco Arenoso
6	C6-PIR	70	12	18	Franco Arenoso
7	C7-PIR	70	8	22	Franco Arenoso

8	C8-PIR	69	10	19	Franco Arenoso
9	C9-PIR	70	14	22	Franco Arenoso
10	C10-PIR	59	8	31	Franco Arenoso

En la tabla 11, se presenta el análisis textural de 10 muestras de suelo en la microcuena de Huira Huira – Pirushto (PIR), con porcentajes de arena (57-70%), arcilla (8-18%) y limo (18-31%). La clase textural predominante es Franco Arenoso en todas las muestras, lo que indica suelos con alto contenido de arena, buen drenaje y moderada retención de humedad, ideales para cultivos que requieren suelos ligeros y bien aireados.

**Tabla 12.** Resultado de porcentaje de arena, limo, arena y clase textural de la microcuena de Succhacocha.

Muestra	Código	Arena (Ao) %	Arcilla (Ar) %	Limo (L0) %	Clase textural
1	C1-ALV	69	12	17	Franco Arenoso
2	C2-ALV	70	12	18	Franco Arenoso
3	C3-ALV	70	12	18	Franco Arenoso
4	C4-ALV	70	10	20	Franco Arenoso
5	C5-ALV	70	10	20	Franco Arenoso
6	C6-ALV	69	16	14	Franco Arenoso
7	C7-ALV	63	16	21	Franco Arenoso
8	C8-ALV	67	16	17	Franco Arenoso
9	C9-ALV	65	16	19	Franco Arenoso
10	C10-ALV	65	12	23	Franco Arenoso
11	C11-ALV	70	12	18	Franco Arenoso
12	C12-ALV	70	12	18	Franco Arenoso

En la tabla 12, se muestra el análisis textural de 12 muestras de suelo en la microcuena de Succhacocha – Alto Valle (ALV), con porcentajes de arena (63-70%), arcilla (10-16%) y limo (14-23%). La clase textural en todas las muestras es Franco Arenoso, lo que indica suelos con alto contenido de arena, buen drenaje y moderada retención de humedad, ideales para cultivos que requieren suelos ligeros y bien aireados.

Según el estudio de Nuñez (2020) realizado en la parcela 17 de Iquitos-Nauta, se observa que la presencia de una textura franco arcillosa en los suelos de bosque primario y purma tiene un impacto significativo en la capacidad de retener humedad y en la fertilidad del suelo. Estos resultados son similares a los encontrados en San Miguel de Chichipon (CHI), donde las texturas mayormente franco y arcillosas también favorecen la retención de humedad, aunque se presentan diferencias en cuanto al drenaje del suelo. No obstante, en contraste con el estudio de Nuñez (2020), en las microcuencas de Malagayan (COY), Carhuacocha (SHI), Huira Huira (PIR) y Succhacocha (ALV), las texturas mayoritarias son franco arenosas. Esto indica suelos con una mayor capacidad de filtración y una menor capacidad de retener humedad, lo que podría afectar la cantidad de nutrientes disponibles para los cultivos.

Godoy (2022) identificó que los suelos de la microcuenca de Quiullacocha presentan fertilidad baja debido a factores como texturas francas y arcillosas, pH ácido y bajos niveles de M.O y nutrientes. Estos hallazgos son consistentes con los resultados en CHI, donde la textura arcillosa y franca podría estar asociada a limitaciones en la fertilidad, especialmente si se combina con un pH desfavorable. No obstante, en las microcuencas de COY, SHI, PIR y ALV, la textura franco arenosa y el buen drenaje podrían favorecer la aireación y el desarrollo radicular, pero también podrían incrementar la lixiviación de nutrientes, lo que explicaría la necesidad de una correcta gestión de la irrigación y el abono para mantener la productividad.

#### **4.2. Determinación de los parámetros químicos del suelo: pH, materia orgánica, nitrógeno, fosforo, potasio, cadmio, capacidad de intercambio catiónico (CIC), conductividad eléctrica, calcio, magnesio, aluminio, hidrogeno, cadmio y oxido de potasio.**

**Tabla 13.** Resultado de indicadores químicos de la microcuenca de Huangancoragra.

Muestra	Código	pH	CE	CIC	Cd	Pb
1	C1-CHI	7.7	0.28	5.336	0.55	7.16
2	C2-CHI	8.25	0.17	9.258	0.41	4.99
3	C3-CHI	8.38	0.38	9.568	0.39	4.58
4	C4-CHI	7.75	2.30	6.150	0.43	4.58
5	C5-CHI	8.16	0.66	8.348	0.51	4.81
6	C6-CHI	8.6	0.44	9.441	0.39	4.56
7	C7-CHI	8.04	0.40	7.927	0.38	4.44
8	C8-CHI	8.34	0.10	7.797	0.42	4.61
9	C9-CHI	8.3	0.12	7.998	0.27	7.95
10	C10-CHI	7.98	0.20	7.125	0.30	7.22

En la tabla 13, se muestran los indicadores químicos de 10 muestras de suelo en la microcuenca de Huangancoragra, en la localidad de San Miguel de Chichipon (CHI). Los

valores de pH oscilan entre 7.7 y 8.6, indicando suelos alcalinos. La conductividad eléctrica (CE) varía de 0.10 a 2.30 dS/m, mostrando baja a moderada salinidad. La CIC está entre 5.336 y 9.568 ppm, reflejando una capacidad moderada para retener nutrientes. Los niveles de cadmio (Cd) y plomo (Pb) están en rangos de 0.27-0.55 ppm y 4.44-7.95 ppm, respectivamente, lo que sugiere concentraciones bajas de estos metales pesados, dentro de límites aceptables para suelos agrícolas.

**Tabla 14.** Resultado de indicadores de fertilidad de suelo de la microcuenca de Huangancoragra.

Muestra	Código	Mo	N	C	Ca	P	K	K <sub>2</sub> O	Mg	Na	Al	H
1	C1-CHI	2.24	0.11	1.30	4.45	13.02	0.12	145.19	0.67	0.10	0.00	0.00
2	C2-CHI	2.41	0.12	1.40	6.78	7.36	1.02	460.17	1.33	0.12	0.00	0.00
3	C3-CHI	0.45	0.02	0.26	6.83	4.95	1.26	564.07	1.33	0.15	0.00	0.00
4	C4-CHI	2.97	0.15	1.72	4.53	13.16	0.65	485.00	0.86	0.10	0.00	0.00
5	C5-CHI	2.85	0.14	1.66	6.16	9.35	0.74	494.10	1.33	0.11	1.80	0.00
6	C6-CHI	2.97	0.15	1.72	6.99	3.79	0.98	342.38	1.33	0.14	0.00	0.00
7	C7-CHI	3.41	0.17	1.98	6.14	17.80	0.63	488.08	1.06	0.09	2.25	1.25
8	C8-CHI	1.90	0.10	1.10	6.37	8.08	0.26	311.78	1.07	0.10	0.00	1.48
9	C9-CHI	2.32	0.12	1.35	6.35	5.67	0.22	195.36	1.33	0.09	0.00	0.00
10	C10-CHI	2.35	0.12	1.36	5.85	13.17	0.30	143.12	0.88	0.10	0.00	2.26

En la tabla 14, se muestran los indicadores de fertilidad de suelo en la microcuenca de Huangancoragra, en la localidad de San Miguel de Chichipon (CHI). Los niveles de materia orgánica (MO) varían entre 0.45% y 3.41%, nitrógeno (N) entre 0.02% y 0.17%, carbono (C) entre 0.26% y 1.98%, calcio (Ca) entre 4.45 y 6.99 ppm, fósforo (P) entre 3.79 y 17.80 ppm, potasio (K) entre 0.12 y 1.26 ppm, y magnesio (Mg) entre 0.67 y 1.33 ppm. El óxido de potasio expresado como K<sub>2</sub>O oscila entre 143.12 y 564.07 ppm. Los niveles de sodio (Na) son bajos (0.09-0.15 ppm), y el aluminio (Al) y hidrógeno (H) están ausentes o en bajas concentraciones en la mayoría de las muestras, excepto en algunas donde Al alcanza 2.25 ppm y H 2.26 ppm. Estos resultados indican suelos con fertilidad variable, con niveles adecuados de calcio, magnesio y fósforo en algunas muestras, pero con posibles limitaciones en nitrógeno y potasio en otras.

**Tabla 15.** Resultado de indicadores químicos de la microcuenca de Malagayan.

Muestra	Código	pH	CE	CIC	Cd	Pb
1	C1-COY	5.45	0.02	----	0.19	1.73
2	C2-COY	5.03	0.05	----	0.19	1.60
3	C3-COY	4.92	0.02	----	0.14	3.80
4	C4-COY	4.97	0.06	----	0.15	3.83
5	C5-COY	5.05	0.02	----	0.18	3.45
6	C6-COY	5.08	0.02	----	0.15	1.22

7	C7-COY	4.62	0.03	----	0.21	4.19
8	C8-COY	4.67	0.06	----	0.13	1.12
9	C9-COY	5.08	0.01	----	0.04	3.86
10	C10-COY	4.91	0.02	----	0.03	3.59
11	C11-COY	4.95	0.06	----	0.03	2.30
12	C12-COY	4.81	0.03	----	0.03	4.06
13	C13-COY	5.4	0.04	----	0.06	4.53
14	C14-COY	5.42	0.16	----	0.06	4.11

En la tabla 15, se muestra presenta los indicadores químicos de 14 muestras de suelo en la microcuenca de Malagayan- Independencia de Coita (COY). Los valores de pH oscilan entre 4.62 y 5.45, indicando suelos ácidos. La conductividad eléctrica (CE) es baja, variando entre 0.01 y 0.16 dS/m, lo que sugiere una salinidad mínima. No se registraron datos de capacidad de intercambio catiónico (CIC). Los niveles de cadmio (Cd) son bajos, entre 0.03 y 0.21 ppm, mientras que los de plomo (Pb) varían entre 1.12 y 4.53 ppm, ambos dentro de rangos considerados seguros para suelos agrícolas. Estos resultados indican suelos ácidos con baja salinidad y bajas concentraciones de metales pesados, pero con posible necesidad de enmiendas para corregir la acidez y mejorar la fertilidad.

**Tabla 16.** Resultado de indicadores de fertilidad de suelo de la microcuenca de Malagayan.

Muestra	Código	Mo	N	C	Ca	P	K	K <sub>2</sub> O	Mg	Na	Al	H
1	C1-COY	3.41	0.17	1.98	3.84	6.38	0.233	195.94	0.695	0.078	0.190	2.36
2	C2-COY	2.52	0.13	1.46	3.25	8.61	0.312	156.86	0.527	0.064	0.500	0.30
3	C3-COY	2.66	0.13	1.54	2.75	5.58	0.124	77.78	0.418	0.055	1.660	2.25
4	C4-COY	3.02	0.15	1.75	2.81	5.76	0.375	261.98	0.171	0.058	1.210	2.80
5	C5-COY	3.97	0.20	2.31	3.05	3.88	0.162	108.70	0.481	0.068	1.680	1.32
6	C6-COY	2.81	0.14	1.63	3.15	6.38	0.042	16.46	0.276	0.070	1.630	2.75
7	C7-COY	2.94	0.15	1.71	2.57	18.96	0.152	157.29	0.499	0.046	2.480	1.52
8	C8-COY	4.93	0.25	2.86	2.59	10.40	0.152	94.83	0.194	0.052	3.010	1.99
9	C9-COY	4.25	0.21	2.47	3.10	10.40	0.124	117.55	0.400	0.068	0.670	1.33
10	C10-COY	3.75	0.19	2.18	2.73	9.59	0.110	93.80	0.270	0.053	0.780	0.72
11	C11-COY	3.36	0.17	1.95	2.77	6.29	0.275	282.90	0.245	0.057	1.170	0.17
12	C12-COY	2.18	0.11	1.27	1.35	9.95	0.126	57.35	0.195	0.050	0.700	1.10
13	C13-COY	3.86	0.19	2.24	1.77	7.19	0.237	161.55	0.535	0.048	0.420	0.08
14	C14-COY	3.92	0.10	2.27	1.80	7.19	0.244	185.49	0.512	0.048	0.371	0.03

En la tabla 16, se muestran los indicadores de fertilidad de suelo en la microcuenca de Malagayan – Independencia de Coita (COY). Los niveles de materia orgánica (MO) varían entre 2.18% y 4.93%, indicando una moderada a alta presencia de materia orgánica. El nitrógeno (N) oscila entre 0.10% y 0.25%, y el carbono (C) entre 1.27% y 2.86%. Los niveles de calcio (Ca) están entre 1.35 y 3.84 ppm, fósforo (P) entre 3.88 y 18.96 ppm, y potasio (K) entre 0.042 y 0.375 ppm, con K<sub>2</sub>O variando entre 16.46 y 282.90 ppm.

El magnesio (Mg) se encuentra en un rango de 0.171 a 0.695 ppm, y el sodio (Na) entre 0.046 y 0.078 ppm. Los niveles de aluminio (Al) oscilan entre 0.190 y 3.010 ppm, y el hidrógeno (H) entre 0.03 y 2.80 ppm.

**Tabla 17.** Resultado de indicadores químicos de la microcuenca de Carhuacocha.

Muestra	Código	pH	CE	CIC	Cd	Pb
1	C1-SHI	7.8	0.30	8.413	0.22	4.148
2	C2-SHI	7.96	0.42	6.135	0.17	2.984
3	C3-SHI	7.99	0.26	5.010	0.19	3.132
4	C4-SHI	8.00	0.22	5.832	0.19	2.84
5	C5-SHI	7.96	0.24	5.004	0.21	4.136
6	C6-SHI	8.02	0.49	6.711	0.24	2.764
7	C7-SHI	7.08	0.22	4.867	0.17	8.408
8	C8-SHI	7.56	0.40	7.268	0.41	7.092
9	C9-SHI	6.99	0.21	5.991	0.16	4.768
10	C10-SHI	4.73	0.05	----	0.05	1.116
11	C11-SHI	4.53	0.09	----	0.02	1.56
12	C12-SHI	4.49	0.15	----	0.05	1.716
13	C13-SHI	4.72	0.13	----	0.05	1.34
14	C14-SHI	5.47	0.12	----	0.00	0.844
15	C15-SHI	5.45	0.09	----	0.03	1.324
16	C16-SHI	4.65	0.08	----	0.01	2.228
17	C17-SHI	4.62	0.27	----	0.04	1.732
18	C18-SHI	5.4	0.12	----	0.06	2.148
19	C19-SHI	5.24	0.07	----	0.03	2.120
20	C20-SHI	6.32	0.03	----	0.06	6.332

En la tabla 17, se muestran los indicadores químicos de 20 muestras de suelo en la microcuenca de Carhuacocha – Shiracayoc (SHI). Los valores de pH varían entre 4.49 y 8.02, mostrando suelos desde ácidos hasta alcalinos. La CE oscila entre 0.03 y 0.49 dS/m, indicando baja salinidad. La CIC está presente en las primeras 9 muestras, con valores entre 4.867 y 8.413 ppm, mientras que en las muestras 10 a 20 no se registra. Los niveles de cadmio (Cd) son bajos, entre 0.00 y 0.41 ppm, y los de plomo (Pb) varían entre 0.844 y 8.408 ppm, dentro de rangos generalmente seguros para suelos agrícolas. Estos resultados sugieren una variabilidad significativa en la acidez/alcalinidad y la capacidad de retención de nutrientes, con posibles necesidades de enmiendas para corregir la acidez en algunas zonas.

**Tabla 18.** Resultado de indicadores de fertilidad de suelo de la microcuenca de Carhuacocha.

Muestra	Código	Mo	N	C	Ca	P	K	K <sub>2</sub> O	Mg	Na	AL	H
1	C1-SHI	3.47	0.17	2.01	6.57	9.68	0.42	260.85	1.33	0.09	0.00	0.00
2	C2-SHI	4.53	0.23	2.63	4.58	19.14	0.53	397.69	0.93	0.10	0.00	0.00
3	C3-SHI	3.13	0.16	1.82	3.96	10.93	0.31	361.54	0.64	0.10	0.00	0.00

4	C4-SHI	2.85	0.14	1.66	4.65	9.95	0.22	496.56	0.83	0.14	0.00	0.00
5	C5-SHI	2.97	0.15	1.72	4.14	8.17	0.11	467.26	0.64	0.11	0.00	0.00
6	C6-SHI	3.08	0.15	1.79	5.23	20.75	0.38	451.92	0.96	0.14	0.00	0.00
7	C7-SHI	3.36	0.17	1.95	3.98	6.29	0.22	246.76	0.56	0.11	0.00	0.00
8	C8-SHI	2.97	0.15	1.72	5.67	16.91	0.29	296.78	1.20	0.11	0.00	0.00
9	C9-SHI	3.75	0.19	2.18	4.75	3.53	0.21	213.84	0.93	0.11	0.00	0.00
10	C10-SHI	3.64	0.18	2.11	1.28	8.17	0.10	39.46	0.19	0.10	1.50	1.30
11	C11-SHI	2.63	0.13	1.53	1.93	4.69	0.16	84.18	0.30	0.09	2.96	0.44
12	C12-SHI	2.91	0.15	1.69	2.75	5.76	0.21	143.81	0.63	0.07	1.82	0.68
13	C13-SHI	2.18	0.11	1.27	2.88	4.60	0.22	186.01	0.84	0.07	1.75	0.75
14	C14-SHI	2.85	0.14	1.66	3.12	11.29	0.21	115.63	0.43	0.09	0.43	0.14
15	C15-SHI	2.24	0.11	1.30	3.14	7.36	0.11	46.92	0.43	0.10	0.14	0.04
16	C16-SHI	2.18	0.11	1.27	2.69	6.20	0.17	68.96	0.47	0.07	1.60	1.30
17	C17-SHI	1.85	0.09	1.07	2.67	6.56	0.16	60.84	0.39	0.07	0.41	1.09
18	C18-SHI	3.64	0.18	2.11	3.04	5.22	0.25	154.71	0.46	0.07	0.48	0.13
19	C19-SHI	3.13	0.16	1.82	2.98	4.69	0.12	45.34	0.50	0.09	1.90	0.10
20	C20-SHI	1.96	0.09	1.14	2.74	5.46	0.35	481.27	0.69	0.12	0.33	1.07

En la tabla 18, se muestran los indicadores de fertilidad de suelo en la microcuenca de Carhuacocha – Shiracayoc (SHI). Los niveles de materia orgánica (MO) varían entre 1.85% y 4.53%, indicando una moderada a alta presencia de materia orgánica. El nitrógeno (N) oscila entre 0.09% y 0.23%, y el carbono (C) entre 1.07% y 2.63%. Los niveles de calcio (Ca) están entre 1.28 y 6.57 ppm, fósforo (P) entre 3.53 y 20.75 ppm, y potasio (K) entre 0.10 y 0.53 ppm, con K<sub>2</sub>O variando entre 39.46 y 496.56 ppm. El magnesio (Mg) se encuentra en un rango de 0.19 a 1.33 ppm, y el sodio (Na) entre 0.07 y 0.14 ppm. Los niveles de aluminio (Al) oscilan entre 0.00 y 2.96 ppm, y el hidrógeno (H) entre 0.00 y 1.30 ppm.

**Tabla 19.** Resultado de indicadores químicos de la microcuenca de Huira Huira.

Muestra	Código	pH	CE	CIC	Cd	Pb
1	C1-PIR	4.6	0.02	----	0.02	4.62
2	C2-PIR	5.09	0.01	----	0.10	5.84
3	C3-PIR	5.44	0.21	----	0.03	3.68
4	C4-PIR	4.66	0.02	----	0.01	3.36
5	C5-PIR	5.49	0.02	----	0.02	3.89
6	C6-PIR	4.49	0.18	----	0.01	1.71
7	C7-PIR	4.37	0.03	----	0.05	0.76
8	C8-PIR	4.83	0.15	----	0.04	0.98
9	C9-PIR	4.03	0.14	----	0.01	2.29
10	C10-PIR	4.67	0.05	----	0.01	2.11

En la tabla 19, se muestran los indicadores químicos de 10 muestras de suelo en la microcuenca de Huira Huira – Pirushto (PIR). Los valores de pH varían entre 4.03 y 5.49, indicando suelos ácidos. La conductividad eléctrica (CE) es baja, oscilando entre 0.01 y 0.21

dS/m, lo que sugiere una salinidad mínima. No se registraron datos de capacidad de intercambio catiónico (CIC). Los niveles de cadmio (Cd) son muy bajos, entre 0.01 y 0.10 ppm, y los de plomo (Pb) varían entre 0.76 y 5.84 ppm, dentro de rangos considerados seguros para suelos agrícolas. Estos resultados indican suelos ácidos con baja salinidad y bajas concentraciones de metales pesados, pero con posible necesidad de enmiendas para corregir la acidez y mejorar la fertilidad.

**Tabla 20.** Resultado de indicadores de fertilidad de suelo de la microcuenca de Huiru Huiru.

Muestra	Código	Mo	N	C	Ca	P	K	K <sub>2</sub> O	Mg	Na	AL	H
1	C1-PIR	2.46	0.12	1.43	2.31	4.87	0.26	227.84	0.40	0.08	1.31	0.09
2	C2-PIR	2.46	0.12	1.43	2.55	16.73	0.13	129.28	0.49	0.10	0.82	0.38
3	C3-PIR	3.86	0.19	2.24	3.18	8.17	0.17	196.36	0.88	0.10	0.39	0.11
4	C4-PIR	3.02	0.15	1.75	2.39	10.93	0.11	148.74	0.44	0.08	0.81	0.19
5	C5-PIR	2.24	0.11	1.30	1.28	3.97	0.10	87.70	0.21	0.08	0.21	0.11
6	C6-PIR	3.92	0.20	2.27	1.69	8.08	0.14	211.79	0.25	0.10	2.05	0.95
7	C7-PIR	3.58	0.18	2.08	2.38	2.81	0.10	59.87	0.37	0.07	1.56	0.44
8	C8-PIR	3.13	0.16	1.82	3.17	5.49	0.15	92.88	0.94	0.08	0.74	0.26
9	C9-PIR	2.52	0.13	1.46	1.28	8.70	0.14	114.84	0.16	0.07	2.75	0.55
10	C10-PIR	2.80	0.14	1.62	2.83	6.56	0.13	134.66	0.45	0.08	1.67	0.33

En la tabla 20, se muestra os indicadores de fertilidad de suelo en la microcuenca de Huiru Huiru – Pirushto (PIR). Los niveles de materia orgánica (MO) varían entre 2.24% y 3.92%, indicando una moderada presencia de materia orgánica. El nitrógeno (N) oscila entre 0.11% y 0.20%, y el carbono (C) entre 1.30% y 2.27%. Los niveles de calcio (Ca) están entre 1.28 y 3.18 ppm, fósforo (P) entre 2.81 y 16.73 ppm, y potasio (K) entre 0.10 y 0.26 ppm, con K<sub>2</sub>O variando entre 59.87 y 227.84 ppm. El magnesio (Mg) se encuentra en un rango de 0.16 a 0.94 ppm, y el sodio (Na) entre 0.07 y 0.10 ppm. Los niveles de aluminio (Al) oscilan entre 0.21 y 2.75 ppm, y el hidrógeno (H) entre 0.09 y 0.95 ppm. Estos resultados sugieren suelos con fertilidad moderada, con niveles adecuados de materia orgánica y fósforo en algunas muestras, pero con posibles limitaciones en calcio, magnesio y potasio. La presencia de aluminio y acidez (H) en algunas muestras podría requerir enmiendas para mejorar la calidad del suelo y su capacidad productiva.

**Tabla 21.** Resultado de indicadores químicos de la microcuenca de Succhacochoa.

Muestra	Código	pH	CE	CIC	Cd	Pb
1	C1-ALV	6.57	0.25	6.779	0.23	6.02
2	C2-ALV	4.72	0.01	----	0.02	1.14
3	C3-ALV	4.27	0.04	----	0.01	2.41
4	C4-ALV	5.00	0.10	----	0.00	2.79
5	C5-ALV	4.73	0.02	----	0.01	1.90
6	C6-ALV	5.05	0.01	----	0.04	2.64
7	C7-ALV	4.70	0.02	----	0.00	3.02
8	C8-ALV	5.05	0.01	----	0.00	5.18
9	C9-ALV	5.04	0.01	----	0.00	4.00
10	C10-ALV	5.25	0.02	----	0.01	3.37
11	C11-ALV	4.96	0.02	----	0.01	4.15
12	C12-ALV	5.03	0.02	----	0.02	3.73

En la tabla 21, se muestra los indicadores químicos de 12 muestras de suelo en la microcuenca de Succhacochoa – Alto Valle (ALV). Los valores de pH varían entre 4.27 y 6.57, mostrando suelos desde ácidos hasta ligeramente ácidos. La conductividad eléctrica (CE) es muy baja, oscilando entre 0.01 y 0.25 dS/m, lo que indica una salinidad mínima. Solo la primera muestra registra (CIC) con un valor de 6.779 ppm. Los niveles de cadmio (Cd) son muy bajos, entre 0.00 y 0.23 ppm, y los de plomo (Pb) varían entre 1.14 y 6.02 ppm, dentro de rangos considerados seguros para suelos agrícolas. Estos resultados sugieren suelos con acidez predominante, baja salinidad y bajas concentraciones de metales pesados, pero con posible necesidad de enmiendas para corregir la acidez y mejorar la fertilidad, especialmente en las muestras más ácidas.

**Tabla 22.** Resultado de indicadores de fertilidad de suelo de la microcuenca de Succhacochoa.

Muestra	Código	Mo	N	C	Ca	P	K	K <sub>2</sub> O	Mg	Na	AL	H
1	C1-ALV	1.96	0.10	1.14	5.24	7.43	0.43	597.63	1.01	0.10	0.00	0.00
2	C2-ALV	4.42	0.22	2.56	1.50	3.71	0.13	66.79	0.21	0.09	2.50	0.30
3	C3-ALV	2.85	0.14	1.66	1.40	10.04	0.11	60.34	0.19	0.08	1.88	0.02
4	C4-ALV	2.35	0.12	1.36	1.75	7.99	0.23	129.50	0.25	0.09	1.36	0.54
5	C5-ALV	2.74	0.14	1.59	1.43	6.03	0.09	27.78	0.20	0.08	1.70	0.80
6	C6-ALV	5.04	0.25	2.92	2.16	17.45	0.21	149.07	0.27	0.09	1.26	0.24
7	C7-ALV	2.69	0.13	1.56	1.70	6.65	0.21	136.45	0.28	0.07	2.65	0.25
8	C8-ALV	2.97	0.15	1.72	1.67	2.81	0.16	104.47	0.22	0.09	1.36	0.14
9	C9-ALV	2.69	0.13	1.56	1.74	2.55	0.15	92.86	0.24	0.09	1.10	0.30
10	C10-ALV	2.46	0.12	1.43	1.62	3.26	0.12	72.11	0.22	0.09	1.78	0.22
11	C11-ALV	3.75	0.19	2.18	1.92	13.25	0.14	102.23	0.24	0.08	2.14	1.26
12	C12-ALV	3.02	0.15	1.75	1.98	7.54	0.21	123.25	0.25	0.08	1.08	0.42

En la tabla 22, se muestra los indicadores de fertilidad de suelo en la microcuenca de Succhacochoa (ALV). Los niveles de materia orgánica (MO) varían entre 1.96% y 5.04%,

indicando una moderada a alta presencia de materia orgánica. El nitrógeno (N) oscila entre 0.10% y 0.25%, y el carbono (C) entre 1.14% y 2.92%. Los niveles de calcio (Ca) están entre 1.40 y 5.24 ppm, fósforo (P) entre 2.55 y 17.45 ppm, y potasio (K) entre 0.09 y 0.43 ppm, con  $K_2O$  variando entre 27.78 y 597.63 ppm. El magnesio (Mg) se encuentra en un rango de 0.19 a 1.01 ppm, y el sodio (Na) entre 0.07 y 0.10 ppm. Los niveles de aluminio (Al) oscilan entre 0.00 y 2.65 ppm, y el hidrógeno (H) entre 0.00 y 1.26 ppm. Estos resultados indican suelos con fertilidad variable: la primera muestra destaca por sus altos niveles de calcio, potasio y magnesio, mientras que las demás muestras presentan niveles más bajos de estos nutrientes y presencia de aluminio y acidez (H), lo que podría requerir enmiendas para mejorar la calidad del suelo. La materia orgánica es adecuada en general, pero la disponibilidad de potasio es limitada en algunas muestras.

Godoy (2022) Se detectó que los terrenos de la microcuenca de Quiullacocha muestran escasa fertilidad en todas las zonas geográficas analizadas, con texturas mixtas y arcillosas, pH que varía de ácido a neutro, y niveles reducidos de MO, N, P y K. Estos resultados coinciden parcialmente con los hallazgos en las microcuencas de San Miguel de Chichipon (CHI) y Huira Huira (PIR), donde predominan texturas francas y arcillosas, y se observan niveles bajos a moderados de materia orgánica y nutrientes. Sin embargo, en CHI, los suelos son alcalinos (pH 7.7-8.6), lo que contrasta con los suelos ácidos de Quiullacocha, lo que sugiere que la acidez no es un factor limitante en CHI, pero sí podría serlo en PIR, donde el pH varía entre 4.03 y 5.49.

En cuanto a los niveles de nutrientes, los resultados de esta investigación muestran una variabilidad significativa. En CHI, los niveles de calcio (4.45-6.99 ppm) y fósforo (3.79-17.80 ppm) son adecuados, pero el nitrógeno (0.02%-0.17%) y el potasio (0.12-1.26 ppm) son bajos, lo que coincide con los hallazgos de Godoy (2022) en Quiullacocha, donde el nitrógeno y el potasio también son limitantes. En COY, SHI y ALV, los niveles de fósforo (2.55-20.75 ppm) y materia orgánica (1.85%-5.04%) son moderados, pero el potasio es bajo (0.042-0.53 ppm), lo que refuerza la idea de que este nutriente es un factor limitante común en suelos de textura franco arenosa.

Por otro lado, en las microcuencas de Malagayan (COY), Carhuacocha (SHI) y Succhacocha (ALV), predominan texturas franco arenosas, lo que implica un mejor drenaje, pero menor retención de nutrientes, similar a lo observado por Godoy (2022) en la unidad fisiográfica Laderas de Montañas Empinadas (La\_dME). No obstante, a diferencia de Quiullacocha, en estas microcuencas se registran niveles moderados a altos de materia orgánica (2.18%-5.04%), lo que podría compensar parcialmente las limitaciones de fertilidad. Sin

embargo, la acidez del suelo en COY (pH 4.62-5.45) y ALV (pH 4.27-6.57) podría ser un factor limitante adicional, similar a lo reportado por Godoy (2022) en La\_dME (pH 5.34).

Ruiz (2016) evaluó los suelos del sistema de andenería de Caca, encontrando texturas francas arcillo-arenosas y franco-arenosas, baja salinidad, baja sodicidad y niveles moderados de macronutrientes. Sin embargo, los suelos podrían ser ácidos debido a la pérdida de cationes básicos por lixiviación, y la existencia de Al y Fe. Estos resultados coinciden parcialmente con los hallazgos en las microcuencas de San Miguel de Chichipon (CHI), Malagayan (COY), Carhuacocha (SHI), Huiru Huiru (PIR) y Suchacocha (ALV), donde también se observan texturas francas y arcillosas, así como variabilidad en la acidez del suelo. En Chichipon (CHI), los suelos son alcalinos (pH 7.7-8.6), lo que contrasta con los suelos ácidos de Caca, pero ambos comparten la presencia de texturas francas y arcillosas, que favorecen la retención de humedad y nutrientes. Sin embargo, en CHI, los niveles de nitrógeno (0.02%-0.17%) y potasio (0.12-1.26 ppm) son bajos, lo que sugiere limitaciones en la fertilidad similares a las observadas por Ruiz (2016) en Caca, donde la lixiviación de cationes básicos afecta la disponibilidad de nutrientes. En las microcuencas de COY, SHI y ALV, predominan texturas franco arenosas, lo que implica un mejor drenaje, pero menor retención de nutrientes, similar a lo reportado por Ruiz (2016) en los suelos franco-arenosos de Caca. No obstante, a diferencia de Caca, en estas microcuencas se registran niveles moderados a altos de materia orgánica (1.85%-5.04%), lo que podría compensar parcialmente las limitaciones de fertilidad.

En cuanto a la acidez del suelo, los resultados de esta investigación muestran una variabilidad significativa. En COY (pH 4.62-5.45), SHI (pH 4.49-8.02), PIR (pH 4.03-5.49) y ALV (pH 4.27-6.57), la acidez es un factor limitante, similar a lo observado por Ruiz (2016) en Caca, donde la presencia de aluminio y hierro contribuye a la acidez del suelo. Sin embargo, en CHI, la alcalinidad del suelo (pH 7.7-8.6) no es un factor limitante, lo que sugiere que las condiciones edáficas varían significativamente entre las microcuencas.

También en la investigación de Ruiz (2016), resaltan la importancia de la materia orgánica y los micronutrientes (hierro, cobre y zinc) en la fertilidad del suelo, lo que coincide con los hallazgos en las microcuencas de COY, SHI y ALV, donde los niveles de materia orgánica son moderados a altos. Sin embargo, la baja disponibilidad de potasio en estas microcuencas (0.042-0.53 ppm) es un factor limitante adicional, similar a lo reportado por Ruiz (2016) en Caca, donde la lixiviación de cationes básicos afecta la disponibilidad de nutrientes.

### 4.3. Determinación del índice de calidad ambiental del suelo en las microcuencas Huira Huira, Huagancoragra, Malagayan, Carhuacocha y Succhacocha.

**Tabla 23.** Microcuenca de Huagancoragra normalizados

Muestra	Código	Arena	Arcilla	Limo	pH	CE	CIC	Cd	Pb	M.O	N	C	Ca	P	K	K 2 O	Mg	Na
1	C1-CHI	0.55	0.67	0.23	0.82	0.04	0.013	0.35	0.10	0.19	0.21	0.24	0.25	0.13	0.01	0.31	0.06	0.00
2	C2-CHI	0.33	0.69	0.27	0.94	0.02	0.170	0.24	0.07	0.21	0.23	0.26	0.41	0.07	0.49	1.16	0.12	0.01
3	C3-CHI	0.31	0.70	0.51	0.97	0.05	0.183	0.22	0.07	0.00	0.03	0.03	0.42	0.05	0.61	1.44	0.12	0.02
4	C4-CHI	0.33	0.69	0.57	0.83	0.29	0.046	0.25	0.07	0.27	0.28	0.33	0.25	0.13	0.29	1.23	0.08	0.01
5	C5-CHI	0.33	0.83	0.27	0.92	0.08	0.134	0.32	0.07	0.26	0.27	0.32	0.37	0.09	0.34	1.25	0.12	0.01
6	C6-CHI	0.49	0.81	0.25	1.02	0.06	0.178	0.22	0.07	0.27	0.28	0.33	0.43	0.04	0.46	0.84	0.12	0.02
7	C7-CHI	0.57	0.77	0.23	0.90	0.05	0.117	0.21	0.06	0.31	0.33	0.38	0.37	0.18	0.28	1.24	0.10	0.00
8	C8-CHI	0.37	0.79	0.35	0.96	0.01	0.112	0.24	0.07	0.16	0.17	0.20	0.38	0.08	0.08	0.76	0.10	0.01
9	C9-CHI	0.35	0.69	0.33	0.96	0.02	0.120	0.13	0.11	0.20	0.22	0.25	0.38	0.06	0.07	0.45	0.12	0.00
10	C10-CHI	0.47	0.70	0.31	0.88	0.02	0.085	0.16	0.10	0.20	0.22	0.26	0.35	0.13	0.11	0.31	0.08	0.00

Fuente: Propia

En la tabla 23, se observa los resultados normalizados de la cuenta Huagancoragra en la localidad de San Miguel de Chichipon (CHI), donde se tienen resultados al normalizar negativos de Al y H se decidió excluir.

**Tabla 24.** Microcuenca de Malagayan normalizados

Muestra	Código	Arena	Arcilla	Limo	pH	CE	Pb	M.O	N	C	Ca	P	K	K 2 O	Mg
1	C1-COY	0.67	0.10	0.23	0.32	0.00	0.02	0.31	0.33	0.38	0.20	0.06	0.07	0.45	0.06
2	C2-COY	0.69	0.10	0.21	0.23	0.01	0.02	0.22	0.24	0.28	0.16	0.09	0.11	0.34	0.04
3	C3-COY	0.70	0.12	0.18	0.20	0.00	0.05	0.24	0.25	0.29	0.13	0.05	0.01	0.13	0.03
4	C4-COY	0.69	0.12	0.19	0.22	0.01	0.05	0.27	0.29	0.34	0.13	0.06	0.14	0.63	0.01
5	C5-COY	0.83	0.10	0.07	0.23	0.00	0.05	0.37	0.39	0.45	0.15	0.04	0.03	0.21	0.04

6	C6-COY	0.81	0.10	0.09	0.24	0.00	0.02	0.25	0.27	0.31	0.15	0.06	0.03	0.04	0.02
7	C7-COY	0.77	0.10	0.13	0.14	0.00	0.06	0.26	0.28	0.33	0.11	0.19	0.03	0.34	0.04
8	C8-COY	0.79	0.10	0.11	0.15	0.01	0.02	0.47	0.48	0.56	0.11	0.10	0.03	0.18	0.01
9	C9-COY	0.69	0.10	0.20	0.24	0.00	0.06	0.40	0.41	0.48	0.15	0.10	0.01	0.24	0.03
10	C10-COY	0.70	0.12	0.18	0.20	0.00	0.05	0.35	0.36	0.42	0.12	0.10	0.01	0.17	0.02
11	C11-COY	0.68	0.12	0.19	0.21	0.01	0.03	0.31	0.32	0.38	0.13	0.06	0.09	0.68	0.01
12	C12-COY	0.57	0.18	0.25	0.18	0.00	0.06	0.19	0.20	0.24	0.02	0.10	0.01	0.07	0.01
13	C13-COY	0.69	0.10	0.21	0.31	0.01	0.06	0.36	0.37	0.44	0.06	0.07	0.07	0.36	0.04
14	C14-COY	0.69	0.12	0.19	0.32	0.02	0.06	0.37	0.18	0.44	0.06	0.07	0.08	0.42	0.04

Fuente: Propia

En la tabla 24, se observa los resultados normalizados de la cuenta Huagancoragra en la localidad de Independiente de Coita (COY), obteniendo datos negativos de CIC, Cd, Na y Al se decidió excluir.

**Tabla 25.** Microcuenca de Carhuacocha normalizados

Muestra	Código	Arena	Arcilla	Limo	pH	CE	Pb	M.O	N	C	Ca	P	K	K 2 O	Mg	Na
1	C1-SHI	0.49	0.28	0.23	0.84	0.04	0.06	0.32	0.33	0.39	0.40	0.10	0.17	0.62	0.12	0.00
2	C2-SHI	0.65	0.24	0.11	0.88	0.05	0.04	0.43	0.44	0.52	0.26	0.19	0.23	0.99	0.08	0.00
3	C3-SHI	0.49	0.32	0.19	0.89	0.03	0.04	0.28	0.30	0.35	0.21	0.11	0.11	0.90	0.05	0.01
4	C4-SHI	0.51	0.32	0.17	0.89	0.03	0.04	0.26	0.27	0.32	0.26	0.10	0.06	1.26	0.07	0.01
5	C5-SHI	0.65	0.18	0.17	0.88	0.03	0.06	0.27	0.28	0.33	0.22	0.08	0.01	1.18	0.05	0.01
6	C6-SHI	0.57	0.26	0.17	0.89	0.06	0.04	0.28	0.29	0.34	0.30	0.21	0.15	1.14	0.09	0.01
7	C7-SHI	0.77	0.14	0.09	0.68	0.03	0.12	0.31	0.32	0.38	0.21	0.06	0.06	0.59	0.05	0.01
8	C8-SHI	0.59	0.18	0.23	0.79	0.05	0.10	0.27	0.28	0.33	0.33	0.17	0.10	0.72	0.11	0.01
9	C9-SHI	0.61	0.18	0.21	0.66	0.03	0.07	0.35	0.36	0.42	0.27	0.03	0.06	0.50	0.08	0.01
10	C10-SHI	0.67	0.08	0.25	0.16	0.01	0.02	0.34	0.35	0.41	0.02	0.08	0.00	0.03	0.01	0.00
11	C11-SHI	0.7	0.08	0.22	0.12	0.01	0.02	0.23	0.25	0.29	0.07	0.05	0.03	0.15	0.02	0.00
12	C12-SHI	0.7	0.08	0.22	0.11	0.02	0.02	0.26	0.28	0.32	0.13	0.06	0.06	0.31	0.05	0.00

13	C13-SHI	0.7	0.08	0.22	0.16	0.02	0.02	0.19	0.20	0.24	0.13	0.05	0.06	0.42	0.07	0.00
14	C14-SHI	0.69	0.10	0.21	0.33	0.02	0.01	0.26	0.27	0.32	0.15	0.11	0.06	0.23	0.03	0.00
15	C15-SHI	0.7	0.08	0.22	0.32	0.01	0.02	0.19	0.21	0.24	0.15	0.07	0.01	0.05	0.03	0.00
16	C16-SHI	0.7	0.08	0.22	0.14	0.01	0.03	0.19	0.20	0.24	0.12	0.06	0.03	0.11	0.04	0.00
17	C17-SHI	0.7	0.08	0.22	0.14	0.03	0.02	0.15	0.17	0.20	0.12	0.06	0.03	0.08	0.03	0.00
18	C18-SHI	0.7	0.08	0.22	0.31	0.02	0.03	0.34	0.35	0.41	0.15	0.05	0.08	0.34	0.04	0.00
19	C19-SHI	0.7	0.08	0.22	0.28	0.01	0.03	0.28	0.30	0.35	0.14	0.05	0.01	0.04	0.04	0.00
20	C20-SHI	0.7	0.10	0.21	0.52	0.00	0.09	0.16	0.16	0.21	0.12	0.05	0.13	1.22	0.06	0.01

Fuente: Propia

En la tabla 25, se observa los resultados normalizados de la cuenta Huangancoragra de la localidad de Shiracayo (SHI), obteniendo datos negativos de CIC, Cd, Na y Al se decidió excluir.

**Tabla 26.** Microcuenca de Huiria Huiria normalizados

Muestra	Código	Arena	Arcilla	Limo	pH	CE	Pb	M.O	N	C	Ca	P	K	K 2 O	Mg
1	C1-PIR	0.63	0.16	0.21	0.13	0.00	0.07	0.21	0.23	0.27	0.09	0.05	0.08	0.53	0.03
2	C2-PIR	0.65	0.14	0.21	0.24	0.00	0.08	0.21	0.23	0.27	0.11	0.17	0.01	0.27	0.04
3	C3-PIR	0.7	0.08	0.22	0.32	0.03	0.05	0.36	0.37	0.44	0.16	0.08	0.04	0.45	0.08
4	C4-PIR	0.57	0.12	0.31	0.15	0.00	0.05	0.27	0.29	0.34	0.10	0.11	0.01	0.32	0.03
5	C5-PIR	0.57	0.18	0.25	0.33	0.00	0.06	0.19	0.21	0.24	0.02	0.04	0.00	0.16	0.01
6	C6-PIR	0.7	0.12	0.18	0.11	0.02	0.02	0.37	0.38	0.44	0.05	0.08	0.02	0.49	0.02
7	C7-PIR	0.7	0.08	0.22	0.08	0.00	0.01	0.33	0.35	0.40	0.10	0.03	0.00	0.08	0.03
8	C8-PIR	0.69	0.1	0.19	0.18	0.02	0.01	0.28	0.30	0.35	0.16	0.05	0.03	0.17	0.09
9	C9-PIR	0.7	0.14	0.22	0.01	0.02	0.03	0.22	0.24	0.28	0.02	0.09	0.02	0.23	0.01
10	C10-PIR	0.59	0.08	0.31	0.15	0.01	0.03	0.25	0.27	0.31	0.13	0.06	0.01	0.28	0.04

Fuente: Propia

En la tabla 26, se observa los resultados normalizados de la cuenta Huangancoragra de la localidad de Pirushto (PIR), obteniendo datos negativos de CIC, Cd, Na, H y Al decidió excluir.

**Tabla 27.** Microcuenca de Succhacochoa normalizados

Muestra	Código	Arena	Arcilla	Limo	pH	CE	Pb	M.O	N	C	Ca	P	K	K 2 O	Mg	Na
1	C1-ALV	0.69	0.12	0.17	0.57	0.03	0.09	0.16	0.18	0.21	0.30	0.07	0.17	1.53	0.09	0.01
2	C2-ALV	0.7	0.12	0.18	0.16	0.00	0.02	0.42	0.43	0.50	0.04	0.04	0.01	0.10	0.01	0.00
3	C3-ALV	0.7	0.12	0.18	0.06	0.01	0.03	0.26	0.27	0.32	0.03	0.10	0.01	0.08	0.01	0.00
4	C4-ALV	0.7	0.1	0.20	0.22	0.01	0.04	0.20	0.22	0.26	0.05	0.08	0.07	0.27	0.02	0.00
5	C5-ALV	0.7	0.1	0.20	0.16	0.00	0.03	0.24	0.26	0.30	0.03	0.06	0.00	0.01	0.01	0.00
6	C6-ALV	0.69	0.16	0.14	0.23	0.00	0.04	0.48	0.49	0.58	0.08	0.17	0.06	0.32	0.02	0.00
7	C7-ALV	0.63	0.16	0.21	0.16	0.00	0.04	0.24	0.25	0.30	0.05	0.07	0.06	0.29	0.02	0.00
8	C8-ALV	0.67	0.16	0.17	0.23	0.00	0.07	0.27	0.28	0.33	0.05	0.03	0.03	0.20	0.01	0.00
9	C9-ALV	0.65	0.16	0.19	0.23	0.00	0.06	0.24	0.25	0.30	0.05	0.02	0.03	0.17	0.01	0.00
10	C10-ALV	0.65	0.12	0.23	0.28	0.00	0.05	0.21	0.23	0.27	0.04	0.03	0.01	0.11	0.01	0.00
11	C11-ALV	0.7	0.12	0.18	0.21	0.00	0.06	0.35	0.36	0.42	0.07	0.13	0.02	0.20	0.01	0.00
12	C12-ALV	0.7	0.12	0.18	0.23	0.00	0.05	0.27	0.29	0.34	0.07	0.07	0.06	0.25	0.02	0.00

Fuente: Propia

En la tabla 27, se observa los resultados normalizados de la cuenta Huangancoragra en la localidad de Alto Valle (ALV), obteniendo datos negativos de CIC, Cd, Al y H se decidió excluir.

**Tabla 28.** ICS de la Microcuenca de Huangancoragra

Muestra	Código	ICS	Clasificación
1	C1-CHI	0.250	Muy baja calidad
2	C2-CHI	0.341	Baja calidad
3	C3-CHI	0.344	Baja calidad
4	C4-CHI	0.356	Baja calidad
5	C5-CHI	0.359	Baja calidad
6	C6-CHI	0.353	Baja calidad
7	C7-CHI	0.365	Baja calidad
8	C8-CHI	0.290	Baja calidad
9	C9-CHI	0.267	Muy baja calidad
10	C10-CHI	0.263	Muy baja calidad

Fuente: Propia

En la tabla 28, se muestra los valores del Índice de Calidad del Suelo (ICS) en la microcuenca de Huangancoragra indican que la mayoría de las muestras presentan una calidad baja, con valores que oscilan entre 0.290 y 0.365. Solo tres muestras (C1-CHI, C9-CHI y C10-CHI) tienen una clasificación de muy baja calidad, lo que indica suelos con menor fertilidad y menor capacidad para sostener la productividad agrícola.

**Tabla 29.** ICS de la Microcuenca de Malagayan

Muestra	Código	ICS	Clasificación
1	C1-COY	0.224	Muy baja calidad
2	C2-COY	0.191	Muy baja calidad
3	C3-COY	0.166	Muy baja calidad
4	C4-COY	0.220	Muy baja calidad
5	C5-COY	0.207	Muy baja calidad
6	C6-COY	0.167	Muy baja calidad
7	C7-COY	0.194	Muy baja calidad
8	C8-COY	0.218	Muy baja calidad
9	C9-COY	0.217	Muy baja calidad
10	C10-COY	0.196	Muy baja calidad
11	C11-COY	0.225	Muy baja calidad
12	C12-COY	0.145	Muy baja calidad
13	C13-COY	0.220	Muy baja calidad
14	C14-COY	0.214	Muy baja calidad

Fuente: Propia

En la tabla 29, se muestra los resultados del Índice de Calidad del Suelo (ICS) en la microcuenca de Malagayan muestran que todas las muestras presentan una calidad de suelo muy baja, con valores entre 0.145 y 0.225. Esto indica suelos con baja fertilidad y capacidad

limitada para el desarrollo vegetal, lo que podría afectar la productividad agrícola y requerir estrategias de mejoramiento del suelo.

**Tabla 30.** ISC de la Microcuenca de Carhuacocha

Muestra	Código	ICS	Clasificación
1	C1-SHI	0.267	Baja calidad
2	C2-SHI	0.329	Baja calidad
3	C3-SHI	0.263	Baja calidad
4	C4-SHI	0.259	Baja calidad
5	C5-SHI	0.262	Baja calidad
6	C6-SHI	0.290	Baja calidad
7	C7-SHI	0.246	Muy baja calidad
8	C8-SHI	0.282	Baja calidad
9	C9-SHI	0.271	Muy baja calidad
10	C10-SHI	0.203	Muy baja calidad
11	C11-SHI	0.187	Muy baja calidad
12	C12-SHI	0.218	Muy baja calidad
13	C13-SHI	0.193	Muy baja calidad
14	C14-SHI	0.210	Muy baja calidad
15	C15-SHI	0.184	Muy baja calidad
16	C16-SHI	0.170	Muy baja calidad
17	C17-SHI	0.162	Muy baja calidad
18	C18-SHI	0.244	Muy baja calidad
19	C19-SHI	0.226	Muy baja calidad
20	C20-SHI	0.291	Muy baja calidad

Fuente: Propia

En la tabla 30, se muestra los resultados del Índice de Calidad del Suelo (ICS) en la microcuenca de Carhuacocha muestran que la mayoría de las muestras presentan una calidad baja o muy baja, con valores entre 0.162 y 0.329. Aunque algunas muestras tienen una calidad baja, la tendencia general indica condiciones limitantes para la fertilidad del suelo, lo que podría afectar la productividad agrícola y requerir medidas de mejoramiento.

**Tabla 31.** ICS de la Microcuenca de Huira Huira

Muestra	Código	ICS	Clasificación
1	C1-PIR	0.216	Muy baja calidad
2	C2-PIR	0.222	Muy baja calidad
3	C3-PIR	0.277	Baja calidad
4	C4-PIR	0.226	Muy baja calidad
5	C5-PIR	0.191	Muy baja calidad
6	C6-PIR	0.283	Baja calidad
7	C7-PIR	0.231	Muy baja calidad
8	C8-PIR	0.242	Muy baja calidad

9	C9-PIR	0.200	Muy baja calidad
10	C10-PIR	0.218	Muy baja calidad

Fuente: Propia

En la tabla 31, se muestran los resultados del Índice de Calidad del Suelo (ICS) en la microcuenca de Huira Huira indican que la mayoría de las muestras presentan una calidad de suelo muy baja, con valores entre 0.191 y 0.242, excepto dos muestras (C3-PIR y C6-PIR) que tienen calidad baja. Esto sugiere suelos con baja fertilidad y capacidad limitada para el desarrollo agrícola, requiriendo mejoras en su manejo.

**Tabla 32.** ICS de la Microcuenca de Succhacocho

Muestra	Código	ICS	Clasificación
1	C1-ALV	0.263	Baja calidad
2	C2-ALV	0.163	Muy baja calidad
3	C3-ALV	0.130	Muy baja calidad
4	C4-ALV	0.146	Muy baja calidad
5	C5-ALV	0.126	Muy baja calidad
6	C6-ALV	0.207	Baja calidad
7	C7-ALV	0.148	Muy baja calidad
8	C8-ALV	0.150	Muy baja calidad
9	C9-ALV	0.141	Muy baja calidad
10	C10-ALV	0.134	Muy baja calidad
11	C11-ALV	0.169	Muy baja calidad
12	C12-ALV	0.159	Muy baja calidad

Fuente: Propia

En la tabla 32, se muestra los resultados del Índice de Calidad del Suelo (ICS) en la microcuenca de Succhacocho muestran que la mayoría de las muestras tienen una calidad muy baja, con valores entre 0.126 y 0.169, excepto dos muestras (C1-ALV y C6-ALV) que presentan calidad baja. Esto indica suelos con baja fertilidad y limitaciones para la producción agrícola, requiriendo estrategias de mejoramiento.

Los resultados obtenidos en la evaluación del Índice de Calidad del Suelo (ICS) en las microcuencas de Huangancoragra, Malagayan, Carhuacocha, Huira Huira y Succhacocho indican una calidad de suelo mayormente baja o muy baja, lo que sugiere condiciones limitantes para la fertilidad del suelo y la productividad agrícola. Estos hallazgos son consistentes con los estudios de Schloter et al. (2017), quienes enfatizan que las amenazas antropogénicas, como la agricultura intensiva y el cambio climático, afectan negativamente la funcionalidad del suelo. La baja calidad del suelo observada en la región podría estar relacionada con prácticas de uso inadecuadas, lo que refuerza la importancia de establecer estrategias de monitoreo y mejora de la calidad del suelo.

Chaudhary et al. (2022) señalan que el uso excesivo de fertilizantes químicos reduce la biodiversidad del suelo y afecta su fertilidad a largo plazo. En este contexto, los bajos valores del ICS en las microcuencas estudiadas pueden ser el reflejo de una degradación sostenida de los suelos debido a la dependencia de insumos químicos y la falta de manejo sostenible. La aplicación de estrategias como el uso de bioinoculantes y nanocompuestos agrícolas, según el mismo estudio, podría representar una alternativa viable con el propósito de elevar la calidad del suelo en estas áreas, promoviendo la actividad de microorganismos e incrementando la presencia de nutrientes fundamentales para los cultivos.

Muñoz. et al. (2016) Se resalta que los marcadores biológicos, como la actividad de microorganismos, son fundamentales para analizar la eficacia de suelos que han sido recuperados. En las microcuencas analizadas, la deficiencia del suelo indica una disminución en la diversidad de organismos del suelo, lo que restringe su habilidad para restaurarse tras alteraciones ambientales. Según investigaciones realizadas por Daza (2018) y Correa (2012), se ha comprobado que los sistemas de pastizales naturales retienen una mayor cantidad de carbono en el suelo en contraste con los sistemas de pastizales mejorados o cultivos anuales, lo que sugiere que el tipo de vegetación presente tiene un impacto significativo en la salud del suelo. En la microcuenca de Malagayan y Succhacocho, la falta de cobertura vegetal constante podría ser la razón detrás de los bajos niveles de ICS, lo que impacta negativamente en la retención de carbono y la firmeza del suelo.

La investigación de La Rosa (2018) En las colinas del Cerro Concacucho en Lima, se destaca que la plantación de árboles tiene un efecto beneficioso en la salud del suelo, mejorando aspectos como el contenido de materia orgánica y la composición del suelo. En las microcuencas analizadas, la deficiente calidad del suelo indica la importancia de establecer iniciativas de reforestación o modelos agroforestales que favorezcan la restauración de la fertilidad del terreno.

Finalmente, los estudios de Sánchez (2024) y León (2021) Los datos acerca de la calidad del suelo en distintos tipos de sistemas productivos en Tingo María muestran que la calidad del suelo se ve afectada directamente por los métodos de producción agrícola. En las microcuencas analizadas, la deficiente calidad del suelo indica que las prácticas agrícolas actuales no aseguran la durabilidad del suelo a largo plazo. La introducción de técnicas para proteger el suelo, como alternar los cultivos, emplear fertilizantes naturales y ampliar la variedad de productos, podría elevar los índices del ICS y garantizar un rendimiento agrícola más alto en estas áreas.

## V. CONCLUSIONES

Se determino los parámetros físicos del suelo, en las microcuencas estudiadas (Huiru Huiru, Huangancoragra, Malagayan, Carhuacocha y Succhacocha), encontrándose que la clase textural predominante fue franco arenoso. En la microcuenca de Carhuacocha se registró un valor significativo de 68% de arena, 18% de limo y 14% de arcilla.

Se determinó los parámetros fisicoquímicos del suelo. En las microcuencas evaluadas el pH oscila entre 4.5 a 8 una reacción que varía de ácida a ligeramente alcalina, lo que refleja amplia diversidad de condiciones químicas, presentan contenido bajo de materia orgánica 0.98%, nivel deficitario de nitrógeno 0.07% y fosforo 5.7 ppm, estos resultados reflejan una limitada capacidad del suelo.

Se determinó el índice de calidad ambiental del suelo en las microcuencas (Huiru Huiru, Huangancoragra, Malagayan, Carhuacocha y Succhacocha). Solo en Huiru Huiru se encontró valores ligeramente superiores, llegando hasta 0.425 y clasificados como “baja calidad”.

Se determino la calidad ambiental del suelo mediante indicadores en las microcuencas Huiru, Huiru, Huangancoragra, Malagayan, Carhuacocha y Succhacocha. Obteniendo Baja Calidad del suelo está vinculado con la escasa cobertura vegetal, prácticas agrícolas inadecuadas.

## **VI. PROPUESTAS A FUTURO**

Implementar un programa de expansión de la investigación a otras microcuencas con características similares y diferentes.

Desarrollar modelos predictivos basados en los datos obtenidos para estimar la evolución de la calidad del suelo a futuro.

Evaluar La influencia de las acciones humanas en la salud del suelo, tomando en cuenta aspectos como la aplicación de abonos, la tala de árboles y la cría de ganado.

Fomentar la participación de comunidades locales en la conservación del suelo mediante programas de educación ambiental y prácticas sostenibles.

Diseñar estrategias de restauración del suelo basadas en Los resultados logrados con la finalidad de mejorar su excelencia y reducir los impactos de la degradación.

## VII. REFERENCIAS

- ACEVEDO, E., et al. (2005). Criterios de calidad del suelo agrícola. [En línea]: USDA, (<http://soils.usda.gov/sqi/informe>, 22 Feb. 2006).
- Alloway, B. J. (2013). Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability (3rd ed.). Springer. 10.1007/978-94-007-4470-7
- ALTIERI, M. 1997. Agroecología; Bases científicas para una agricultura sustentable. Ed. Centro de Investigación, Educación y Desarrollo. 2ed. Lima, Perú. 51 p.
- BARREZUETA, S., PAZ, A., CHABLA, C. 2017. Determinación de indicadores para calidad de suelos cultivados con cacao en provincia de El Oro-Ecuador. Ecuador. 3(1): 17-24 p.
- BAUTISTA, C., ETCHEVERS, B., DEL CASTILLO, R., GUTIÉRREZ, C. 2004. La calidad de los suelos y sus indicadores. [En línea]: (<http://www.aeat.org/ecosistema/>, 26 de oct. 2019).
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2008). The Nature and Properties of Soils (14th ed.). Pearson Education. (Capítulo 9: "Soil Reaction: Acidity and Alkalinity", p. 316).
- CALDERON, F. 1999. Metodologías para el análisis químico del suelo. Labs. 6 Jun. 1999.
- CARBAJAL, Y., ESCOBAR, J., SAMBONI, N. 2007. Revisión de parámetros fisicoquímico como indicadores de calidad y contaminación del agua. Ingeniería e Investigación. Bogotá, Colombia. 172-181 p.
- CARTER, M.R., GREGORICH, E.G., ANDERSON, D.W., DORAN, J.W., JANZEN, H.H. y PIERCE, F.J. 1997. Concepts of soil quality and their significance. En Soil quality for crop production and ecosystem health (eds. Gregorich, E.G. y Carter, M.). Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Netherlands.
- Chaudhary, P., Chaudhary, A., Bhatt, P., Kumar, G., Khatoon, H., Rani, A., Kumar, S. y Sharma, A. (2022). Evaluación de los indicadores de salud del suelo bajo la influencia de nanocompuestos y *Bacillus* spp. en condiciones de campo., 9. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.769871>.
- CHEN, Z. 2000. Relationship between heavy metal concentrations in soils of Taiwan and uptake by crops. [En línea]: FFTC, (<http://www.fftcc.agnet.org/>, 26 oct. 2019).
- CORREA, J. (2012). Calidad de suelos en diferentes sistemas de uso en el predio Tulumayo – UNAS – Tingo María. Tesis Ing. Conservación de Suelos y Aguas. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 120 p.

- DAZA, J. (2018). Evaluación de indicadores de calidad del suelo y carbono orgánico en dos sistemas de uso de la tierra en el distrito Rupa Rupa – Tingo María. Tesis Ing. Conservación de Suelos y Aguas. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 76 p.
- DECRETO N° 3516. 2003. Norma de Calidad Ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados. Quito, Ecuador. 30 p.
- DELGADO, R., ESPAÑA, M. (1999). Evaluación de la biomasa microbiana por los métodos fumigación-incubación y fumigación-extracción y su relación con la disponibilidad de nitrógeno en suelos de Venezuela. Instituto de Investigaciones en Recursos Agroecológicas. Apdo. 4846. Maracay 2101. Estado Aragua. Venezuela.
- DORAN, J., LINCOLN, N. 1999. Guía para la evaluación de la calidad del suelo. [En línea]: USDA, (<http://soils.usda.gov/sqi>, Documento, 26 Oct. 2019).
- DORAN, J.W. y PARKIN, B.T. 1994. Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Soil Science Society of America, Inc. Special Publication. Number 35. Madison, Wisconsin, USA.
- FAO. (1996). Indicadores de la calidad de la tierra y su uso para la agricultura sostenible y el desarrollo rural. Departamento de Desarrollo Sostenible de la FAO, Roma (Italia). Boletín de tierras y aguas de la FAO 5. 219 p.
- Galloway, J. N., et al. (2008). Transformation of the nitrogen cycle: Recent trends, questions, and potential solutions. *Science*, 320(5878), 889-892. 10.1126/science.1136674
- GARCIA, L. (2014). Determinación de la influencia del abono orgánico (tropimax) en las propiedades del suelo y en el crecimiento del pino chuncho (*Schizolobium amazonicum*). Tesis. Tingo María. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 95p.
- Godoy, p. (2022). Factores limitantes de la fertilidad de los suelos por unidades fisiográficas en la microcuenca de Quiullacocha- Santa María del Valle- Huánuco 2021. <https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#4.01.06>
- GUZMAN, G., GONZALES, M., SEVILLA, E. (2000). Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible. Ed. Aedos S.A. Ediciones Mundi prensa. Madrid, España. 535p.
- HERNANDEZ, A. (2006). El suelo; Fundamentos sobre su formación, los cambios globales y su manejo. Universidad Autónoma de Nayarit. 1ed. 254 p.
- HERNANDEZ, R. (2007), Modelación Hidrológica En La Subcuenca Lempa Alto En Cooperación Con La Comisión Trinacional Del Plan Trifino, Universidad De El Salvador, Honduras Guatemala. 08 de julio 2015.

- HERNANDEZ, R., FERNANDEZ, C., BAPTISTA, M. (2014). Metodología de la investigación. Sexta edición. McGraw-Hill/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. 632P.
- HOSOKAY, M. (2012). Calidad de suelos en diferentes sistemas de uso en Supte San Jorge – Tingo María. Tesis Ing. Conservación de Suelos y Aguas. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 126 p.
- ISO 14055-1. (2017). Norma Internacional de sistema de Gestión Ambiental- Directrices para el establecimiento de buenas prácticas para combatir la degradación y la desertificación de los suelos. Ginebra, Suiza. 50 p.
- ISO 9001. 2015. Norma Internacional sistema de Gestión de calidad, requisitos. 5 ed. Ginebra, Suiza. 44p
- KARLEN, L., MAUSBACH, M., DORAN, J., CUNE, F., HARRIS, E. 1997. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61:4-10.
- LA ROSA, E. (2018). Cambios de las propiedades fisicoquímicas del suelo en las laderas del cerro Concacucho post forestación en la Universidad Peruana Unión, Ñaña, Lima. Tesis para optar el título profesional de la Universidad Peruana Unión. 94 P.
- Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304(5677), 1623-1627. 10.1126/science.1097396
- Lal, R. (2015). Soil Carbon: Science, Management and Policy for Multiple Benefits. CAB International. (Capítulo 2: "Soil Organic Matter and Soil Carbon Sequestration", p. 25).
- Leon. J. (2021). Índice de calidad ambiental del suelo en el distrito de Jose crespo y castillo – Huánuco. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tesis de Pregrado.
- LEY N° 8. (2007). Ley de suelo. España. 38 p.
- LUTERS, A. y SALAZAR, J.C. (2000). Soil quality test kit guide. Área de cartografía de suelos y evaluación de tierras. Instituto de suelos CRN-CNIA-INTA.
- Marschner, H. (2012). Mineral Nutrition of Higher Plants (3rd ed.). Academic Press. 10.1016/B978-0-12-384905-2.00012-1
- MARTINEZ, E. 2003. Reacción del suelo (pH). *Rev. Batuco*. Universidad de Chile. 1-34.
- MARTÍNEZ, P. 2010. Forestal, informe temático. Proyecto Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible de la selva de Huánuco, convenio entre el IIAP, DEVIDA. Iquitos – Perú.
- MINAE. (2004). D.S. N°31849-MINAE-S-MOPT-MAG-MEIC. [En línea]: MINAE, (<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/cos77492.pdf>, 26 oct 2019).

- MINAM. (2017). Decreto Supremo N.º 011-2017-MINAM: Aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo. Diario Oficial El Peruano.
- MOSCATELLI, G., SOBRAL, R., NAKAMA, V. 2005. Nueva tendencia para conocer el estado de los suelos. [En línea]: INTA, (<http://www.inta.gov.ar/>, Artículo, 26 oct. 2019).
- Muñoz-Rojas, M., Erickson, T., Dixon, K., & Merritt, D. (2016). Indicadores de calidad del suelo para evaluar la funcionalidad de suelos restaurados en ecosistemas semiáridos degradados. *Restoration Ecology*, 24. <https://doi.org/10.1111/rec.12368>
- NATIONAL RESOURCE CONSERVATION SOIL (NRCS) 2004. What is soil quality. [En línea]: USDA, ([http://soils.usda.gov/sailsoil/guality/what is/](http://soils.usda.gov/sailsoil/guality/what%20is/), documento, 26 oct. 2019).
- Núñez, I (2020). Análisis del efecto del uso del suelo en las propiedades físicas de textura y pH de la parcela 17 del km 52 de la carretera Iquitos – Nauta. <http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.06>
- Öztürk, E., y Dengiz, O. (2020). Evaluación y selección de microcuencas adecuadas para la agricultura orgánica en condiciones de ecosistemas subhúmedos: un estudio de caso de la provincia de Trabzon, Turquía. *Arabian Journal of Geosciences*, 13. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-06200-1>
- Römheld, V., & Kirkby, E. A. (2010). Research on potassium in agriculture: Needs and prospects. *Plant and Soil*, 335(1-2), 155-180. [10.1007/s11104-010-0520-1](https://doi.org/10.1007/s11104-010-0520-1)
- ROMIG, D.E., GARLYND, M.J., HARRIS, R.F. y McSWEENEY, K. 1995. How farmers assess soil health and quality. *J. Soil Water Conservation* 50: 229-236.
- RUIZ, G.P. 2016. Estudio fisicoquímico del suelo del sistema de andenería del centro poblado Caca, provincia de Yauyos, Lima. Tesis para optar el grado de maestro de la Pontificia Universidad Católica del Perú. 145 P.
- Sánchez N. & Gil V. (2015). Establishing an index and identification of limiting parameters for characterizing soil quality in mediterranean ecosystem.
- Sánchez, M. (2024). Índices de calidad del suelo en sistemas integrales de producción en el caserío peregrino, distrito Daniel Alomía robles – Tingo María. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tesis de Pregrado.
- SÁNCHEZ-NAVARRO, A., et al. (2015). Establishing an index and identification of limiting parameters for characterizing soil quality in Mediterranean ecosystems. *CATENA*, 131, 35–45. [En línea]: DOI, (<http://doi.org/10.1016/j.catena>. Publicad en febrero del 2015).

- Schlöter, M., Nannipieri, P., Sørensen, S., y Elsas, J. (2017). Indicadores microbianos de la calidad del suelo. *Biología y fertilidad de los suelos*, 54, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s00374-017-1248-3>.
- SCHWEIZER, S. (2011). Muestreo y análisis del suelo para diagnóstico de su fertilidad. [En línea]: Biblioteca virtual, (<http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/P33-9965.pdf>, documentos, 28 de oct. 2019).
- USDA, (2014). Claves para la clasificación de suelos. 12 ed. Estados Unidos. 410 p.
- USDA, (2017). Soil Survey Manual. 18 ed. Estados Unidos. 639 p.
- Weil, R. R., Brady, N. C., & Weil, R. R. (2017). *The nature and properties of soils* (Vol. 1104). London, UK: Pearson.

## VIII. ANEXOS



**Figura 3.** Con la autoridad del Centro poblado menor de Chichipon



**Figura 4.** Recojo de muestras



**Figura 5.** Rotulación de muestras



**Figura 6.** Realizando la excavación para la calicata



**Figura 7.** Toma de punto de coordenadas



**Figura 8.** Recorrido de las zonas



**Figura 9.** Calicata del lugar de Shiracayoc



**Figura 10.** Calicata del lugar de Independencia de Coyta



**Figura 11.** Calicata del lugar de Pirushto



# ANÁLISIS DE SUELOS



SOLICITANTE:	JOSE ANTONIO FLORES TAPULLIMA	FECHA DE REPORTE:	20/12/2024
PROCEDENCIA:	PROVINCIA: HUACAYBAMBA REGIÓN: HUANUCO	MUESTRA:	SUELO
REFERENCIA:		RECIBO N°	53895281

RESULTADOS DEL ENSAYO SOLICITADO

N°	DATOS						ANÁLISIS FÍSICO						ANÁLISIS QUÍMICO																	
							Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural	CE	pH	Materia Orgánica	N	C	P	K <sub>2</sub> O	Cd	Pb	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	Sesmo Cambiable (%)	Ácidos Cambiable (%)	Saturación de Aluminio (%)
							Ar	Arc	Lo		dSm	M.O.	total	Org.	disponible				Cmb		Magn	Potasio	Sodio	Aluminio	Hidrogeno					
							%	%	%	1:1	1:1	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
1	S24-1347-1	294567	899816	C1-CH	CAUCATA	SAN MIGUEL DE CHISPÓN	55	22	23	Franco Arcillo Arenoso	0.28	7.70	2.24	0.112	1.299	13.021	145.194	0.5544	7.1640	6.336	4.450	0.670	0.120	0.096	0.000	0.000	-	100	0	0
2	S24-1347-2	292803	8998434	C3-CH	CAUCATA	SAN MIGUEL DE CHISPÓN	33	40	27	Arcilloso	0.17	8.25	2.41	0.120	1.396	7.364	460.172	0.4140	4.9880	9.258	6.780	1.333	1.023	0.122	0.000	0.000	-	100	0	0
3	S24-1347-3	292728	8998521	C3-CH	CAUCATA	SAN MIGUEL DE CHISPÓN	31	18	51	Franco Limoso	0.38	8.38	0.45	0.022	0.260	4.955	564.072	0.3854	4.5840	9.568	6.830	1.333	1.257	0.148	0.000	0.000	-	100	0	0
4	S24-1347-4	292904	8998561	C4-CH	CAUCATA	SAN MIGUEL DE CHISPÓN	33	10	57	Franco Limoso	2.30	7.75	2.97	0.148	1.721	13.164	484.998	0.4299	4.5840	6.150	4.530	0.862	0.654	0.104	0.000	0.000	-	100	0	0
5	S24-1347-5	292208	8998338	C5-CH	CAUCATA	SAN MIGUEL DE CHISPÓN	33	40	27	Arcilloso	0.66	8.16	2.85	0.143	1.656	9.345	494.103	0.5121	4.8080	8.348	6.160	1.333	0.741	0.113	1.800	0.000	-	100	0	0
6	S24-1347-6	292788	8998847	C6-CH	CAUCATA	SAN MIGUEL DE CHISPÓN	49	26	25	Franco Arcillo Arenoso	0.44	8.60	2.97	0.148	1.721	3.795	342.383	0.3921	4.5600	9.441	6.990	1.333	0.978	0.139	0.000	0.000	-	100	0	0
7	S24-1347-7	293304	8998584	C7-CH	CAUCATA	SAN MIGUEL DE CHISPÓN	57	20	23	Franco Arcillo Arenoso	0.40	8.04	3.41	0.171	1.981	17.804	488.077	0.3771	4.4440	7.927	6.140	1.064	0.634	0.089	2.250	1.250	-	100	0	0
8	S24-1347-8	293048	8998388	C8-CH	CAUCATA	SAN MIGUEL DE CHISPÓN	37	28	35	Franco Arcilloso	0.10	8.34	1.90	0.095	1.104	8.078	311.785	0.4166	4.6120	7.797	6.370	1.066	0.257	0.104	0.000	1.480	-	100	0	0
9	S24-1347-9	291965	8998415	C9-CH	CAUCATA	SAN MIGUEL DE CHISPÓN	35	32	33	Franco Arcilloso	0.12	8.30	2.32	0.116	1.346	5.669	195.363	0.2712	7.9480	7.998	6.350	1.333	0.224	0.091	0.000	0.000	-	100	0	0
10	S24-1347-10	292280	9000100	C10-CH	CAUCATA	SAN MIGUEL DE CHISPÓN	47	22	31	Franco	0.20	7.98	2.35	0.118	1.364	13.173	143.121	0.3024	7.2240	7.125	5.850	0.875	0.301	0.099	0.000	2.260	-	100	0	0

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.  
 Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
 Tingo María  
  
 Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI  
 Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



Figura 12. Resultados del Laboratorio de Análisis de suelos, Agua y Ecotoxicología de la Microcuenca Huangancoragra







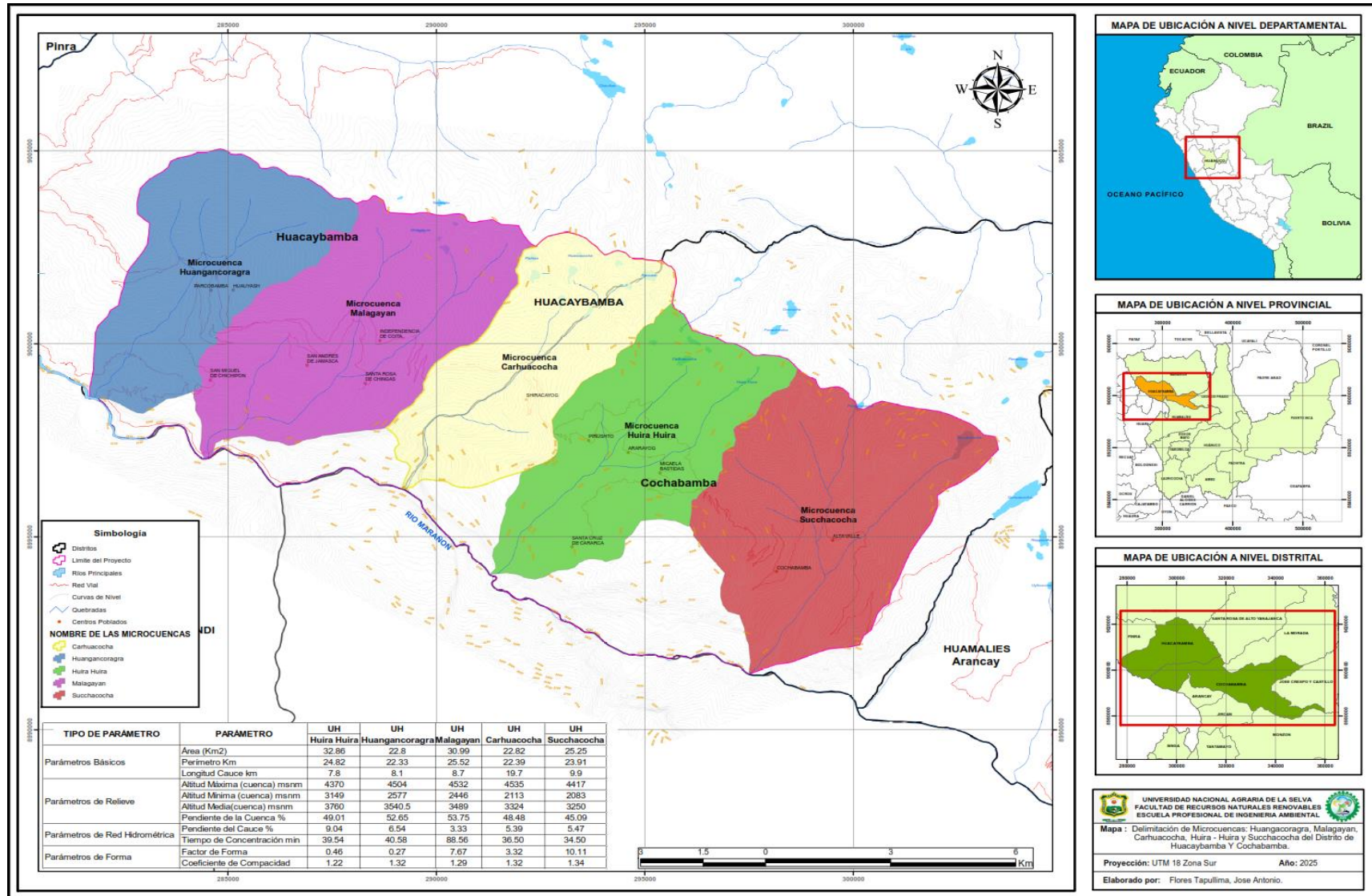
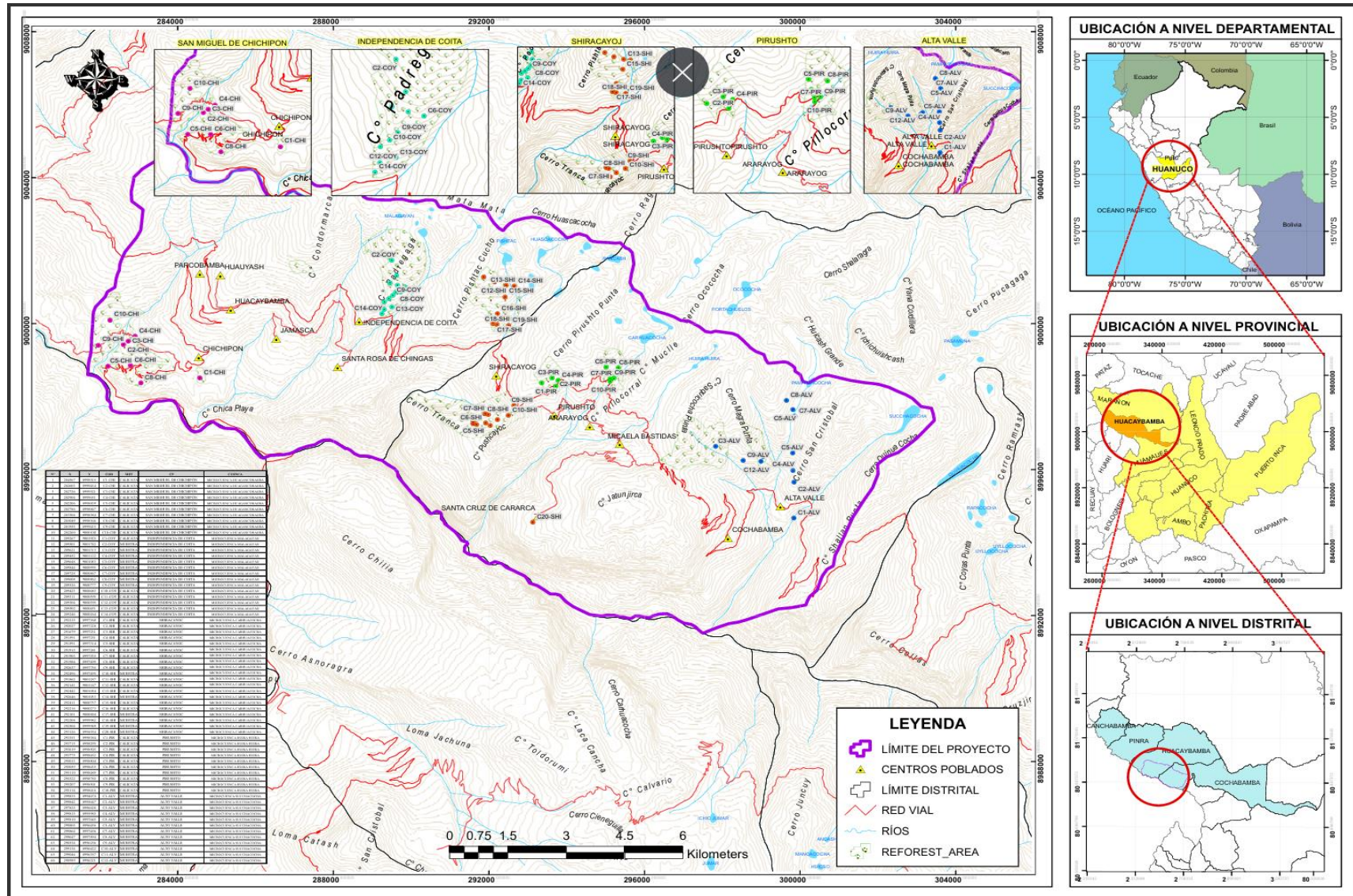


Figura 16. Delimitación de las Microcuencas de Huangancoragra, Malagayan, Carhuacocho, Huira Huira y Suchacocho.



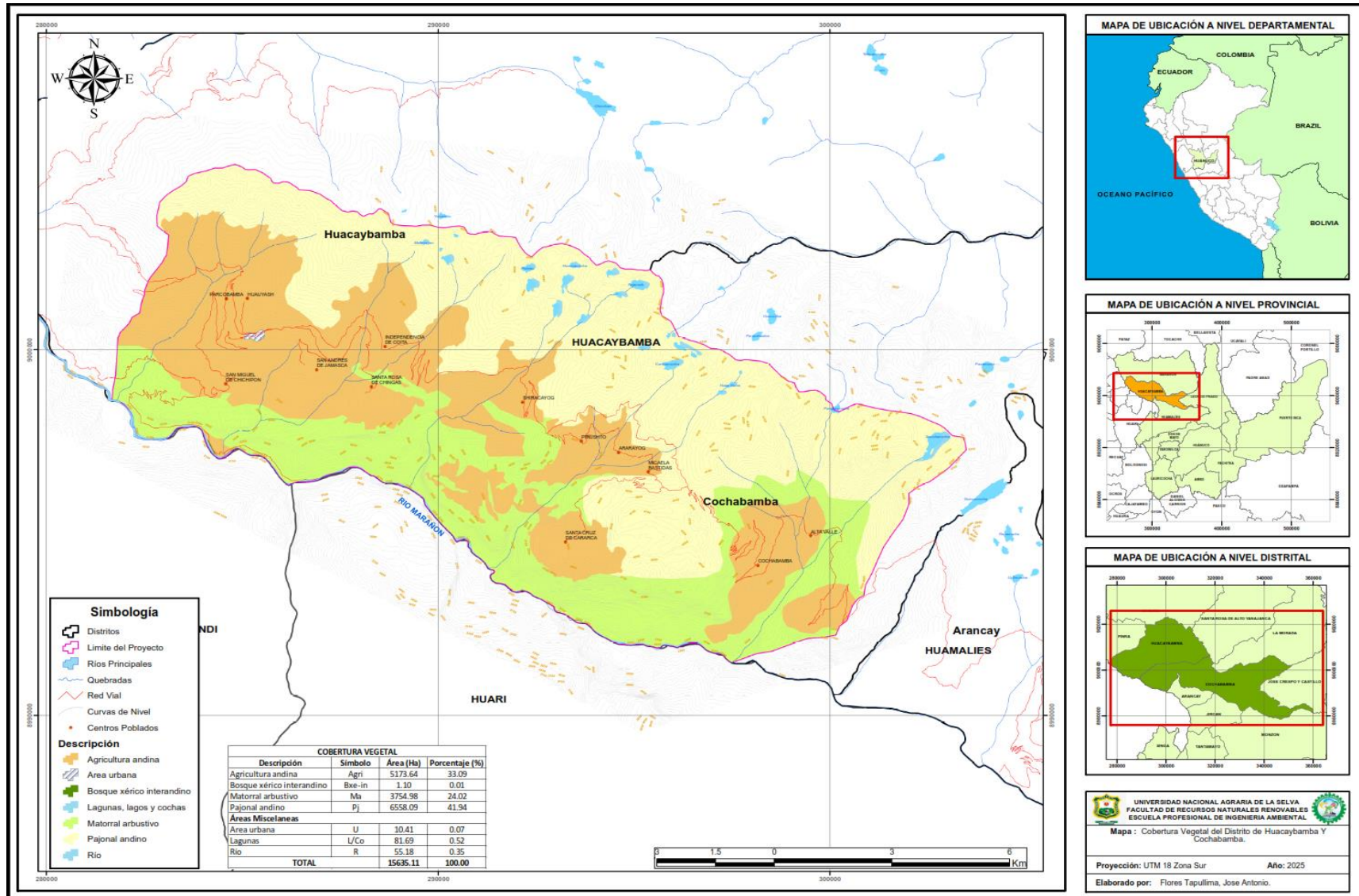


Figura 18. Mapa de Cobertura Vegetal

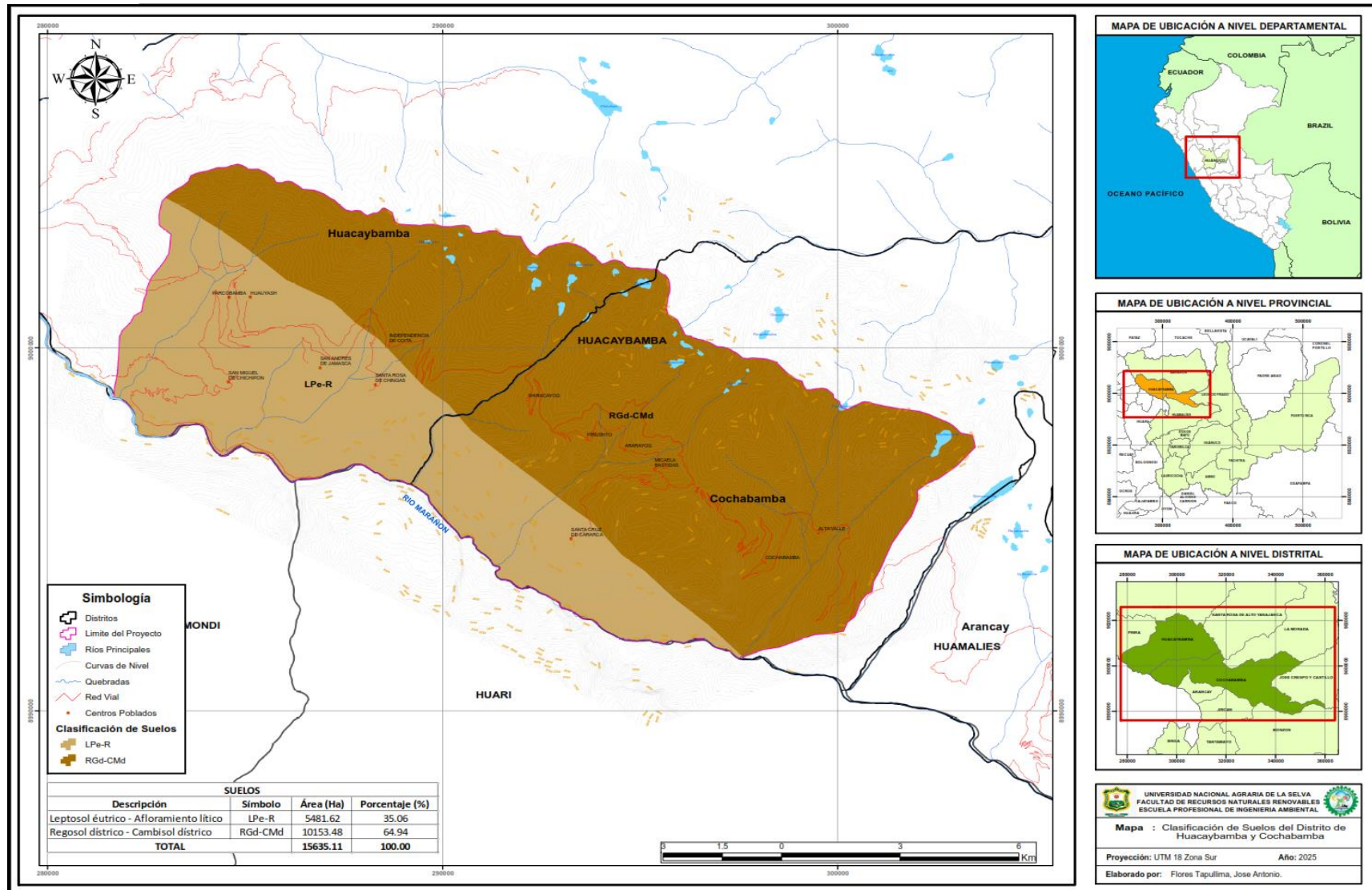


Figura 19. Mapa de Clasificación de Suelos