

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



CARACTERIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE SUELOS EN LA
PROVINCIA DE LEONCIO PRADO

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

PRESENTADO POR:

MISHELL JAHAYRA MUÑOZ LINO

Tingo María – Perú.

2024



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N°100-2024-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 28 de agosto de 2024, a horas 07:00 p.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

“CARACTERIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE SUELOS EN LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO”

Presentado por el Bachiller: **MUÑOZ LINO, MISELL JAHAYRA**, 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 EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 03 de octubre 2024

Dr. LUCIO MANRIQUE DE LARA SUAREZ
PRESIDENTE

Dr. JOSE DOLORES LEVANO CISOSTOMO
MIEMBRO

Ing. MSc. JOSE VICTOR QUIROZ RAMIREZ
MIEMBRO

Ing. MSc. LUIS BENIGNO ZUÑIGA CERNADES
ASESOR



Audi.

DSc. DEMETRIO ANGELO LAMA ISMINIO
ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE INVESTIGACIÓN - DGI
REPOSITORIO INSTITUCIONAL - UNAS
Correo: repositorio@unas.edu.pe



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

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 032 - 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 en Conservación de Suelos y Agua

Tipo de documento:

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

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
CARACTERIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE SUELOS EN LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO	MISHELL JAHAYRA MUÑOZ LINO	09 % Nueve

Tingo María, 29 de enero de 2025


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

C.C. Archivo

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



CARACTERIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE SUELOS EN LA
PROVINCIA DE LEONCIO PRADO

Autor	: MISHHELL JAHAYRA MUÑOZ LINO.
Asesor (es)	: Ing. M.Sc. Luis Benigno Zúñiga Cernades DSc. Demetrio Angelo Lama Isminio
Programa de investigación	: Gestión de cuencas Hidrográficas.
Línea de investigación	: Gestión y Conservación del Recurso Suelo.
Eje temático	: Sistema de clasificación de suelo.
Lugar de ejecución	: Pumahuasi – Daniel Alomias Robles.
Duración	: seis meses.
Financiamiento	: S/. 5 992. 00
FEDU	: No
Propio	: Si
Otros	: No

Tingo María – Perú, 2024



VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
OFICINA DE INVESTIGACION

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCION DEL
TITULO UNIVERSITARIO, INVESTIGACIÓN DOCENTE
Y TESISISTA

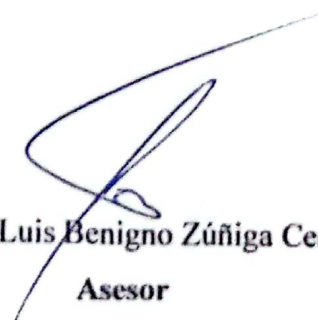
(Resol. N° 113-2019-CU-R-UNAS)

I. Datos Generales de Pregrado

Universidad : Universidad Nacional Agraria de la Selva.
Facultad : Facultad de Recursos Naturales Renovables.
Título de tesis : Caracterización y clasificación taxonómica de suelos en
la provincia de Leoncio Prado
Autor : Mishell Jahayra Muñoz Lino
Asesor de tesis : Ing. M.Sc. Luis Benigno Zúñiga Cernades
DSc. Demetrio Angelo Lama Isminio
Escuela Profesional : Ingeniería en Conservación de suelos y agua
Área de investigación : Ciencias básicas
Grupo de investigación : Ciencias básicas
Línea de investigación : Gestión y Conservación del Recurso Suelo
Lugar de ejecución : Pumahuasi – Daniel Alomias Robles
Duración : 06 meses
Financiamiento : Propio

Tingo María, Perú, 2025.


Mishell Jahayra Muñoz Lino
Tesisista


Ing. M.Sc. Luis Benigno Zúñiga Cernades
Asesor

DEDICATORIA

A Dios, por siempre darme la fuerza suficiente para salir adelante y darme salud para enfrentar día a día las adversidades del camino llamado vida, muchas gracias por bendecirme con todo lo que hoy en día tengo y aprecio.

A mis Amados padres Jhon Peter Muñoz Laurencio y Janeth Linda Lino Lastra a los cuales estoy infinitamente agradecida pues soy quien soy gracias a ellos, por todo el apoyo y amor incondicional que me han demostrado en toda mi formación tanto personal como académica.

A mis Hermanos Alondra Shara Muñoz Lino y Edu Alvieri Muñoz Lino porque siempre estaremos presentes en la vida del otro así estemos separados en un futuro por todos los recuerdos que compartimos juntos y los momentos felices de nuestra vida.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva por darme la oportunidad de pertenecer a su institución, agradecer a todos los docentes que fueron partícipes de mi formación profesional por todo el conocimiento brindado a lo largo de estos cinco años cursados y el cual se viene dando por culminada esta etapa de mi vida gracias por la orientación y guía.

A mis asesores DSc. Demetrio Angelo Lama Isminio por el asesoramiento brindado en todo el transcurso de la elaboración de la tesis y por todo el conocimiento invaluable que compartió conmigo para su ejecución, así mismo al Ing. M.Sc. Luis Benigno Zúñiga Cernades por ser parte de mi formación profesional.

Al DSc. Demetrio Angelo Lama Isminio, Alex caqui Ordoñez, Levi Johan Almonacid Venegas, Tathiana Datriana Feliciano Aquino, Pamela Mayeli Fabian Huachaca, Fueron los que me ayudaron en cada una de las calicatas de los diferentes lugares, También al DSc. Paul Lama Isminio por toda la ayuda brindada en mi formación académica y por la guía para ser una profesional competente.

A mis amigos, María Isabel Estrella Leandro, Tathiana Datriana Feliciano Aquino, Pamela Fabián Huachaca, Alex Caqui Ordoñez, Yuly Yesenia Rafaela Perez y Anabel Cristina Cruz Juarez, por todo el apoyo y cariño que me demostraron no solo en lo intelectual también en los consejos que me brindaron, los momentos inolvidables que pasamos y que siempre estuvimos juntos en las buenas y en las malas gracias por siempre estar a mi lado en estos 5 años de mi vida.

ÍNDICE

	Página
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. Sistemas de clasificación.....	3
2.1.1. Soil Taxonomy	3
2.1.2. World Reference Base For Soil Resources - WRB/FAO.....	5
2.2. Principales ordenes de suelos encontrados en la Amazonia Peruana.....	7
2.3. Estado del arte	9
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
3.1. Caracterización del área de estudio	11
3.2. Criterios de análisis	13
3.2.1. Tipo y nivel de investigación.....	13
3.2.2. Diseño de la investigación.....	13
3.3. Metodología.....	13
3.3.1. Muestreo y clasificación.....	13
3.3.2. Análisis físicos y químicos.....	16
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
4.1. Características Físicas y morfológicas	17
4.2. Características químicas del suelo.....	20
4.3. Procesos pedogenéticos	23
4.4. Horizonte de diagnóstico	26
4.5. Propiedades y materiales de diagnóstico	27
4.6. Clasificación de suelos	29
V. CONCLUSIONES.....	31
VI. PROPUESTAS A FUTURO	32
VII. REFERENCIAS	33
VIII. ANEXOS	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
Tabla 1. Órdenes del actual sistema de clasificación Soil Taxonomy (2023).....	3
Tabla 2. Órdenes del actual sistema WRB/FAO (2022)	5
Tabla 3. Localización y características generales de los perfiles de suelos muestreados	15
Tabla 4. Características morfológicas y granulometría de los suelos estudiados.....	19
Tabla 5. Características químicas de los suelos estudiados.....	22
Tabla 6. Propiedades de diagnóstico, procesos Pedogenéticos y clasificación de los suelos estudiados	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo dentro del área de estudio.....	11
Figura 2. Distribución de la precipitación media mensual y temperatura (°C) a lo largo de (1990-2020).....	12
Figura 3. Perfil esquemático representando la toposecuencia analizada con los perfiles de suelo	14
Figura 4. Entrada de sedimentos y cationes a través del proceso de erosión	25
Figura 5. Posición paisajística del P06 evidenciando los procesos de agradación	28
Figura 6. Presencia de carbonatos	29
Figura 7. Paisaje del perfil P01.....	41
Figura 8. Apertura y lectura del perfil P01	41
Figura 9. Descripción del perfil P01.....	42
Figura 10. Ficha Técnica del perfil P01	43
Figura 11. Paisaje del perfil P02.....	44
Figura 12. Apertura y lectura del perfil P02.....	44
Figura 13. Descripción del perfil P02.....	45
Figura 14. Ficha técnica del perfil P02.....	46
Figura 15. Paisaje del perfil P03.....	47
Figura 16. Apertura y lectura del perfil P03.....	47
Figura 17. Descripción del perfil P03.....	48
Figura 18. Ficha técnica del perfil P03.....	49
Figura 19. Paisaje del perfil P04.....	50
Figura 20. Apertura y lectura del perfil P04.....	50
Figura 21. Descripción del perfil P04.....	51
Figura 22. Ficha técnica del perfil P04.....	52
Figura 23. Paisaje del perfil P05.....	53

Figura 24. Apertura y lectura del perfil P05.....	53
Figura 25. Descripción del perfil P05.....	54
Figura 26. Ficha técnica del perfil P05.....	55
Figura 27. Paisaje del perfil P06.....	56
Figura 28. Apertura y lectura del perfil P06.....	56
Figura 29. Descripción del perfil P06.....	57
Figura 30. Ficha técnica del perfil P06.....	58

RESUMEN

La caracterización y clasificación de los suelos son herramientas esenciales para entender la naturaleza y el estado de los suelos. A pesar de los recientes avances, el conocimiento de los suelos en la Amazonia peruana aun es limitado, sobre todo en la provincia de Leoncio Prado. El objetivo de este trabajo fue caracterizar y clasificar taxonómicamente los suelos dentro de la provincia de Leoncio Prado. Se realizó la caracterización morfológica *in situ* de seis perfiles de suelos el cual se realizaron análisis físico y químico. El factor material parental fue muy importante para la diferenciación de los suelos, esto en asociación con el paisaje. Se observó que los perfiles P01, P03, P04 y P05 originados a partir de depósitos aluviales antiguos, presentan mayor grado de desarrollo pedogenético, reflejado por los bajos contenidos en suma de bases y niveles altos de Al^{3+} , además de presentar una CIC de la arcilla $\leq 24 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ indicando el predominio de caolinita. Los perfiles P01 y P02 encontrados en las posiciones más bajas de los paisajes, originados a partir de depósitos aluviales más recientes, presentan valores de pH más altos y Ca^{2+} implicando en una saturación por bases $> 50\%$. Valores más altos de carbono orgánico fue observado en los horizontes superficiales de todos los perfiles de los suelos estudiados, justificado por el aporte de residuos orgánicos de las plantas. El horizonte A del perfil P05 presenta una espesura de 60 cm, con value y chroma < 3 y estructura granular, atendiendo a las características de un horizonte *Umbric*, probablemente favorecido por el relieve plano del terreno asociado a una densa vegetación compuesto por macorilla. La clasificación taxonómica de esos suelos según la Soil Taxonomy es: *Inceptisols* y *Entisols*; según la WRB, a nivel de categoría fueron identificados *Cambisols*, *Umbrisols* e *Fluvisols*.

Palabras clave: Procesos pedogenéticos, Propiedades siderálicas, Suelos de la Amazonia, Horizonte úmbric, Horizonte ochric.

ABSTRACT

The characterization and classification of the soil are essential tools for understanding the nature and the state of the soil. In spite of recent advances, the understanding of Peruvian Amazon soils is still limited, above all, in the Leoncio Prado province. The objective of this work was to characterize and taxonomically classify the soils within the Leoncio Prado province. A morphological characterization of six soil profiles was done *in situ*, for which a physical and chemical analysis were done. The parental material factor was very important for the differentiation between the soils; this, in association with the landscape. It was observed that P01, P03, P04, and P05 profiles originated from the old alluvial deposits, presenting a greater degree of pedogenetic development; reflected by the low contents as a sum of the bases and the high levels of Al^{3+} , as well as presenting a CEC (CIC in Spanish) for the clay of $\leq 24 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$, indicating the dominance of kaolinite. The P01 and P02 profiles [that were] found among the lowest positions of the landscape, originating from the most recent alluvial deposits, presented higher pH values and Ca^{2+} , implicating a saturation due to bases of $> 50\%$. Higher values of organic carbon were observed on the superficial horizons of all of the profiles for the soils in study, justified by the contribution of organic waste from the plants. The A horizon of the P05 presented a thickness of 60 cm with a value and a chroma < 3 and a granular structure; attending to the characteristics of an umbric horizon, probably favored due to the flat relief of the terrain associated with a dense vegetation composed by macorilla. The taxonomic classification of these soils, according to the soil taxonomy was: *Inceptisols* and *Entisols*; according to the WRB, at a category level they were identified as *Cambisols*, *Umbrisols* and *Fluvisols*.

Keywords: pedogenetic processes, siderite properties, Amazon soil, umbric horizon, ochric horizon.

I. INTRODUCCIÓN

El Perú, posee una gran variedad de condiciones climáticas, geológicas, topográficas (Sánchez, 2003) y de vegetación, que están directamente influenciados por los pisos altitudinales (Lama et al, 2024). Esta interacción de factores crea variaciones en los recursos naturales del país que son evidenciados por los diversos tipos de suelos y vegetación con características peculiares en cada región. Sin embargo, muchos de esos recursos no fueron debidamente identificados para un adecuado uso, limitando de esta manera un manejo sustentable, principalmente en la amazonia peruana.

El uso irresponsable de recursos naturales y la agricultura intensiva sin protección conlleva a la degradación del suelo, ocasionando reducción de la productividad de los cultivos y desconformidad del agricultor. Actualmente la amazonia peruana viene registrando pérdidas de cobertura boscosa producto de la actividad ganadera y expansión agrícola migratoria (Rojas *et al.*, 2019), incrementando los del calentamiento global, con el aumento del dióxido de carbono en la atmosfera. Evaluar la calidad de esos recursos naturales y su potencial de producir alimentos para las generaciones presentes y futuras, requiere de información detallada sobre características del suelo, imprescindible para un desarrollo sustentable y uso eficiente de los recursos.

Con la finalidad de identificar los diferentes tipos de suelos, se planteó las siguientes interrogantes: ¿Existirá una variación de suelos a lo largo de una toposecuencia en los distritos de Daniel Alomias Robles y Hermilio Valdizan? y ¿Cómo se clasifican esos suelos?

El presente trabajo se justifica considerando la limitada información publicada sobre caracterización y clasificación de suelos en la amazonia peruana que fueron realizados por estudios técnicos por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales – ONERN, durante la década de los 60's hasta inicios de los 90's para fines agrícolas. Así mismo, son escasos los estudios científicos realizados en esta área (Estrada, 1971; Flores, 1977; Sanchez & Buol, 1974; Tyler *et al.*, 1978; Osher & Buol, 1998) el cual determinan los factores dominantes que controlan las características propias de cada suelo, siendo el más reciente publicado por Lama (2024). De modo general, a pesar del avance tecnológico durante los últimos 30 años, estos tipos de estudios en el país aún son aún limitados, inclusive a nivel local; estudios detallados actualizados permitirán conocer las características y tipos de suelos existentes.

De ello deriva la importancia de caracterizar y clasificar suelos en áreas representativas de la región, el cual es crucial para la determinación de su uso potencial, vulnerabilidad y planeamiento de uso de la tierra, además de ser un pre-requisito para un manejo adecuado del paisaje, con la finalidad de evitar una posterior degradación del recurso suelo, enfrentándonos adecuadamente a los desafíos ambientales que se dan actualmente, además de profundizar nuevos conocimientos en el área de suelos, tanto para instituciones ligadas al tema agrícola y ambiental así como para la comunidad científica. Ante lo expuesto, se plantean los siguientes objetivos:

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Caracterizar y clasificar los suelos en una toposecuencia en los distritos de Daniel Alomias Robles y Hermilio Valdizan

1.1.2. Objetivos específicos

- Describir las características morfológicas del perfil del suelo
- Determinar las características físicas y químicas del perfil del suelo
- Clasificar los suelos en base a la Soil Taxonomy y la World Reference Base (WRB)

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Sistemas de clasificación

2.1.1. Soil Taxonomy

Respecto a la Soil Taxonomy, este tuvo sus inicios en 1951, fruto de una serie de aproximaciones, siendo el último publicado en 1967 con el nombre de Supplement to Soil Classification System (7th Aproximation) por el U.S. Department of Agriculture, que contenía seis categorías: la más elevada contenía nueve órdenes, basados en las propiedades del suelo (Soil Survey Staff, 1967), posteriormente en 1975, fue adoptado como *Soil Taxonomy*, con fines cartográficos e investigación científica (Gardí et al., 2015). La primera edición de 1975, ya hace mención a los horizontes de diagnósticos para suelos orgánicos, incluyendo un nuevo orden: Histosols, pasando a tener 10 órdenes (Soil Survey Staff, 1975). En la cuarta edición de la Soil Survey Staff (1990), es incluido el Orden Andosols, mientras el Gelisols fue incluido en 1998 (Soil Survey Staff, 1998) con la octava edición.

En el 2023 la Soil Taxonomy presentó su última edición (Soil Survey Staff, 2023) (Tabla 1) que viene siendo usado en varios países de sudamérica, con excepción de Brasil que cuenta con su propio sistema de clasificación de suelos. Actualmente la Soil Taxonomy, presenta 12 órdenes, subdivididas en 61 subórdenes, 316 grandes grupos, 2484 subgrupos, y un gran número de familias y series.

Tabla 1. Órdenes del actual sistema de clasificación Soil Taxonomy (2023)

Orden	Elemento Formativo	Características
Entisol	ent	Suelos minerales poco desarrollados sin horizontes subsuperficiales, epipedon ótrico
Inceptiso 1	ept	Suelos con un horizonte cámbico, sulfúrico, cálcico, gípsico, petrocálcico o petrogípsico, o con un horizonte o con un epipedón mólico, úmbrico o hístico, o con un porcentaje de sodio intercambiable (ESP) de >15%, o un fragipan
Andisol	and	Suelos con propiedades ándicas (baja densidad, vidrio, piedra pómez, minerales de corto alcance)
Gelisol	el	Suelos con permafrost dentro de 100 cm o crioturbación dentro de 100 cm más permafrost en un radio de 200 cm
Histosol	ist	Suelos con materiales orgánicos que se extienden hasta una capa impermeable o con una capa orgánica de más de 40 cm de grosor y sin propiedades andinas
Aridisol	id	Suelos con un régimen de humedad de suelo árido y cierto desarrollo del horizonte B o un horizonte salino

Vertisol	ert	Suelos con un 30% o más de arcilla hasta una profundidad de 50 cm y con propiedades de contracción/inflamación
Mollisol	oll	Suelos con un epipedón mólico y una saturación de base de >50% hasta una capa impermeable o a 1,8 m de la superficie del suelo
Alfisol	alf	Suelos con un horizonte argílico, kándico o nátrico o un fragipan con pieles de arcilla
Ultisol	ult	Suelos con un horizonte argílico o cándico y una saturación de la base de <35% a 2 m de profundidad o 75 cm por debajo de un fragipán
Spodosol	od	Suelos con un horizonte espódico a menos de 2 m de la superficie del suelo y sin propiedades ándicas Sí
Oxisol	ox	Suelos con propiedades ándicas (baja densidad, vidrio, piedra pómez, minerales de corto alcance)
		Suelos con un horizonte óxico a menos de 150 cm de la superficie del suelo

Fuente: Soil Survey Staff (2023)

Tanto la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2023) y la World Reference Base (WRB 2022) hacen mención a los horizontes de diagnóstico, procesos de formación y sus características químicas (físicas, químicas y mineralógicas), usados para la clasificación de suelos. Por otro lado, la Soil Taxonomy incorpora al clima y temperatura para definir las categorías inferiores, mientras la WRB no hace uso de esa información. De modo general, ambos sistemas son herramientas necesarias para evaluaciones de la fertilidad y la calidad del suelo, así como medidas de mitigación.

El empleo de prefijos y sufijos, en su mayoría es de origen griega o latina y, para formar los nombres de las clases es criterio único de la Soil Taxonomy. Los elementos formativos correspondientes a cada una de esas categorías son sucesivamente utilizados e incluidos hasta el nivel de familia. Por Ejemplo, los suelos del Orden Inceptisols (del latín Inceptum = Comienzo y sols = suelo), todos los subgrupos tienen sílabas que, automáticamente, identifican las demás categorías, como en el siguiente ejemplo:

1. Orden : Inceptisol (epts: elemento formativo del orden)
2. Suborden : Udepts (ud: Régimen údico)
3. Gran Grupo : Dystrupdets (Dystr: Saturación por bases < 50%)
4. Subgrupo : Vertic Dystrudepts (Características verticas)
5. Familia : Very-fine Vertic Dystrudepts (> 60% de arcilla)

En el Perú, ambos sistemas (Soil Taxonomy y WRB/FAO) comenzaron a ser usados desde la década de los 70's, en estudios de suelos realizados por la ONERN (1973) con la finalidad de conocer el uso potencial de los suelos. A pesar de que a sus inicios se buscaba

correlacionar ambos sistemas de clasificación en el Perú en los estudios de suelos realizados por la ONERN, en la actualidad la *Soil Taxonomy* viene siendo más usado en diversos estudios técnicos de levantamiento de suelos y tesis. Una de las últimas publicaciones relacionado a la clasificación por sistema WRB/FAO, fue realizado por Lama (2024), estudiando suelos de la amazonia peruana y cordillera andina, además de suelos antrópicos.

2.1.2. World Reference Base For Soil Resources - WRB/FAO

El sistema WRB, publicado por FAO-UNESCO en 1974 y revisado por FAO en 1988, fueron basados en el mapa mundial de suelos publicado por FAO – UNESCO 1971 a 1978. En 1980 la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo formó parte de la base referencial internacional para clasificación de suelos con posterior elaboración de un sistema de clasificación basado en la ciencia, siendo renombrado como “*base referencial del recurso suelo*” en 1992, presentando la primera edición de la WRB en 1998 además de ser aprobado como una terminología oficialmente recomendada para clasificar suelos. En el 2006 fue publicada la segunda edición y la tercera en el 2014/2015 (IUSS Working Group WRB, 2015). Recientemente fue publicada la cuarta edición el 22 de julio del 2022 (Tabla 2), actualizado en setiembre del mismo año.

Tabla 2. Órdenes del actual sistema WRB/FAO (2022)

Word Reference Base		
Grupo	Código	Características
Acrisols	AC	Arcillas de baja actividad, baja saturación de bases
Alisols	AL	Arcillas de alta actividad, baja saturación de bases
Lixisols	LX	Arcillas de baja actividad, alta saturación de bases
Luvissols	LV	Arcillas de alta actividad, alta saturación de bases
Retisols	RT	Interdigitaciones de material gruesamente texturado de color claro dentro de una capa de textura más fina de color más fuerte
Histosols	HS	Suelos con capas orgánicas
Anthrosols	AT	Suelos con fuerte influencia humana, Largo e intensivo uso agrícola
Technosols	TC	Suelos con fuerte influencia humana, Cantidades significativas de artefacto
Cryosols	CR	Suelos con permafrost
Leptosols	LP	Delgados o con muchos fragmentos gruesos
Solonetz	SN	Alto contenido de Na intercambiable
Vertisols	VR	Condiciones alternas de sequía-humedad, arcilla de expansión-retracción
Solonchaks	SC	Alta concentración de sales solubles
Gleysols	GL	Afectados por agua freática, subacuáticos y de áreas de mareas

Andosols	AN	Alofanos o complejos Al-humus
Podzols	PZ	Acumulación de óxidos y/o humus iluvial
Plinthosols	PT	Acumulación de Fe
Nitisols	NT	Arcillas de baja actividad, fijación de P, muchos óxidos de Fe, estructura fuerte
Ferralsols	FR	Fuerte presencia de caolinita y óxidos
Planosols	PL	Agua estancada, diferencia textural abrupta
Stagnosols	ST	Agua estancada, diferencia estructural y/o diferencia textural moderada
Chernozems	CH	Suelo superficial muy oscuro, carbonatos secundarios
Kastanozems	KS	Suelo superficial oscuro, carbonatos secundarios
Phaeozems	PH	Suelo superficial oscuro, sin carbonatos secundarios (a menos que estén muy profundos), alta saturación de bases
Umbrisols	UM	Suelo superficial oscuro, baja saturación de bases
Durisol	DU	Acumulación de, y cementación por, sílice secundaria
Gypsisols	GY	Acumulación de yeso secundario
Calcisols	CL	Acumulación de carbonatos secundarios
Cambisols	CM	Moderadamente desarrollados
Arenosols	AR	Suelos Arenosos
Fluvisols	FL	Sedimentos estratificados fluviales, marinos y lacustres
Regosols	RG	Ningún desarrollo significativo del perfil

Fuente: IUSS Working Group WRB (2022)

La WRB abarca dos niveles siendo el primer nivel conformado por 32 grupos de Suelos de referencia (GSR) y el segundo nivel se caracteriza por sus adjetivos llamados calificadores principales (jerárquicos) y suplementarios (orden alfabético), los cuales se subdividen en calificadores de prefijo (añadido antes del GSR) y calificadores de sufijo (añadido después del GSR). Por Ejemplo, los suelos del Grupo de suelos de referencia Leptosols (del griego leptos = delgado), como en el siguiente ejemplo:

1. Grupo de Suelos de Referencia: Leptosols (LP: código del GSR)
2. Calificadores principales : Dystric (dy: Saturación por bases < 50%)
3. Calificadores Secundarios : Humic (hu: \geq 1% de carbono orgánico del suelo)

Siendo la clasificación como un Dystic Leptosols Humic.

2.2. Principales ordenes de suelos encontrados en la Amazonia Peruana

De acuerdo con los diversos estudios de suelos realizados por la ONERN y artículos publicados (ONERN, 1972, 1976, 1988; Osher & Buol, 1998), los Alfisols, Inceptisols Spodosols y Ultisols son dominantes en la selva baja peruana, comprendiendo vastas áreas del paisaje aluvial antiguo (Uplands) de relieve ondulado con drenaje bueno a moderado, localizado por encima de las várzeas (Floodplains) donde dominan los Entisols de relieve plano. Respecto a la faja subandina que comprende la Selva Alta, predominan principalmente dos órdenes: Inceptisols y Entisols.

Los *Alfisols* (Soil Taxonomy) o *Nitisols* y *Luvisols* (WRB/FAO) son caracterizados por presentar películas de arcilla (Slikensides) y saturación de bases por suma de cationes $> 35\%$ (Soil Taxonomy). Estos suelos presentan horizontes genético A-Bt-C, en algunos casos identificándose una secuencia de horizontes A-E-Bt-C.

Respecto a sus características morfológicas de ese perfil, el horizonte A Ochric presenta coloración que varía de oscura a clara, de espesura fina, con estructura granular y horizonte Bt con estructura subangular. El horizonte Bt de esos suelos es evidenciado por la presencia de slikensides, indicando iluviación de arcilla (horizonte argílico). Respecto a sus características químicas, estos suelos presentan valores de pH que varían de extremadamente ácida a moderadamente ácida (Soil Survey Manual, 2017), con alta saturación por bases y arcilla de actividad alta (Luvisols) (ONERN, 1972, 1980), además de suelos fuertemente estructurados asociado a arcillas de baja actividad y alta presencia de óxidos de Fe (Dystric Nitisols) (ONERN, 1988).

Los *Inceptisols* (Soil Taxonomy) o *Cambisols* y *Gleysols* (WRB/FAO), de desarrollo incipiente, son originados de depósitos aluviales o residuales, con drenaje variando desde imperfecto (Gleysols) a bueno. Estos suelos presentan una secuencia de horizontes genéticos A-Bw-C (Lama et al, 2024).

De modo general, estos suelos presentan horizonte Ochric, de estructura granular a subangular, y horizonte Bw en bloque subangular, de coloración pardo amarillento (ONERN, 1988) a rojizo con características óxicas (Lama et al, 2024). Inceptisoles acuicos (Eutric Gleysol) fueron identificados en áreas de relieve plano, en depósitos aluviales, con horizonte Bg indicando procesos de gleyzación, de textura arena franca a arcillo limoso, gris rojizo a gris, con moteaduras rojo amarillento (ONERN, 1983). Químicamente estos suelos presentan valores de pH que varían de muy fuertemente ácido a ligeramente ácido (Soil Survey Manual, 2017), con saturación por bases $< 50\%$ (Dystric) o $> 50\%$ (Eutric) (ONERN, 1976; ONERN, 1988; Lama et al., 2024) y CIC

de la arcilla $< 24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (Oxic) (ONERN, 1986; Osher & Buol, 1998). En caso de los suelos encontrados en la selva alta, estos son menos intemperizados respecto al de la selva baja, variando de profundo a superficiales, este último con presencia de rocas dentro del perfil (Lama et al., 2024).

Los Spodosols (Soil Taxonomy) o Podzol (WRB/FAO) son caracterizados por presentar acumulación de sesquióxidos de Fe o Al y humus en el horizonte subsuperficial (WRB/FAO, 2022) originados a partir de depósitos aluviales antiguos de material rico en cuarzo, con una secuencia de horizontes genéticos A-E-Bhs-C.

Estos suelos presentan horizonte superficial Ochric asentado sobre un horizonte E (Albico), de coloración clara de textura arenosa, con un horizonte *Spodico*, con acumulación iluvial de materia orgánica (Bh) (ONERN, 1976) o cementado (Bsm) (Osher & Buol, 1998)

Los *Ultisols* (Soil Taxonomy) o *Acrisols* y *Nitisols* (WRB/FAO) son suelos con características similares a un *Alfisol*, con la diferencia que estos presentan saturación por bases por suma de cationes $< 35\%$. Estos suelos presentan horizonte genético A-Bt-C o A-E-Bt-C (ONERN, 1976). Químicamente estos suelos son bastantes ácidos (ultra ácido), con pH entre 3,7 a 3,9 en el horizonte spódico de textura arena franca, ligeramente cementado, con contenido de materia orgánica (MO) que varía de 3,52 a 4,96% (ONERN, 1976)

Respecto a sus características morfológicas, estos suelos presentan en su mayoría horizonte A Ochric de coloración que varía de oscuro, con estructura granular, horizonte Bt en bloque subangular con evidencias de películas de arcilla (horizonte argílico) con acumulación de arcilla (Lama et al., 2024) y horizonte con procesos de gleyzación (Cg) (ONERN, 1976). Evidencias de concreciones de Fe (Bc), plintita (Bv), fueron registrados por Osher & Buol (1998) y Lama et al. (2024). En relación con sus características químicas estos suelos presentan pH que varía de fuertemente ácido a moderadamente ácido (Soil Survey Manual, 2017), con CIC de arcilla $< 16 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (Kandiudults) (Osher & Buol, 1998).

Los Entisols (Soil Taxonomy) o Fluvisols y Gleysols (WRB/FAO) identificados en toda la región amazónica del Perú, ocupando los depósitos aluviales recientes (Fluvents) con relieve plano. Estos suelos son caracterizados por ser suelos jóvenes, sin la presencia de algún horizonte de diagnóstico subsuperficial, con secuencia de horizontes genéticos de A-C.

Estos suelos generalmente se caracterizan por presentar horizonte A Ochric de estructura granular de coloración clara, sin evidencias de desarrollo de horizonte subsuperficial. En relación

con sus características químicas, pueden ser eutricos (Fluvisol eutrico) o dystrico (Fluvisol dystrico) (ONERN, 1976) además de evidencias de procesos de gleyzación (Gleysol dystrico).

2.3. Estado del arte

Chinchilla et al., (2011) estudiando la subcuenca del río Pirrís, identificó Andisols e Inceptisols. La mayoría de esos suelos generalmente están encontrados en áreas vulnerables a erosión y deslizamiento. De modo general, estos suelos presentan características ácidas, bajo en fertilidad, con presencia de horizonte superficial de cenizas volcánicas del Holoceno. Por otro lado estos suelos presentan horizonte argílico, indicando discontinuidad litológica, evidenciando los diferentes procesos de recubrimiento de estos materiales a través de los episodios volcánicos que se dieron durante el pleistoceno. En áreas de depósitos aluviales recientes (holoceno), el mismo autor identificó Entisols, originados a partir de la erosión de sedimentos de las posiciones más altas de los paisajes, depositados estos en los fondos de valle.

Cruzatty & Vollmann, (2012) también estudiando suelos de origen volcánico en relación con la variación climática y gradiente altitudinal, observó que a medida que disminuye la altitud aumenta el contenido de arcilla, además de la variación tanto en MO, suma de bases contenido de aluminio intercambiable, calcio, magnesio y potasio. Este autor concluyó que el origen de los suelos volcánicos es relativamente similar en diferentes regiones del Ecuador, pero las condiciones ambientales específicas de cada lugar en un gradiente altitudinal dan lugar a diferentes factores y procesos que influyen en la formación del suelo.

Bernini et al. (2013) estudiando ultisoles e Inceptisoles, observó que estos suelos tienen un bajo grado de desarrollo pedogenético, con minerales de la fracción arcillosa de alta actividad ($>27 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) con presencia de minerales 2:1 y 1:1, además de la presencia de cantidades considerables de minerales como el feldespato y la plagioclasa, en las fracciones arena y limo, dentro de sus características morfológicas presenta texturas que van desde franco arcillo arenosa, arcillosa y muy arcillosa, en cuestión del color de los suelos se verifica en los horizontes A colores oscuros y tonalidades de 5YR, 7.5YR y 10YR, observándose en todos los perfiles moteaduras rojizas en abundancia. En los suelos analizados los valores de pH se encuentran entre 4,4 a 6,1.

Gardi et al. (2015) en la publicación del “Atlas de Suelos de América Latina e del Caribe” a escala de 1:3 000 000 los principales suelos predominantes según la *World Reference Base* en la Selva Alta del Perú son los Fluvisoles, Cambisoles, Leptosoles, Regosoles. En caso de los distritos

de Hermilio Valdizan y Daniel Alomia Robles, el suelo predominante sería el Dystric Leptosol húmico (Lphu).

A pesar de que el área de los distritos es amplia, hasta la actualidad no se cuenta con ningún estudio publicado de suelos en relación con su clasificación taxonómica, siendo gran parte de su área clasificada como Dystric Leptosols (Humic) de acuerdo con Gardi et al (2015) en la publicación del “Atlas de Solos da América Latina e do Caribe”.

ONERN, 1962 en su publicación de la “Evaluación e Integración del Potencial Económico y Social de la Zona Tingo María” publicado a escala de 1:100 000, el distrito de Hermilio Valdizan presentarían como principales suelos los Inceptisols y Entisols (Cambisols y Fluvisols de acuerdo con la WRB) basados en sus características morfológicas, siendo estas no clasificadas en ese entonces en algún tipo de sistema taxonómico.

Dentro de las principales características de esos suelos estudiados por ONERN (1962) en el distrito de Hermilio Valdizan, los *Inceptisoles* están localizados en colinas de rocas sedimentarias que corresponde a la formación Tulumayo, conformado por areniscas cuarzosas rojas y limoarcillas rojas. Estos suelos presentan una secuencia de horizontes genéticos A y B, donde el horizonte A presenta una coloración pardo oscuro a pardo y el horizonte B de color pardo rojizo, con estructura granular en A y masivo en B, ambos de textura franco arcilloso. Químicamente estos suelos son extremadamente ácida, con niveles de MO y CIC mayor en superficie, con bajo contenido de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ y Na^+ .

En el caso de los Entisols, estos están localizados en valles de depósitos fluviales, conformado por acumulación de gravas, arena, limo y arcilla, que se extiende a lo largo del río Huallaga y de los ríos secundarios, sujeto a inundaciones periódicas. Estos suelos presentan una coloración pardo gris muy oscuro en superficie a pardo amarillento oscuro a pardo olivo en profundidad, de textura franco limoso a franco, con capas alternas de arena franca y arena en profundidad. Químicamente estos suelos son de reacción neutra a ligeramente alcalinos (7,0 a 7,4), con contenidos de MO, CIC y cationes cambiabiles más altos en superficie.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Caracterización del área de estudio

El área de estudio se localiza en la *Faja* subandina, dentro de la provincia de Leoncio Prado, departamento Huánuco (**Figura 1**) relacionado con la subducción de la placa de Nazca en dirección de la placa Sudamérica (Espurt et al., 2008) entre el periodo mioceno hasta inicios del cuaternario (Sebrier et al., 1988), además de periodos erosivos durante el cuaternario (Aniceto et al., 2014).

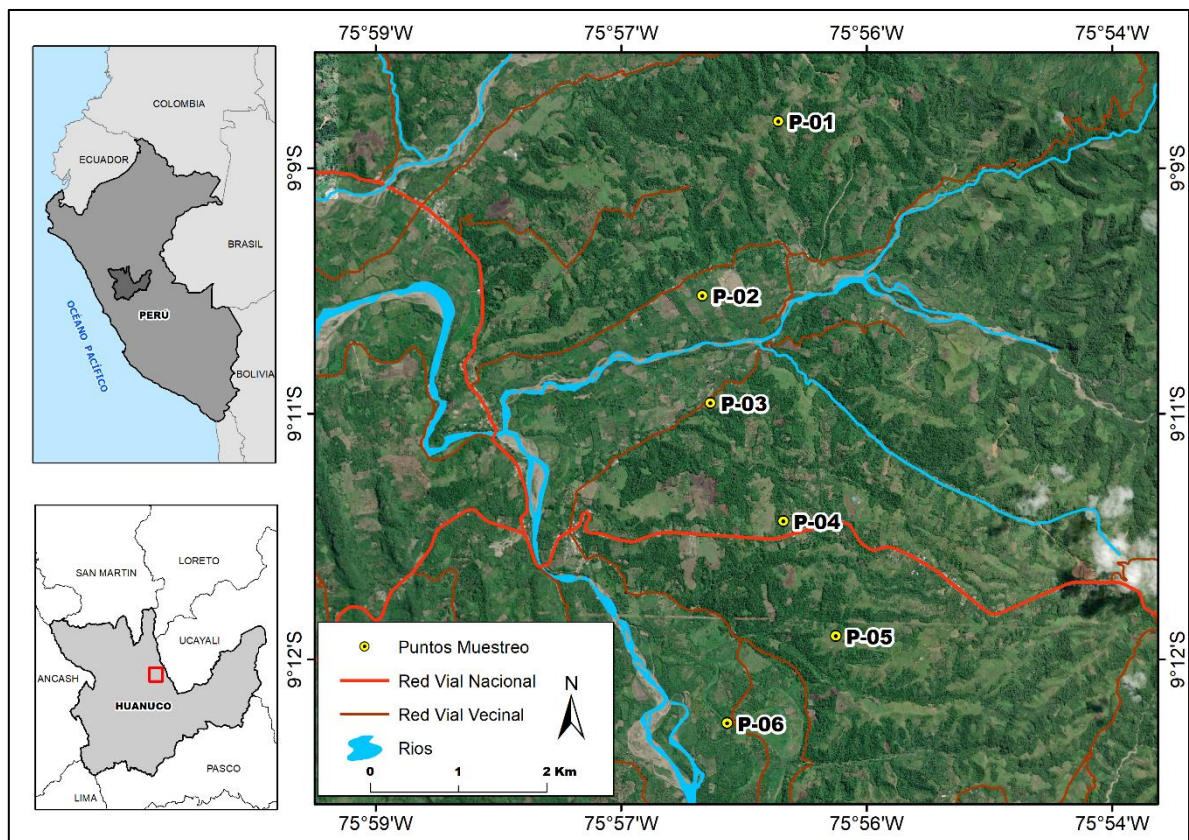


Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo dentro del área de estudio

El área de estudio presenta un clima cálido y húmedo, con precipitación promedio anual de 3384.14 mm, según datos de la estación meteorológica José Abelardo Quiñonez (2020). Así mismo, los meses de mayo a setiembre son los que menor precipitación y de octubre a abril los meses de mayor precipitación, con temperaturas media de 24,7 °C, mínimas de 20,2 °C y máximas de 29,6 °C (**Figura 2**).

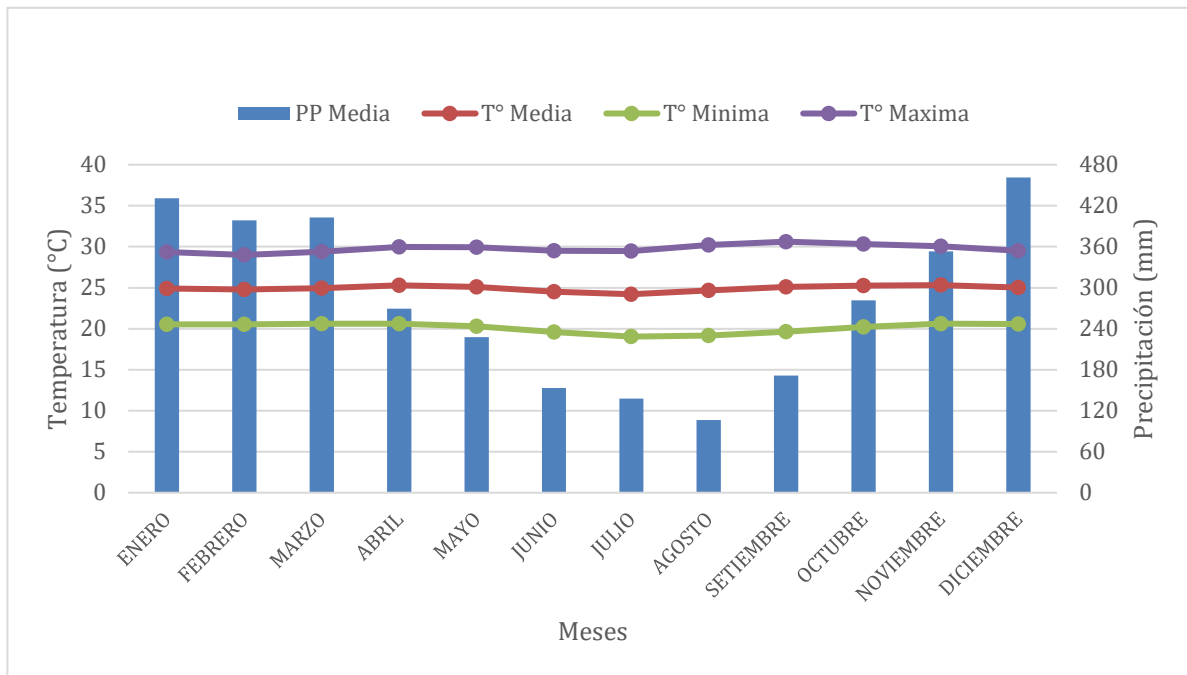


Figura 2. Distribución de la precipitación media mensual y temperatura (°C) a lo largo de (1990-2020). Fuente: Manrique de Lara (2022)

La vegetación clímax es de bosque húmedo - Tropical, caracterizado por un bosque alto, exuberante, tupido y cargado de Bromeliáceas (INRENA, 1996) que hasta la actualidad viene sufriendo de intensas alteraciones por las acciones antrópicas como la deforestación, cediendo espacio a la agricultura de subsistencia familiar dedicados a los cultivos de cacao, café, plátano y piña.

La geología del área de estudio (**Figura 3**) está principalmente constituida por rocas sedimentarias (tales como la formación Tulumayo (NQ - tu) y depósitos aluviales del holoceno (Qh - al). La primera conformada por rocas intrusivas y areniscas rojas y feldespáticas, mientras la segunda está compuesta por una acumulación de grava, arena y limos (Martínez et al., 1998).

3.2. Criterios de análisis

3.2.1. Tipo y nivel de investigación

Es de tipo básica, ya que busca incrementar el conocimiento previo de la ciencia del suelo con el objetivo de generar información científica en la caracterización de los diferentes tipos de suelos encontrados en la región y su respectiva clasificación taxonómica en los distritos de Daniel Alomias Robles y Hermilio Valdizan el cual conllevaría a una mejor gestión de este recurso. Este proyecto corresponde a un nivel de investigación descriptiva puesto describirá las características físicas y químicas del suelo en relación con sus características morfológicas a lo largo de una toposecuencia.

3.2.2. Diseño de la investigación

El diseño de investigación corresponde a un análisis, descriptivo, cuya área de estudio es en una toposecuencia que abarca los distritos de Hermilio Valdizan y Daniel Alomias Robles.

3.3. Metodología

3.3.1. Muestreo y clasificación

Seis perfiles de suelos fueron seleccionados a lo largo de una toposecuencia considerando su relieve y geología (**Figura 3; Tabla 3**). La caracterización morfológica de cada perfil del suelo fue descrita de acuerdo a la Soil Survey Staff (2017) y clasificados de acuerdo a la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2022) y WRB/FAO (IUSS Working Group WRB, 2022).

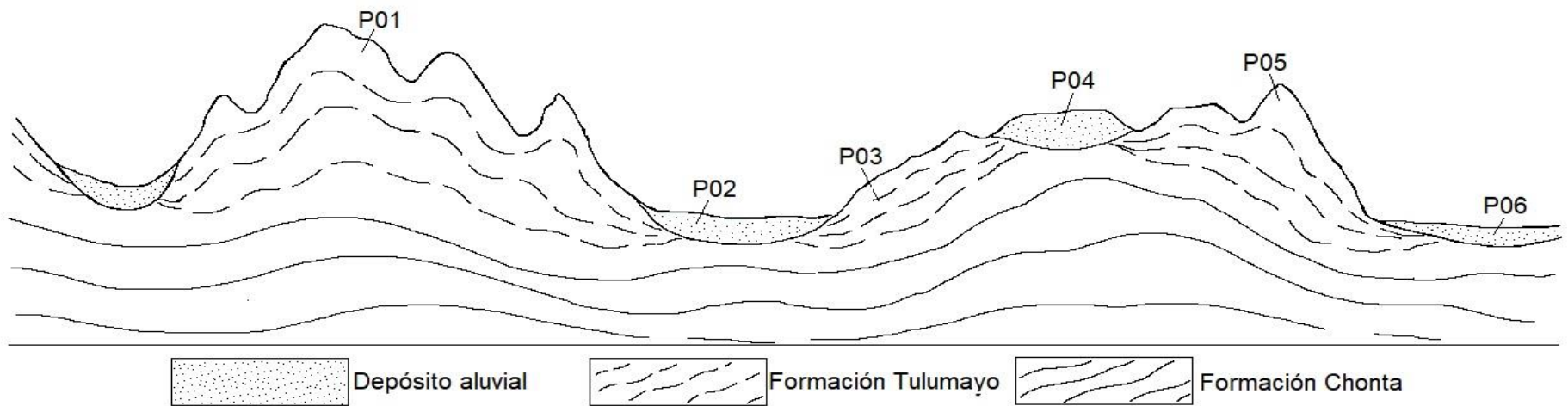
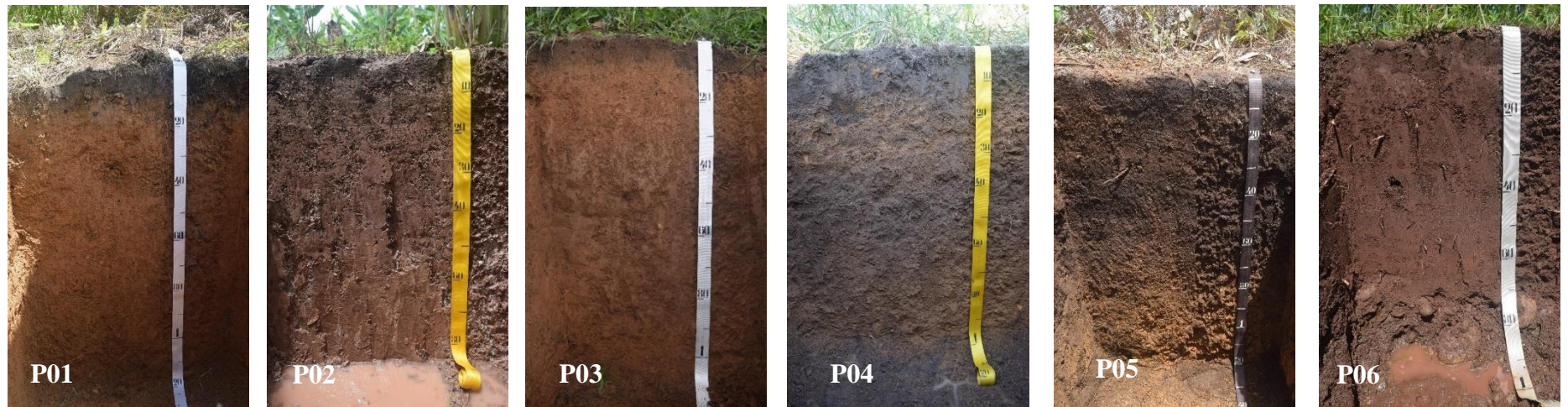


Figura 3. Perfil esquemático representando la toposecuencia analizada con los perfiles de suelo (Diseñado por Demetrio Lama)

Tabla 3. Localización y características generales de los perfiles de suelos muestreados

Localidad	Perfil	Coordenadas	Altitud (m.s.n.m)	Regimen de humedad	Régimen de temperatura	Descripción
Alto Peregrino	P01	09°08'29.9'' S 75°56'2.3'' W	879	Údic	Isohipertérmico	Suelo descrito en ladera de colina, drenaje moderado, con ligera erosión laminar y derivado de arenisca. La vegetación está compuesta de macorilla.
Apiza	P02	09°09'33.7'' S 75°56'30.0'' W	687	Aquic	Isohipertérmico	Suelo descrito en planicie, con drenaje imperfecto, erosión laminar no aparente. La vegetación está compuesta de cacao y plátano
Alto Pendencia	P03	09°10'13.0'' S 75°56'27.1'' W	700	Udic	Isohipertérmico	Suelo descrito en ladera de colina, con drenaje moderado, ligera erosión laminar y derivado de arenisca. Actualmente se encuentra con yuca, plátano pastos, y frejol de palo.
La victoria	P04	09°10'56.3'' S 75°56'0.3'' W	802	Udic	Isohipertérmico	Suelo descrito en cima de colina, con buen drenaje, erosión laminar ausente y derivado de depósitos aluviales. Actualmente cuenta con frejol de palo y cacao.
Delicias	P05	09°11'38.3'' S 75°55'41.1'' W	837	Udic	Isohipertérmico	Suelo descrito en la cima de colina, buen drenaje, con ligera erosión laminar y derivado de areniscas. Vegetación compuesta de macorilla y cultivos agrícolas
Huamancoto	P06	09°12'10.2'' S 75°56'21.0'' W	677	Udic	Isohipertérmico	Suelo descrito en planicie, de buen drenaje, erosión laminar no aparente y derivado de depósitos fluviales. Vegetación compuesta de cultivos agrícolas.

3.3.2. Análisis físicos y químicos

Las muestras de suelos fueron secas al aire, molidas y pasadas por un tamiz de 2 mm de diámetro. La textura del suelo fue determinada con el uso de la dispersión mecánica en la fracción TFSA del hidrómetro de Bouyoucos (2017). El pH fue determinado en soluciones de H₂O y de KCl 1 mol L⁻¹ en la proporción de 1:2,5 debidamente calibrado con solución tampón de pH 4,0 y 7,0. El Ca²⁺, Mg²⁺ y Al³⁺ fue extraído con solución de KCl 1 mol L⁻¹. El K⁺ y Na⁺ fue extraído por desplazamiento con NH₄OAc 1 mol L⁻¹ a pH 7. La acidez potencial (H + Al) fue extraído con solución de acetato de calcio 0,5 mol L⁻¹ Ca(CH₃COO)₂ a pH 7,0. La concentración de Ca²⁺ y Mg²⁺ fue determinado por titulación con EDTA 0,01 mol L⁻¹, mientras el K⁺ y Na⁺ fue cuantificado por absorción atómica. El Al³⁺ y el H + Al, cuantificado por titulación con NaOH 0,01 mol L⁻¹. El P disponible fue extraído 0,5 mol L⁻¹ NaHCO₃ a pH 8,5 y cuantificado por colorimetría conforme Olsen y Watanabe (1954). El contenido de CO fue determinado conforme a Walkley & Black (1934).

De los resultados obtenidos, fueron calculados: Suma de bases (SB = Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺ + Na⁺), Capacidad de intercambio de Cationes (CIC_{pH 7,0} = SB + H + Al), Capacidad de Intercambio de Cationes efectiva (CIC_{ef} = SB + Al³⁺) Capacidad de Intercambio de Cationes de la arcilla (CIC_{ar} = CIC_{pH 7,0} * 100 / % Argila), Porcentaje de Saturación por bases (%SB = (SB / CIC_{pH 7,0}) * 100), Porcentaje de saturación de aluminio (%S_{Al} = (Al³⁺ / CIC_{ef}) * 100).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características Físicas y morfológicas

Las características morfológicas del suelo descritos *in-situ* son mostradas en la **Tabla 4**. El color del suelo (húmedo) de los horizontes superficiales de los *Cambisols* fue de negro a pardo muy oscuro (7.5YR 2.5/1 a 10YR 2/2) mientras que el horizonte superficial para el *Umbrisol* y *Fluvisols* fue de pardo oscuro (10YR 3/3) y pardo rojizo oscuro (2.5YR 3/3). Respecto a los horizontes subsuperficial de los *Cambisols*, el color varió de pardo rojizo a amarillo parduzco (2.5YR 4/4 a 10YR 6/8), en tanto para los *Umbrisol* y *Fluvisol* fue de pardo amarillento oscuro (10YR 3/6) y pardo rojizo oscuro (2.5YR 3/4), respectivamente. Como puede observarse, el color oscuro en los horizontes superficiales es atribuido al mayor contenido de MO influenciado grandemente por la vegetación. Además, la diferencia de color del suelo entre los perfiles se debe principalmente a la variación en el material parental, contenido de MO y condiciones de drenaje del suelo (Dinssa & Elias, 2021; Wakwoya et al., 2023).

La estructura dominante en los horizontes superficiales es tipo granular moderado a fuerte, muy fino a muy grande, asociado a los mayores niveles de carbono orgánico (**Tabla 5**) favoreciendo su formación (Brady & Weil, 2017) formando agregados de grado moderado a fuerte, de tamaño media a grande. En relación con los horizontes subsuperficiales, este presentó estructura en bloques subangulares (con excepción de P06), moderado, fino a grande, inducido por el alto contenido de arcilla (**Tabla 4**) y niveles bajos de MO (**Tabla 5**), siendo observado este mismo comportamiento también en los horizontes superficiales de P03 y P06.

En los horizontes superficiales se presentaron consistencias en húmedo de muy friable a friable, en cuanto a la pegajosidad y plasticidad se obtuvieron resultados que variaron desde no pegajoso, no plástica y ligeramente plástica respectivamente. Mientras que las consistencias ligeramente pegajosas, ligeramente plásticas y plásticas se identificaron de los horizontes subsuperficiales, estos horizontes presentaron una consistencia de friable a muy firme (**Tabla 4**). Estas variaciones en la consistencia están relacionadas a la MO y arcilla, por tanto, las consistencias ligeramente pegajosas y plásticas se le atribuye al alto contenido de arcilla y la consistencia friable al alto contenido de MO (Santos et al., 2012; Sanches et al., 2024).

La textura arcillosa y franco arcillosa fueron las predominantes en los suelos estudiados como se presentan en la **Tabla 4**. En la composición granulométrica se observó un aumento de la fracción arcilla a medida que se profundiza debido a la iluviación de la arcilla (Deressa et al., 2018;

Corrêa et al.,2020) excepto en el perfil P06 donde la arcilla disminuye en profundidad con un predominio de la fracción arena que a su vez tiene una variación irregular en sus valores de cada horizonte, esto posiblemente debido a su discontinuidad litológica ocasionada por las sucesivas deposiciones de sedimentos fluviales depositados por el río en periodos de inundación.

Tabla 4. Características morfológicas y granulometría de los suelos estudiados

Perfil	Prof.	Límite (Contraste, topografía)	Color (húmedo)	Color (seco)	Arena	Limo	Arcilla	Clase textural	Estructura (grado, tamaño, tipo)	Consistencia (húmedo)
	cm					%				
Perfil 01 - Oxic Dystrudepts/Orthodystric Hypersideralic Cambisols (Clayic, Ochric)										
Ap	0 - 10	C - S	10YR 2/2	10YR 5/2	29.96	27.77	42.27	Ar	3, mf f, gr	FR
BA	10 - 35	G - S	7.5YR 5/8	10YR 6/8	17.46	22.77	59.77	Ar	2, f m, bsa	FR
Bw1	35 - 70	D - S	7.5YR 5/8	10YR 7/6	20.14	17.68	62.18	Ar	2, m g, bsa	FR
Bw2	70 - 120	-	7.5 YR 5/8	10YR 7/6	20.14	15.09	64.77	Ar	2, g, bsa	FR
Perfil 02 - Typic Epiaquepts/Hypereutric Cambisols (Clayic, Ochric, Oxyaquic)										
Ap	0 - 7	C - S	7.5YR 3/3	5YR 5/3	15.25	52.75	32.00	FrArL	2, f m, gr	FI
AB	7 - 17	C - S	5YR 4/6	5YR 6/3	12.80	47.70	39.50	FrArL	2, f m, gr	FI
Bw	17 - 30	C - S	2.5YR 4/4	2.5YR 5/4	7.85	37.70	54.45	Ar	2, f m, bsa	FI
BC	30 - 50	C - S	5YR 3/4	5YR 5/4	5.35	37.70	56.95	Ar	2, m g, bsa	FI - VFI
C	50 - 80	-	5YR 3/4	5YR 5/3	10.35	32.70	56.95	Ar	0, -, m	FI
W	> 80	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Perfil 03 - Oxic Dystrudepts/Orthodystric Hypersideralic Cambisols (Clayic, Ochric)										
Ap	0 - 10	C - S	7.5YR 2.5/3	10YR 5/3	42.80	27.75	29.45	FrAr	2, f m, gr-bsa	VFR - FR
BA	10 - 24	D - S	7.5YR 4/6	10YR 6/6	30.30	22.75	46.95	Ar	2, f m, bsa	VFR - FR
Bw1	24 - 50	D - S	7.5YR 4/4	10YR 5/6	22.80	17.80	59.40	Ar	2, f m bsa	VFR - FR
Bw2	50 - 80	D - S	7.5YR 4/6	10YR 6/6	25.30	17.75	56.95	Ar	2, m g, bsa	FR
BC	80 - 110	-	7.5YR 5/8	10YR 6/6	22.80	12.70	64.50	Ar	2, mg, bsa	FR
Perfil 04 - Oxic Dystrudepts/Orthodystric Hypersideralic Cambisols (Clayic, Ochric)										
Ap	0 - 10	C - I	7.5YR 2.5/1	10YR 3/2	37.80	30.25	31.95	FrAr	2, mf f, gr	VFR
BA	10 - 20	G - O	10YR 4/6	10YR 5/6	35.35	15.25	49.40	Ar	2, m g, bsa	FR - FI
Bw	20 - 40	C - O	10YR 4/6	10YR 5/6	35.40	17.65	46.95	Ar	2, f m, bsa	VFR
2A1	40 - 60	G - S	10YR 3/4	10YR 4/4	35.40	15.20	49.40	Ar	2, m g, bsa	VFR
2Bw1	60 - 80	G - S	10YR 4/6	10YR 6/6	27.95	17.70	54.35	Ar	2, m g, bsa	FR
2Bw2	> 80	-	10YR 6/8	10YR 6/6	35.35	12.75	51.90	Ar	2, g, bsa	FR
Perfil 05 - Oxic Humudepts/Cambic Umbrisols (Clayic, Sideralic, Pachic)										
A1	0 - 10	D - S	10YR 3/3	10YR 4/3	31.65	32.35	36.00	FrAr	2, f mg, gr	VFR
A2	10 - 30	G - S	10YR 3/3	10YR 3/4	31.75	24.80	43.45	Ar	2, f mg, gr	VFR
A3	30 - 60	G - S	10YR 2/2	10YR 3/3	36.65	22.35	41.00	Ar	2, f mg, gr	VFR
Bw	60 - 85	C - S	10YR 3/6	10YR 4/4	31.70	12.30	56.00	Ar	2, m, bsa	FR
BC	85 - 100	-	10YR 6/8	10YR 6/8	24.25	37.25	38.50	Ar	2, m mg, bsa	FI
Perfil 06 - Typic Udifluvents/Calcaric Anofluvic Fluvisols (Loamic, Ochric)										
Ap	0 - 10	C - S	2.5YR 3/3	-	41.75	22.20	36.05	FrAr	2, f m, bsa	FR
AC	10 - 20	C - S	2.5YR 3/3	-	69.20	2.30	28.50	FrArA	2, m g, bsa	FR
C1	20 - 40	C - S	2.5YR 3/4	-	46.70	32.25	21.05	Fr	0, -, gs	L
C2	40 - 70	-	2.5YR 3/4	-	14.20	64.70	21.10	FrL	0, -, gs	L
W	> 70	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Límite: C = claro, G = gradual, D = difuso, I = irregular, S = suave, O = ondulado; Grado: 0 = sin estructura, 2 = moderada, 3 = fuerte; tamaño: mf = muy pequeña, f = pequeña, m = media, g = grande, mg = muy grande, gr = grande; tipo: bsa = bloques subangulares, m = masivo, gs = grano simple; consistencia: FR = friable, VFR = muy friable, VFI = muy firme FI = firme, L = Suelto

4.2. Características químicas del suelo

Las características químicas de los suelos son mostradas en la **Tabla 5**. El pH del suelo en agua varía de extremadamente ácido a moderadamente alcalino (4.36 a 8.07) de acuerdo con la Soil Survey Staff (2017) con valores del ΔpH negativos indicando un predominio en las cargas negativas. En los horizontes superficiales presentan un pH más ácido debido a la remoción de bases por las altas precipitaciones y por las cantidades elevadas de M.O en superficie la cual acidifica más el medio y a medida que se profundiza en el perfil el pH aumenta por la disminución de la M.O (Ribeiro,2009).

Los perfiles P01, P03, P04, y P05 presentan valores bajos en Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} y Na^{+} implicando en una baja saturación por bases ($\leq 50\%$) y alta en saturación por Al^{3+} ($\geq 60\%$) (**Tabla 5**), mientras los perfiles P02 y P06 presentan valores altos en Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} y Na^{+} implicando en una alta saturación por bases ($\geq 50\%$) y baja saturación por Al^{3+} ($\leq 60\%$), estos valores altos de los cationes intercambiables para estos perfiles a comparación de los otros son debido a su posición topográfica, siendo que el perfil P02 está ubicado en planicie recibiendo los iones de las posiciones más altas por la erosión hídrica (**Figura 4**). Por otro lado el perfil P06 además de recibir cationes cambiabiles de las partes altas hay un aporte por la fluctuación del nivel freático (**Figura 5**).

Las concentraciones de Al^{3+} fueron altas para los perfiles con pH de 4.36 a 4.89 (**Tabla 5**). Así mismo a pH alcalinos el Al^{3+} se encuentra ausente tal como evidenciado en el perfil P06, y esto es debido a que el aluminio no es intercambiable en pH elevados (Pinheiro Junior et al., 2021). Se observó también un alto contenido de aluminio en el perfil P02 a pesar de tener un pH de 5.41 a 6.28 siendo que a partir de un pH superior a 5.6 el aluminio es poco soluble (Maranhão, 2019) por tanto estos valores se deben a que la extracción con cloruro de potasio sobreestima el contenido de Al^{3+} al extraer el aluminio no intercambiable (Bernini et al., 2013)

Los niveles de fósforo disponible en todos los perfiles presentaron valores altos en superficie que oscilan de 3 a 10.58 g Kg^{-1} (**Tabla 5**) y va decreciendo a medida que se profundiza el perfil lo que posiblemente está relacionado con el mayor contenido de CO y a una alta tasa de mineralización que influye en la disponibilidad de este elemento (Arthur y Okae-Anti, 2022)

La capacidad de intercambio catiónico en los suelos estudiados osciló entre 8.10 y 20.26 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ en los horizontes superficiales, disminuyendo en profundidad (**Tabla 5**). Además en la CIC de la arcilla en los horizontes superficiales se observaron valores elevados que varían de 27.51 a 63.32 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (**Tabla 5**) a comparación con los horizontes subsuperficiales con valores mucho más bajos, esta variación es influenciado por la MO que al descomponerse (humus) proporciona sitios de intercambio debido a que sus cargas negativas retienen a los cationes intercambiables (Arthur y Okae-Anti, 2022; Asmare et al, 2023), Por lo tanto, el CO tiene una importante contribución en los valores de la CIC de los horizontes superficiales más que los argilominerales y la arcilla es más importante para la CIC de los horizontes subsuperficiales (Santos 2009; Ebeling et al., 2011). Por tanto, se considera el Horizonte B para el diagnóstico de la actividad de la arcilla por la poca influencia que tiene la MO (Bortoluzzi et al.,2009). Para los perfiles P01, P03, P04 y P05 presentaron valores de la CIC de la arcilla menor a 24 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ indicando un predominio de arcillas 1:1, principalmente caolinita mientras que los perfiles P02 y P06 presentan valores mayores a 24 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ indicando un predominio de arcillas 2:1.

El contenido de CO más alto se observó en el perfil P05 con valores que oscilan de 12.3 a 52.8 g Kg^{-1} (**Tabla 5**) y manteniendo estos valores altos desde la superficie hasta 60 cm en profundidad, esto es debido a la acumulación de materiales orgánicos y en la posición estable donde se encuentran dentro del paisaje (cima de montaña), mientras que en posiciones inestables como lo son las laderas de colina favorecen a la pérdida por erosión hídrica superficial (Barros et al., 2013), siendo que el perfil P03 se encuentra en esta posición y presenta valores de CO bajos con valor de 32,9 Kg^{-1} en superficie. Así mismo el contenido de CO disminuye en profundidad en todos los perfiles presentando valores más altos en superficie que varían entre 27,41 a 67,8 g Kg^{-1} y en profundidad 5.48 a 44.5 g Kg^{-1} (**Tabla 5**).

Tabla 5. Características químicas de los suelos estudiados

Perfil	Prof. cm	pH (1:2,5)		Δ pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	Sb	m	Tarcilla	P	CO
		H ₂ O	KCl															
					cmol. kg ⁻¹					%					mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹		
Perfil 01 - Oxic Dystrudepts/Orthodystric Hypersideralic Cambisols (Clayic, Ochric)																		
Ap	0 - 10	4.36	3.47	-0.89	0.81	0.81	0.06	0.02	4.70	14.30	1.69	6.39	15.99	10.56	73.57	37.82	4.21	67.8
BA	10 - 35	4.65	3.73	-0.92	0.27	0.27	0.02	0.02	3.10	6.10	0.58	3.68	6.68	8.65	84.29	11.17	1.07	19.9
Bw1	35 - 70	4.81	3.77	-1.04	0.54	0.27	0.02	0.02	2.00	3.80	0.84	2.84	4.64	18.07	70.48	7.46	0.02	13
Bw2	70 - 120	4.89	3.85	-1.04	0.54	0.00	0.01	0.01	2.00	3.20	0.56	2.56	3.76	14.98	78.01	5.81	1.50	10.3
Perfil 02 - Typic Epiaquepts/Hyperentric Cambisols (Clayic, Ochric, Oxyaquic)																		
Ap	0 - 7	6.28	4.93	-1.35	11.29	3.49	0.06	0.02	0.00	5.40	14.86	14.86	20.26	73.35	0.00	63.32	6.93	46.59
AB	7 - 17	5.41	3.62	-1.79	5.38	2.69	0.05	0.03	3.00	7.20	8.14	11.14	15.34	53.06	26.93	38.84	7.00	28.78
Bw	17 - 30	5.65	3.5	-2.15	8.06	3.23	0.05	0.04	3.40	6.60	11.38	14.78	17.98	63.29	23.01	33.02	3.96	8.22
BC	30 - 50	5.65	3.62	-2.03	9.14	4.03	0.04	0.02	1.40	5.30	13.23	14.63	18.53	71.40	9.57	32.54	2.84	8.22
C	50 - 80	5.97	3.76	-2.21	11.83	4.57	0.04	0.03	1.30	2.40	16.47	17.77	18.87	87.28	7.32	33.14	0.20	4.8
W	> 80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Perfil 03 - Oxic Dystrudepts/Orthodystric Hypersideralic Cambisols (Clayic, Ochric)																		
Ap	0 - 10	4.42	3.46	-0.96	1.08	0.27	0.04	0.02	2.40	6.70	1.40	3.80	8.10	17.31	63.12	27.51	3.29	32.9
BA	10 - 24	4.43	3.55	-0.88	0.54	0.27	0.03	0.02	3.00	4.80	0.87	3.87	5.67	15.27	77.61	12.07	0.56	15.1
Bw1	24 - 50	4.08	3.62	-0.46	0.81	0.00	0.02	0.02	3.30	5.40	0.85	4.15	6.25	13.59	79.54	10.52	0.02	11.7
Bw2	50 - 80	4.05	3.62	-0.43	0.54	0.27	0.02	0.02	3.30	4.00	0.84	4.14	4.84	17.38	79.69	8.50	1.22	10.3
BC	80 - 110	4.27	3.63	-0.64	0.54	0.27	0.02	0.02	3.60	6.20	0.85	4.45	7.05	12.01	80.97	10.92	0.82	9.6
Perfil 04 - Oxic Dystrudepts/Orthodystric Hypersideralic Cambisols (Clayic, Ochric)																		
Ap	0 - 10	4.47	3.58	-0.89	0.81	0.81	0.03	0.02	3.10	8.20	1.66	4.76	9.86	16.84	65.12	30.86	10.58	40.43
BA	10 - 20	4.73	3.83	-0.90	0.54	0.27	0.02	0.03	3.10	6.00	0.86	3.96	6.86	12.53	78.29	13.89	3.09	24.67
Bw	20 - 40	4.8	3.98	-0.82	0.81	0.00	0.02	0.02	2.40	6.00	0.84	3.24	6.84	12.33	73.98	14.58	3.09	21.24
2A1	40 - 60	4.95	4.13	-0.82	0.81	0.00	0.01	0.02	1.50	5.60	0.84	2.34	6.44	12.99	64.20	13.03	3.72	21.93
2Bw1	60 - 80	4.84	4.01	-0.83	0.54	0.00	0.01	0.03	2.00	4.10	0.58	2.58	4.68	12.40	77.51	8.61	3.41	11.65
2Bw2	> 80	4.77	3.96	-0.81	0.54	0.27	0.01	0.03	2.00	3.30	0.85	2.85	4.15	20.45	70.22	7.99	3.50	18.5
Perfil 05 - Oxic Humudepts/Cambic Umbrisols (Clayic, Sideralic, Pachic)																		
A1	0 - 10	4.28	3.37	-0.91	0.81	0.27	0.02	0.02	4.40	17.80	1.11	5.51	18.91	5.88	79.81	52.54	5.59	52.8
A2	10 - 30	4.55	3.69	-0.86	0.54	0.27	0.02	0.02	3.50	16.70	0.85	4.35	17.55	4.84	80.47	40.39	2.82	44.5
A3	30 - 60	4.67	3.97	-0.70	0.54	0.27	0.01	0.02	1.80	12.70	0.84	2.64	13.54	6.19	68.22	33.02	1.54	43.2
Bw	60 - 85	4.62	3.89	-0.73	0.54	0.54	0.01	0.02	1.60	8.60	1.10	2.70	9.70	11.34	59.25	17.32	0.95	21.9
Bc	85 - 100	4.75	3.97	-0.78	0.81	0.00	0.01	0.02	1.30	5.90	0.84	2.14	6.74	12.42	60.84	17.50	0.77	12.3
Perfil 06 - Typic Udifluvents/Calcaric Anofluvic Fluvisols (Loamic, Ochric)																		
Ap	0 - 10	7.44	6.45	-0.99	13.48	4.57	0.08	0.01	0.00	0.80	18.14	18.14	18.94	95.78	0.00	52.54	3.00	27.41
AC	10 - 20	7.80	6.68	-1.12	12.90	2.42	0.05	0.01	0.00	0.60	15.38	15.38	15.98	96.25	0.00	56.07	1.00	13.7
C1	20 - 40	8.01	7.03	-0.98	9.14	0.54	0.04	0.02	0.00	0.20	9.74	9.74	9.94	97.99	0.00	47.20	0.91	5.48
C2	40 - 70	8.07	7.06	-1.01	12.09	1.61	0.03	0.02	0.00	0.50	13.75	13.75	14.25	96.49	0.00	67.56	1.04	5.48
W	>70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

H + Al: Acidez potencial; SB: Saturación de bases; t: CIC efectiva; T: CIC total; Sb: % de Saturación de bases; m: % Saturación de Aluminio

4.3. Procesos pedogenéticos

Los procesos pedogenéticos registrados en los suelos estudiados fueron *melanización*, *fersialitización*, *monosialitización*, *erosión* y *agradación* (**Tabla 6**). La presencia de horizontes superficiales de espesura variable, coloración oscura con $\text{value/chroma} \leq 3/3$ (**Tabla 4**) y $\geq 0,6 \text{ g Kg}^{-1} \text{ COS}$ (**Tabla 5**) en todos los suelos, sugieren el proceso de *melanización*. Este proceso que consiste en el oscurecimiento del material mineral del suelo por la acumulación de la MO (Gutiérrez-Castorena et al., 2015; Arán & Macías, 2023; Chiapini et al., 2023; Kahsay et al., 2023) es fuertemente observado en el perfil P05 con horizonte A de 60 cm de espesura en comparación con los otros perfiles (**Tabla 4**). Esto probablemente es favorecido por un clima más seco (INRENA, 1996) que en interacción con el relieve ligeramente ondulado y la densa vegetación compuesto por “macorilla” (*Pteridium sp*) crean un ambiente bastante conservador, originando un horizonte A bastante espeso y oscuro.

Respecto a los otros perfiles en estudio, el proceso de melanización es grandemente afectado por las altas temperaturas que aceleran la tasa de mineralización de la MO, originando horizontes que no sobrepasan los 10 cm de espesura (**Tabla 4**). Por otro lado, este proceso también es afectado por la actividad antrópica que vienen realizando prácticas de manejo como el arado del suelo y remoción de la biomasa original para la implantación de los cultivos encontrados en la mayoría de los perfiles como son: el plátano (*Musa paradisiaca L.*), cacao (*Theobroma cacao L.*), yuca (*Manihot esculenta*), frejol de palo (*Cajanus cajan L.*) acelerando aún más la mineralización, y esta intensa actividad antrópica es evidenciado en los perfiles P01 y P05 en el cual se observó la presencia de macorilla (*Pteridium aquilinum L.*) siendo que este tipo de vegetación se establece después de una intensa actividad agrícola ya que tiene preferencia en suelos con mayor acidez y con una alta saturación de aluminio (Ribeiro et al., 2013) , por tanto , la macorilla (*Pteridium aquilinum L.*) consigue adaptarse mejor con relación a otros cultivos y toda esta actividad también ocasiona la remoción del material suelo por la erosión hídrica en un área fuertemente accidentada observado principalmente en los perfiles P01 y P03.

En relación con los perfiles P01, P03, P04 y P05 fue evidenciado el proceso de *monosialitización* el cual es evidenciado por presentar una CIC de la arcilla $\leq 24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (**Tabla 5**), indicando la presencia de arcilla de actividad baja como por ejemplo la caolinita (IUSS Working Group WRB, 2022; Soil Survey Staff, 2022). Este proceso es fuertemente inducido por el clima cálido y húmedo de la región, además de la alta precipitación pluvial (SENAMHI, 2020), estabilidad del terreno y drenaje moderado, en donde hay una pérdida más avanzada de la sílica (Ker *et al.*, 2012; Schaetzl & Anderson, 2006), valores bajos de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ y aumento del contenido de Al^{3+} (**Tabla 5**) el cual favorece la formación de la caolinita (Estrada, 1971; Sanchez & Buol, 1974; Flores, 1977; Tyler *et al.*, 1978; Osher & Buol, 1998; de Sousa *et al.*, 2020; Lima *et al.*, 2022; Lama *et al.*, 2024).

Grandes Procesos erosivos ocasionados en el pasado debido a las altas precipitaciones, tasa de erosión y sedimentación (Vonhof & Kaandorps, 2010) influenciaron en la formación del perfil P02, acarreando partículas finas y cationes como Ca^{2+} e Mg^{2+} con condiciones moderadas de acidez (**Tabla 5**), seguido de un drenaje limitado. Bajo estas condiciones hay una pérdida parcial o limitado de la sílica, donde las arcillas 2:1 son intercalados con el Al^{3+} , originando esmectitas con hidróxi-entrecapas (EHEs) y vermiculitas con hidróxi- entrecapas (VHEs) (Lin *et al.*, 2002; Yin *et al.*, 2013) el cual es corroborado por la CIC de la arcilla $\geq 24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (**Tabla 5**).

Referente al P06 originado a partir de materiales flúvicos, es debido al proceso de agradación (Bezerra *et al.*, 2022; Dosseto *et al.*, 2018; Mescolotti *et al.*, 2021) ocasionado por el transporte y deposición de sedimentos por las aguas del río Tulumayo en diferentes épocas durante los periodos más húmedos e intensa precipitación pluvial.

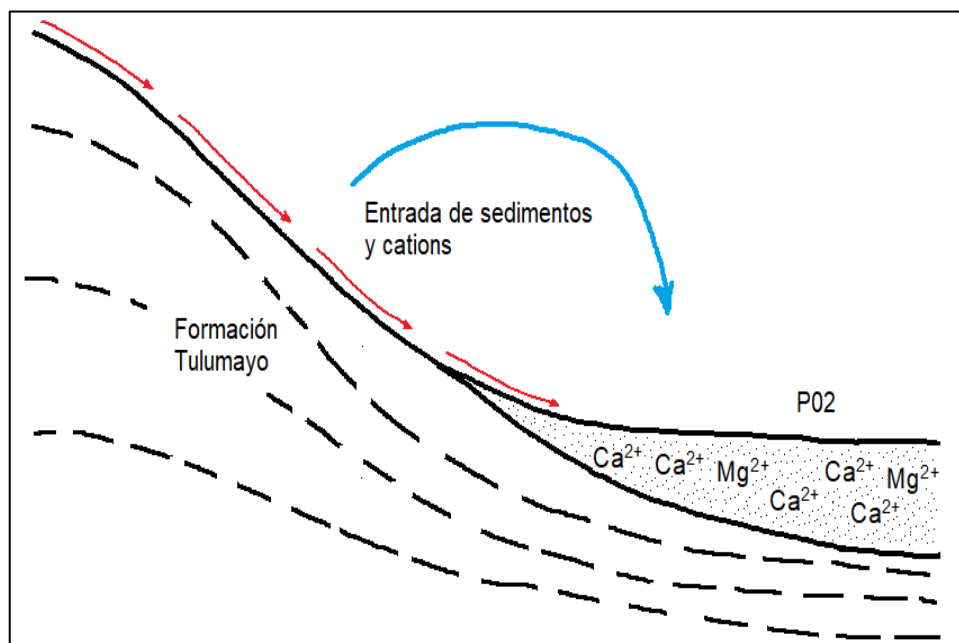


Figura 4. Entrada de sedimentos y cationes a través del proceso de erosión

Tabla 6. Propiedades de diagnóstico, procesos Pedogenéticos y clasificación de los suelos estudiados

Perfil	Propiedades de diagnóstico (materiales)	Proceso de formación	Clasificación de Suelos	
			WRB	ST
P01	Propiedades siderálicas, material mineral	Melanización, monosialitización	Orthodystric Hypersideralic Cambisols (Clayic, Ochric)	Oxic Dystrudepts
P02	Material mineral	Erosión, melanización, fersialitización	Hypereutric Cambisols (Clayic, Ochric, Oxyaquic)	Typic Epiaquepts

P03	Propiedades sideráticas, material mineral	Melanización, monosialitización	Orthodystric Hypersideralic Cambisols (Clayic, Ochric)	Oxic Dystrudepts
P04	Propiedades sideráticas, material mineral	Melanización, monosialitización	Orthodystric Hypersideralic Cambisols (Clayic, Ochric)	Oxic Dystrudepts
P05	Propiedades sideráticas, material mineral	Melanización, monosialitización	Cambic Umbrisols (Clayic, Sideralic, Pachic)	Oxic Humudepts
P06	Discontinuidad litológica, material mineral, calcárico, flúvico	Melanización, agradación	Calcaric Anofluvic Fluvisols (Loamic, Ochric)	Typic Udifluvents

4.4. Horizonte de diagnóstico

El horizonte superficial de los suelos estudiados es oscuro ($\text{value/chroma} \leq 3/3$) (**Tabla 4**) con valores más altos de CO comparado con los horizontes subsuperficiales (**Tabla 5**). Sin embargo, la mayoría de estos suelos presentan un horizonte A ≤ 10 cm de espesura (excepto el perfil P05) (Tabla 4), sugiriendo horizonte *Ochric*, por no cumplir con las características de un horizonte *Umbric* o *Mollic* (IUSS Working Group WRB, 2022; Soil Survey Staff, 2022). Respecto al perfil P05, este presenta un horizonte A de 60 cm de espesura de coloración oscura ($\text{value/chroma} \leq 3/3$ en húmedo y $\text{value} \leq 5$ en seco) (**Tabla 4**), con saturación por bases $\leq 50\%$ atendiendo a las características de un horizonte *Umbric* (IUSS Working Group WRB, 2022 y Soil Survey Staff, 2022).

Horizonte de diagnóstico subsuperficial *Cambic* se observó en los perfiles P01, P02, P03, P04 y P05, de textura arcillosa con tonalidades que varían de pardo rojizo a pardo amarillento oscuro (2.5YR 4/4 a 10YR 4/6), con estructura en bloque subangular, fino a grande, moderado (**Tabla 4**). En consecuencia, este horizonte es caracterizado por no cumplir

con los requisitos de los otros horizontes subsuperficiales (IUSS Working Group WRB, 2022; Soil Survey Staff, 2022).

4.5. Propiedades y materiales de diagnóstico

De acuerdo a la IUSS Working Group WRB (2022), Las propiedades de diagnóstico distinguidas fueron discontinuidad litológica y las propiedades sideráticas, mientras que los materiales de diagnóstico identificados incluyen material mineral, flúvico y calcárico (**Tabla 6**). Se registró discontinuidad litológica en P06 el cual es corroborado por una distribución irregular de la arena, reflejando la heterogeneidad del material de origen. Valores de CIC de arcilla ≤ 24 cmol_c kg⁻¹ fue observado en P01, P03, P04 y P05 indicando *propiedades sideráticas*. Todos los perfiles estudiados presentan un contenido de COS ≤ 20 g Kg⁻¹ (**Tabla 5**), indicando material mineral. En relación con el perfil P06 originado a partir de depósitos fluviales, atiende a la presencia de materiales flúvicos, además de presentar efervescencia ligera a fuerte por la adición de HCl 1 mol L⁻¹ (**Figura 6**) registrando la presencia de materiales calcáricos.

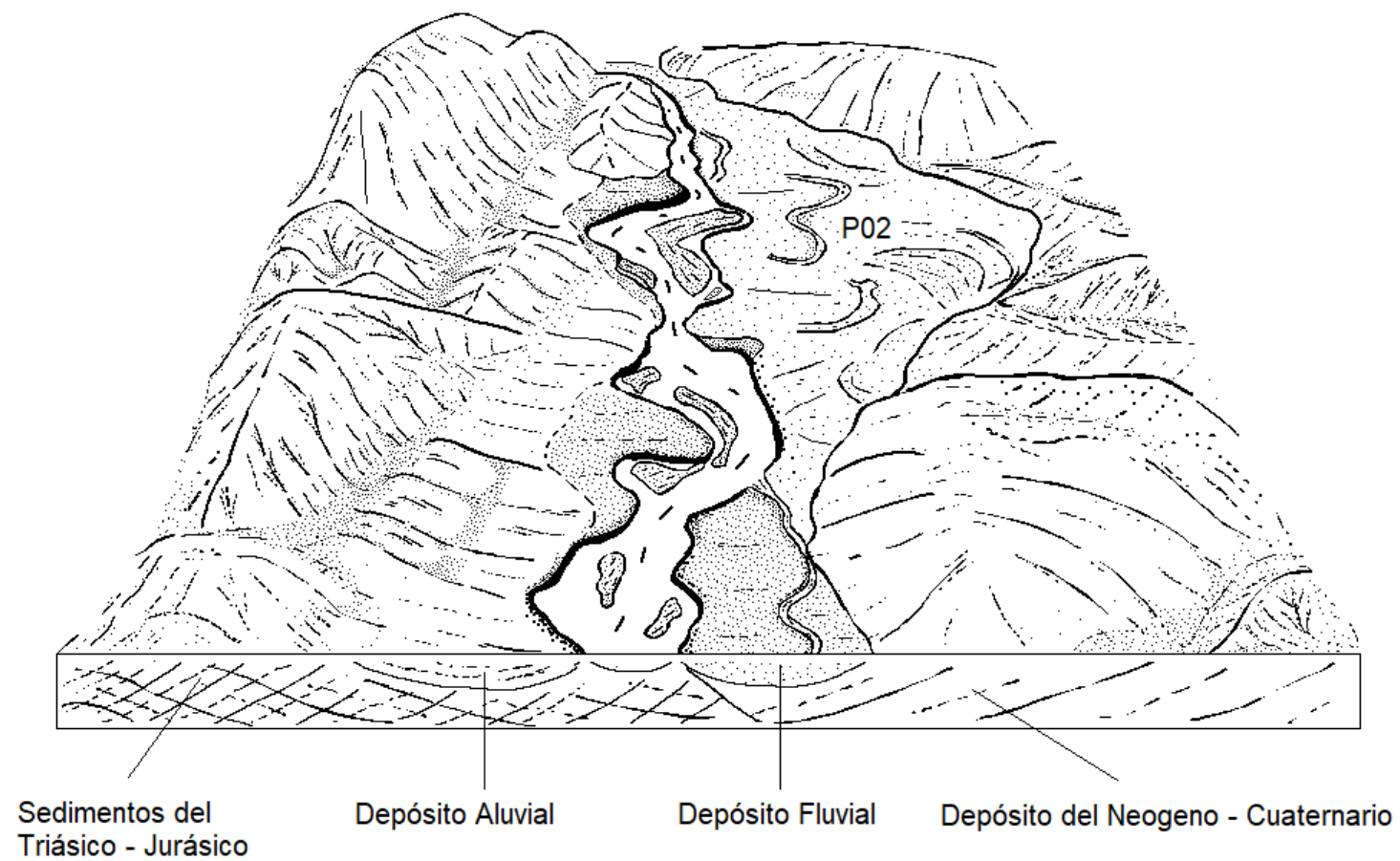


Figura 5. Posición paisajística del P06 evidenciando los procesos de agradación (Diseñado por Demetrio Lama)

4.6. Clasificación de suelos

Los suelos fueron clasificados como *Umbrisols*, *Cambisols* y *Fluvisols* (IUSS Working Group WRB, 2022) y como *Inceptisols* y *Entisols* (Soil Survey Staff, 2022). Se consideraron los calificadores principales y suplementarios para brindar más detalles en el sistema WRB (IUSS Working Group WRB, 2022).



Figura 6. Presencia de carbonatos

En relación con P01, P03 y P04 estos suelos fueron clasificados como *Orthodystric Hypersideralic Cambisols (Clayic, Ochric)* por presentar horizonte *Cambic*, textura arcillosa con espesura > 30 cm (*Clayic*) dentro de los ≤ 100 cm de la superficie del suelo mineral (Tabla 4), saturación por bases ≤ 50 % con contenido de $Al^{3+} >$ que las bases cambiables ($Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + Na^{+}$) (*Orthodystric*) y CIC de la arcilla ≤ 16 cmol_c kg⁻¹ (*Hypersideralic*) (Tabla 5). De acuerdo con la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2022) estos suelos fueron clasificados como *Oxic Dystrudepts*,

Respecto al perfil P02, este fue clasificado como *Hypereutric Cambisols (Clayic, Ochric, Oxyaquic)* por presentar horizonte *Cambic*, además de presentar textura arcillosa con espesura ≥ 30 cm (*Clayic*) dentro de los ≤ 100 cm de la superficie del suelo mineral y napa freática a partir de los 80 cm (Tabla 4). La saturación por bases $\geq 50\%$ con contenido de bases ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^{+} + \text{Na}^{+}$) cuatro veces mayor que el Al^{3+} (*Hypereutric*) en alguna parte del perfil entre los 20 a 100 cm de la superficie del suelo mineral (Tabla 5). De acuerdo con la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2022) este suelo fue clasificado como *Typic Epiaquepts*.

El perfil P05 fue clasificado como *Cambic Umbrisols (Clayic, Sideralic, Pachic)* de acuerdo a la IUSS Working Group WRB (2022) por presentar un horizonte superficial *Umbric* y horizonte *Cambic*. Este perfil presenta capas de textura arcillosa ≥ 30 cm (*Clayic*) dentro de los ≤ 100 cm de la superficie del suelo mineral (Tabla 4) con CIC de la arcilla ≤ 24 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (*Sideralic*) (Tabla 5) y horizonte *Umbric* de ≥ 50 cm (*Pachic*) de espesura (Tabla 4). De acuerdo a la Soil Survey Staff (2022) este suelo es clasificado como *Oxic Humudepts*.

El perfil P06 fue clasificado como *Calcaric Anofluvic Fluvisols (Loamic, Ochric)* de acuerdo a la IUSS Working Group WRB (2022) debido a la ausencia de horizonte diagnóstico subsuperficial. Este perfil presenta material calcaric (*Calcaric*), con material flúvico entre los > 50 y < 100 cm de la superficie mineral (*Anofluvic*), además de una textura franco (Loamic) con espesura ≥ 30 cm (Tabla 4) dentro de los ≤ 100 cm de la superficie del suelo mineral. De acuerdo con la Soil Survey Staff (2022) este suelo es clasificado como *Typic Udifluvents*.

V. CONCLUSIONES

1. Las características morfológicas de los perfiles mostraron una variación lo largo del transecto con un color de negro a pardo muy oscuro en los horizontes superficiales y pardo rojizo a amarillo parduzco en los horizontes subsuperficiales, presentaron estructura granular, bloques angulares y subangulares con consistencia friable en superficie en la mayoría de los perfiles y de friable a muy firme en subsuperficie con variaciones en la pegajosidad y plasticidad.
2. De los seis perfiles de suelos estudiado, se encontraron diferencias en sus propiedades físicas y químicas a lo largo de la toposecuencia encontrando un pH de extremadamente ácido a moderadamente alcalino, Valores altos de CO en superficie, baja saturación por bases y valores altos en Al^{3+} , una CIC de la arcilla ≤ 24 cmol_c.kg y en la mayoría de los suelos presentando una textura arcillosa, evidenciando que la variación del material parental y la topografía son los principales factores que influenciaron en sus propiedades físico-químicos.
3. De acuerdo con las propiedades morfológicas, físicas y químicas de los perfiles evaluados estos suelos se clasifican como *Oxic Dystrudepts (P01, P03 y P04)*, *Typic Epiaquepts (P02)*, *Oxic Humudepts (P05)* y *Typic Udifluvents (P06)* según la *Soil Taxonomy*, como *Orthodystric Hypersideralic Cambisols (Clayic, Ochric) (P01, P03 y P04)*, *Hypereutric Cambisols (Clayic, Ochric, Oxyaquic)(P02)*, *Cambic Umbrisols (Clayic, Sideralic, Pachic) (P05)* y *Calcaric Anofluvic Fluvisols (Loamic, Ochric) (P06)* según la Word Reference Base.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Con los datos obtenidos y otras informaciones científicas que se generen servirán para conocer los tipos de suelos de la región, su uso potencial y vulnerabilidad que permitirán recomendar prácticas de uso y manejo que permitan lograr un desarrollo sostenible.
2. Continuar con estudios de clasificación taxonómica de suelos con el objetivo de generar información detallada de los suelos de la región que permitan generar mapas de suelos e información relevante para la comunidad científica e instituciones ligadas al tema agrícola y ambiental.

VII. REFERENCIAS

- Aniceto, K., Moreira-Turco, P., Cordeiro, R.C., Fraizy, P., Quintana, I., Turco, B. (2014). Holocene paleohydrology of Quistococha Lake (Perú) in the upper Amazon Basin: Influence on carbon accumulation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 415, p. 165–174. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2014.08.018>
- Arthur, A. and Okae-Anti, D. (2022). Genesis and Classification of Soils from a Toposequence at Wamaso, Ghana. *Open Access Library Journal*, 9: e9108. <https://doi.org/10.4236/oalib.1109108>
- Arán, D., & Macías, F. (2023). Influence of aeolian deposits on the pedogenesis process of the Costa da Morte soils (NW Spain). *Catena*, 232(May). <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107465>
- Asmare, T.K., Abayneh, B., Yigzaw, M., Birhan, T.A. (2023). The effect of land use type on selected soil physicochemical properties in Shihatig watershed, Dabat district, Northwest Ethiopia. *Heliyon* 9, e16038. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16038>
- Barros e Silva, M., Cunha dos Anjos, L. H., Pereira, M. G., Antônio Schiavo, J., Cooper, M., & de Souza Cavassani, R. (2013). Gênese e classificação dos solos de uma topossequência em área de carste na serra da Bodoquena, MS. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 37(6), 1464-1480. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000600004>
- Bazan, T.R. (2017). Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Lima, Perú
- Bernini, T., Gervasio, M., Fontana, A., dos Anjos, l. h., Barreiros, S., Salvador, P. G., Lopes, L. (2013). Taxonomia de solos desenvolvidos sobre depósitos sedimentares da formação Solimões no estado do Acre. Universidade Federal de Viçosa: Bragantia.
- Bezerra, I. S. A. A., Nogueira, A. C. R., Motta, M. B., Sawakuchi, A. O., Mineli, T. D. (2022). A. de Q., Silva, A. G., Domingos, F. H. G., Mata, G. A. T., Lima, F. J., & Riker, S. R. L. Incision and aggradation phases of the Amazon River in central-eastern Amazonia during the late Neogene and Quaternary. *Geomorphology*, 399. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2021.108073>.
- Bortoluzzi, E. C., Rheinheimer, D. dos S., Petry, C., & Kaminski, J. (2009). Contribuição de

- constituintes de solo à capacidade de troca de cátions obtida por diferentes métodos de extração. *Revista Brasileira De Ciência Do Solo*, 33(3). <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000300004>
- Chiapini, M., Schellekens, J., Oliveira Junior, J. C., Calegari, M. R., & Vidal-Torrado, P. (2023). Pedogenesis in very deep autochthonous Ferralsols of the Paraná Igneous Province (Brazil). *Catena*, 224(July 2022). <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.106981>
- Chinchilla, M., Mata, R., & Alvarado, A. (2011). Andisoles, inceptisoles y entisoles de la subcuenca del río Pirrís, región de Los Santos, Talamanca, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. <https://doi.org/10.15517/rac.v35i1.6688>.
- Corrêa de Medeiros, P.S., do Nascimento, P.C., Inda, A.V., da Silva, L.F. (2020). Genesis and classification of soils from granitic hills in southern Brazil. *J. South Am. Earth Sci.* 98, 102494. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.102494>
- Cruzatty, L. C. G., & Vollmann, J. E. S. (2012). Caracterización de suelos a lo largo de un gradiente altitudinal en Ecuador. *Revista Brasileirade Ciências Agrarias*, 7(3), 456–464. <https://doi.org/10.5039/agraria.v7i3a1736>
- De Sousa, J. E. S., dos Santos, J. C. B., Corrêa, M. M., do Nascimento, A. F., Schulze, S. M. B. B., Ferreira, T. O., de Araújo Filho, J. C., & de Souza Júnior, V. S. (2020). Mineralogy and genesis of Planosols under a semi-arid climate, Borborema Plateau, NE Brazil. *Catena*, 184 (December 2018), 104260. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104260>
- Deressa, A., Yli-Halla, M., Mohamed, M., Wogi, L. (2018). Soil classification of humid Western Ethiopia: a transect study along a toposequence in Didessa watershed. *Catena* 163, 184–195. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.12.020>.
- Dinssa, B., & Elias, E. (2021). Characterization and classification of soils of Bako Tibe District, West Shewa. Ethiopia. *Heliyon*, 7(11), e08279. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08279>
- Dori, T., Asefaw, Z., Kippie, T. (2022). Soil characteristics under dominant agroforestry systems along toposequence of Gedeo, Southeastern Ethiopia. *Environ. Sustain. Indic.* 15 (January), 100191 <https://doi.org/10.1016/j.indic.2022.100191>.

- Dosseto, A., May, J. H., Choi, J. H., Swander, Z. J., Fink, D., Korup, O., Hesse, P., Singh, T., Mifsud, C., & Srivastava, P. (2018). Late quaternary fluvial incision and aggradation in the Lesser Himalaya, India. *Quaternary Science Reviews*, 197, 112–128. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2018.07.035>.
- Ebeling, A. G., Anjos, L. H. C. dos., Perez, D. V., Pereira, M. G., & Gomes, F. W. de F. (2011). Atributos químicos, carbono orgânico e substâncias húmicas em Organossolos háplicos de várias regiões do Brasil. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* 35(2), 325 - 336. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000200004>
- Espurt, N.; Funicello, F.; Martinod, J.; Buillaume, B.; Regard, V. Faccenna, C.; Brusset, S. (2008). Flat subduction dynamics and deformation of the South American plate: Insights from analog modeling. *Tectonics*, 27, Article TC3011. <https://doi.org/10.1029/2007TC002175>
- Estrada, J.A. (1971). Mineralogical and Chemical Properties of Peruvian Acid Tropical Soils. Unpublished PhD thesis, Department of Soil Science, University of California, Riverside. University Microfilms, Inc., Ann Arbor, Mich.
- Flores, P.S. (1977). Caracterización y clasificación de algunos suelos del bosque amazónico peruano, Iquitos. [Tesis de maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza]. Repositorio Catie. <https://repositorio.catie.ac.cr/>.
- Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz Gaistardo, C., Encina Rojas, A., Jones, A., Krasilnikov, P., Mendonça- Santos, M.L., Montanarella, L., Muñiz Ugarte, O., Schad, P., Vara Rodríguez, M.I., Vargas, R., Ravina da Silva, M. (eds). (2015). Atlas de solos de América Latina e do Caribe, Comissão Europeia - Serviço das Publicações da União Europeia, L-2995 Luxembourg, 176 pp. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/195880/1/Atlas-de-Solos-da-America-Latina-e-do-Caribe-2015.pdf>
- Gutiérrez-Castorena, E. V., Gutiérrez-Castorena, M. del C., & Ortiz-Solorio, C. A. (2015). Carbon capture and pedogenetic processes by change of moisture regime and conventional tillage in Aridisols. *Soil and Tillage Research*, 150, 114–123. <https://doi.org/10.1016/j.still.2015.02.001>.
- INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales). (1996). Mapa Ecológico del Perú –

- Guía Explicativa. Ministerio de Agricultura. Lima – Perú.
- IUSS Working Group WRB, 2015. Base referencial mundial del recurso suelo 2014, Actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos mundiales de suelos 106. FAO, Roma
- IUUS WORKING GROUP WRB. (2022). World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soil and creating legends for soil maps. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS). Viena, Austria.
- Kahsay, A., Haile, M., Gebresamuel, G., & Mohammed, M. (2023). Pedogenesis of soils formed on jurassic calcareous sedimentary rock formations: A transect study in northern semi-arid highlands of Ethiopia. *Geoderma Regional*, 35(September), e00719. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2023.e00719>
- Kefas, P.K. & Ali, S & Ofem, K. & Umeugokwe, Chigozie. (2020). Genesis and classification of soils along a toposequence in the teaching and research farm of Taraba State University, Jalingo, Nigeria. *Global Journal of Agricultural Sciences* vol 19. 33-43. <https://dx.doi.org/10.4314/gjass.v19i1.5>
- Kampf, N & Curi, N. (2012). Formação e evolução do solo (PEDOGENESE). In: Ker, J. C., Curi, N., Schaefer, C. E.G.R., & Vidal-Torrado, P. (2012). *Pedologia Fundamentos*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 207 - 302.
- Lama, D.AI., Schaefer, C.E.G.R., Amaral, E. F, do Vale Lopes, D., Francelino, M.R., Senra, E.O (2024). Soil-Landform interplays from the Highlands of the Eastern Andes Cordillera to the lowlands of the Peruvian Amazon. *Catena* 244, 108248. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2024.108248>
- Lima, A. P. B., Inda, A. V., Zinn, Y. L., Silva, E. R. da, & Nascimento, P. C. do. (2022). Soil formation and properties along a sedimentary lithosequence in the ecotonal Cerrados of Mato Grosso, Brazil. *Catena*, 219, 106599. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106599>.
- Lima, A., Campos, M., Brito Filho, E. G., Pinheiro, E., Santos, L., Costa, E., & Silva, D. (2023). Genesis and classification of soils over forest and pasture in a toposequence, in southern amazonia. *Applied Ecology and Environmental Research*, 21(5): 4957 - 4976.

http://dx.doi.org/10.15666/aeer/2105_49574976

- Lin, C. W., Hseu, Z. Y., & Chen, Z. S. (2002). Clay mineralogy of spodosols with high clay contents in the subalpine forests of Taiwan. *Clays and Clay Minerals*, 50(6), 726–735. <https://doi.org/10.1346/000986002762090254>
- Manrique De Lara, G.L.D. (2022). Comportamiento Meteorológico y determinación de los índices climáticos durante el periodo 1990 - 2020 en Tingo María. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva].
- Maranhão, D.D.C., Pereira, M.G., Collier, L.S., Anjos, L.H.C., Azevedo, A.C., Cavassani, R. S. (2020). Pedogenesis in a karst environment in the Cerrado biome, northern Brazil. *Geoderma* 365, 114169. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.114169>
- Martínez, W.; Valdivia, E. & Cuyubamba, V. (1998) - Geología de los cuadrángulos de Aucayacu, Río Santa Ana y Tingo María. Hojas: 18-k, 18-l y 19-k. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 112, 204 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/71>
- Mescolotti, P. C., Pupim, F. do N., Ladeira, F. S. B., Sawakuchi, A. O., Santa Catharina, A., & Assine, M. L. (2021). Fluvial aggradation and incision in the Brazilian tropical semi-arid: Climate-controlled landscape evolution of the São Francisco River. *Quaternary Science Reviews*, 263. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2021.106977>.
- Olsen, S.R., Cole, C.V. and Watanabe, F.S. (1954) Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate. USDA Circular No. 939, US Government Printing Office, Washington DC
- ONERN (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales). (1962). Evaluación e Integración del potencial económico y social de la zona Tingo María-Tocache-Huallaga central. Lima Perú.
- ONERN (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales). (1972). Inventario y Evaluación de los recursos naturales de los ríos Inambari y Madre de dios. Lima Perú.
- ONERN (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales). (1973). Cuencas de los ríos-Moquegua, Locumba, Sama, Caplina. Lima Perú.
- ONERN (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales). (1976). Inventario y Evaluación de los recursos naturales de la Sais Tupac Amaru. Departamento de Pasco.

Lima Perú.

ONERN (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales). (1980). Inventario y Evaluación de los recursos naturales de la Sais Tupac Amaru. Departamento de Pasco. Lima Perú.

ONERN (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales). (1986). Estudio de suelos y adaptabilidad: zona Pucallpa, departamento de Ucayali (Semidetallado). Lima Perú.

ONERN (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales). (1988). Inventario, Evaluación e integración de los recursos naturales de la zona de los ríos alto Yurua-Breu. Lima Perú.

Osher, L. J., & Buol, S. W. (1998). Relationship of soil properties to parent material and landscape position in eastern Madre de Dios, Peru. *Geoderma*, 83(1–2), 143–166. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(97\)00133-X](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(97)00133-X).

Pinheiro Junior, C.R., Cipriano da Silva, R., da Silva Neto, E.C., de Azevedo, A.C., do Nascimento, C.W.R., Fontana, A., de Souza Júnior, V.S., dos Anjos, L.H.C., Pereira, M.G. (2021). Influence of carbonate rocks on soil properties in the humid tropical climate of atlantic forest, Rio de Janeiro–Brazil. *J. S. Am. Earth Sci.* 112 <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103582>.

Ribeiro Acauá Santos de Saboya. (2009). Caracterización física, química, mineralógica y micromorfológica de suelos de Serra Sul, Bosque Nacional de Carajás, Pará. 126 f. Disertación (Maestría en Fertilidad del Suelo y Nutrición Vegetal; Génesis, Morfología y Clasificación, Mineralogía, Química) - Universidad Federal de Viçosa.

Sanches, G. K., Salviano, O. da S., Braga, Ítalo G., Adjeran, O. K. J., Tavares, R. K., Neves Junior, A. F., & Lima, H. N. (2024). Caracterização de solos arenosos em Campinaranas da região metropolitana de Manaus, Amazonas. *Revista Brasileira De Geografia Física*, 17(1), 594–608. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v17.1.p594-608>.

Sanchez, P., & Buol, W. (1974). Properties of Some Soils of the Upper Amazon Basin of Peru. *Soil Science Society of America*, 1, 6p.

Santos, L. A. C. d., Campos, M. C. C., Costa, H. S., & Pereira, A. R. (2012). Caracterização de solos em uma toposequência sob terraços aluviais na região do médio rio Madeira (AM) Characterization of soils in a toposequence under alluvial terraces in the middle

- rio Madeira (AM). Revista Ambiente.
- Santos, V. R., Moura Filho, G., Gomes dos Santos, C., Lins dos Santos, M. A., & Lins Cunha, J. L. (2009). CONTRIBUIÇÃO DE ARGILOMINERAIS E DA MATÉRIA ORGÂNICA NA CTC DOS SOLOS DO ESTADO DE ALAGOAS. *Revista Caatinga*, 22(1), 27-36.
- Schaetzl, Randall & Anderson, Sharon. (2006). *Soil-Genesis and Geomorphology*. 10.1017/CBO9780511815560.
- Soil Survey Staff. (1967). *Supplement to Soil Classification System (7th Approx.)*. U.S. Dept. Agr., Soil Conserv. Serv., Washington, D.C., 207 pp.
- Soil Survey Staff. (1975). *Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. USDA - Soil Conservation Service Agricultural Handbook #436, U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC.
- Soil Survey Staff. (1998). *Keys to Soil Taxonomy*. 8th Ed. US. Government Printing Office. Washington, DC, 541p.
- Soil Survey Staff. (2017). *Soil Survey Manual Agriculture. Handbook 18*. USDA, Natural Resources Conservation Service, 18(18), 483. <https://doi.org/10.1097/00010694-195112000-00022>.
- Soil Survey Staff. (2022). *Keys to soil taxonomy*. Soil Conservation Service, 13, 410. http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051546.pdf
- Soil Survey Staff. (2023). *Keys to Soil Taxonomy*, 13th ed. USDA Natural Resources Conservation Service.
- Soil Survey Staff (1990) *Keys to Soil Taxonomy*. SMSS Technical Monograph No. 6. United States Department of Agriculture, Blacksburg, 886 p.
- Sánchez, A.F.; Zapata, A.M. (2003). Memoria Descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de río Picha (25-p), Timpia (25-q), Chuanquiri (26-p), Quillabamba (26-q) Quebrada Honda (26-r), Parobamba (26-s), Pacaypata (27-p), Machupicchu (27-q), Urubamba (27-r), Calca (27-s), Chontachaca (27-t), Quincemil (27-u), Ocongate (28-t), Corani (28-u) y Ayapata (28-v). Escala 1:100 000. Lima, Perú: Instituto Geológico Minero y Metalurgico – INGEMMET. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2073>

- Sébrier, M.; Lavenu, A.; Fornari, M.; Soulas, J. (1988). Tectonics and uplift in Central Andes (Peru, Bolivia and Northern Chile) from Eocene to present. *Geodynamique*, 3 (1–2): 85 - 106.
- Tyler, E.J., S.W. Buol, and P.A. Sanchez. 1978. Genetic association of properties of soils an area in the Upper Amazon Basin of Peru. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 42 (5): pp. 771-776. <https://doi.org/10.2136/sssaj1978.03615995004200050025x>
- Vonhof, H.B.; Kaandorp, R.J.G. (2010). Climate Variation in Amazonia during the Neogene and the Quaternary. In HOORN, C. & WESSELINHG, F.P. (Eds), *Amazonia, Landscape and Species Evolution: A Look into the Past*, (pp. 201-210). Blackwell Publishing.
- Wakwoya, M. B., Woldeyohannis, W. H., & Yimamu, F. K. (2023). Characterization and classification of soils of upper Hoha sub-watershed in Assosa District, Western Ethiopia. *Heliyon*, 9 (4), e14866. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14866>
- Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37(1): p. 29 - 38. <https://doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003>
- Weil, R.R. and Brady, N.C. (2017) *The Nature and Properties of Soils*. 15th Edition, Pearson, New York.
- Yin, K., Hong, H., Churchman, G. J., Li, R., Li, Z., Wang, C., Han, W. (2013). Hydroxy-interlayered vermiculite genesis in Jiujiang late-Pleistocene red earth sediments and significance to climate. *Appl. Clay Sci.* 74, 20 - 27. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2012.09.017>

VIII. ANEXOS

Panel Fotográfico y fichas técnicas



Figura 7. Paisaje del perfil P01



Figura 8. Apertura y lectura del perfil P01

Perfil 01		
Zona	Alto peregrino	
Clasificación Taxonómica	Soil Taxonomy: Oxic Dystrudepts WRB: Orthodystric Hypersideralic Cambisols (Clayic, Ochric)	
Relieve	Ladera	
Clima	cálido - húmedo	
Zona de vida	bosque húmedo tropical	
Material parental	Roca sedimentaria	
Vegetación	Macorilla	
Horizonte	prof/cm	Descripción
Ap	0 - 10	Arcilloso, 10YR 2/2 en húmedo, granular , fuerte, friable, neutro (pH 4.36), raíces muy finas y medias en cantidad muchas, contenido de carbono orgánico (6.78 %), con una transición entre horizontes de Claro y suave
BA	10 - 35	Arcilloso, 7.5YR 5/8 en húmedo, bloques subangulares , moderada, friable, neutro (pH 4.65), raíces finas en cantidad común , contenido de carbono orgánico (1.99 %), con una transición entre horizontes de gradual y suave
Bw1	35 - 70	Arcilloso, 7.5YR 5/8 en húmedo, bloques subangulares, moderada, friable, neutro (pH 4.81), raíces muy finas y finas en cantidad pocas , contenido de carbono orgánico (1.30%), con una transición entre horizontes de difuso y suave
Bw2	70 - 120	Arcilloso, 7.5 YR 5/8 en húmedo, bloques subangulares , moderada, friable, neutro (pH 4.89), raíces muy finas y finas en cantidad escasas , contenido de carbono orgánico (1.03%)

Figura 9. Descripción del perfil P01

18515
Michell

I. CARACTERÍSTICAS GENERALES

1. Perfil N°: P01	2. Litología / Material de origen: Arenoso con alto % de cargas / <i>Leon...</i>
4. Coordenadas: 2397280, 8988952 879	5. Fisiografía: Andina
6. Vegetación: Noceño	7. Uso Actual: CV - Cuenca / Presencia de Matorral
8. Profundidad de la napa freática: —	9. Fecha de Descripción: 9/10/2003
10. Localización: Alto Perigrino	11. Descrito por: Miguel Ángel / Michell Rojas
	12. Clasificación: —

II. HORIZONTES DEL SUELO

27.00 4.50 0.8

Símbolo: (AP) BA (Bw1) Bw2
Prof.: 0-10 10-25 25-70 70-120
104R 42 751K 516 751K 516 751R 516

III. OTRAS CARACTERÍSTICAS GENERALES

1. PEDREGOSIDAD

NO PEDREGOSA	LIGERAMENTE PEDREGOSA	MODERADAMENTE PEDREGOSA	PEDREGOSA	MUY PEDREGOSA	EXTREMAMENTE PEDREGOSA
	X				

2. ROCOSIDAD

NO ROCOSA	LIGERAMENTE ROCOSA	MODERADAMENTE ROCOSA	ROCOSA	MUY ROCOSA	EXTREMAMENTE ROCOSA

3. RELIEVE Y DECLIVIDAD

PLANO (< 3%)	SUAVE ONDULADO (3-4%)	ONDULADO (5-20%)	FUERTEMENTE ONDULADO (20-45%)	MONTAÑOSO (45-75%)	ESCARPADO (> 75%)
	X				

4. DRENAGE

EXCESIVO	ALGO EXCESIVO	BUENO	MODERADO	IMPERFECTO	POBRE	MUY POBRE
			X			

5. EROSIÓN

NO APARENTE	LIGERA	MODERADA	FUERTE	MUY FUERTE	EXTREMAMENTE FUERTE
			X		

Observaciones: 50-60% Perch. *Michell*

IV. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

1.1. MOTEADURAS

A. CANTIDAD	B. TAMAÑO	C. CONTRASTE
POCO (< 2%)	PEQUEÑO (< 1mm)	DISTRITO
COMUN (> 2-20%)	MEDIO (1-10mm)	DISFUSO
ABUNDANTE (> 20%)	GRANDE (> 10mm)	PROGRESIVAMENTE

2. TEXTURA

MUY ARENOSA	ARENOSA	ARCILLO-ARENOSA	ARCILLO-LIGERA	FRANCO-ARCILLOSO	FRANCO-ARCILLO-MEDIO	FRANCO-ARCILLO-ARENOSO	FRANCO	FRANCO-LIGERO	FRANCO-ARENOSO	LIMO	ARENA-FRANCA	ARENA
		X										

21. FRACCIONES GROSERAS

A. GRUAVILLAS (Ø > 2.0 mm)

B. GUALARROS (Ø 7.5-25 cm)

C. PEDREGOS (Ø > 25 cm)

2.1.1. GRADO DE ARRENDONAMIENTO

ANGULAR	SUBANGULAR	SUBARRENDONADA	ARRENDONADA	BIEN ARRENDONADA

D. S. de Drenaje: *Angulo Limpio Intermedio*
 P. de Drenaje: *POCO BUENO*
 GIP N°: *13441*

30-40 → Activ. biológica
 Disturbación

Figura 10. Ficha Técnica del perfil P01

3. ESTRUCTURA

3.1. TIPO	3.2. TAMAÑO	3.3. GRADO
LAMINAR	MUY PEQUEÑA	GRANDE SIMPLE
PRISMÁTICA	PEQUEÑA	MASIVO
COLUMNAR	MEDIA	DEBIL
BLOQUES ANGULARES	GRANDE	MODERADA
BLOQUES SUBANGULARES	MUY GRANDE	FUERTE
GRANULAR		
MIGAJOSA		

4. POROSIDAD

4.1. TAMAÑO	4.2. CANTIDAD
MUY PEQUEÑOS (< 1mm)	POCOS
PEQUEÑO (1-2 mm)	COMUNES
MEDIOS (2-4 mm)	
GRANDES (4-10 mm)	
MUY GRANDES (10-100 mm)	

5. CONSISTENCIA

5.1. SUELO SECO	5.2. SUELO HÚMEDO
SUELTO	SUELTO
SUAVE	MUY FRÁGIL
LIGERAMENTE DURO	FRÁGIL
DURO	FIRME
MUY DURO	MUY FIRME
EXTREMAMENTE DURO	EXTREMAMENTE FIRME

6. PELICULAS DE ARCILLA

DEBIL	POCO	7. CEMENTACIÓN
MODERADA	COMUN	DEBILMENTE CEMENTADO
FUERTE	ABUNDANTE	FUERTEMENTE CEMENTADO
		EXTREMAMENTE CEMENTADO

8. NÓDULOS Y CONCRECIONES MINERALES

8.1. CANTIDAD	8.2. FORMA	8.3. TAMAÑO Y DUREZA
MUY POCO (< 5%)	ESFÉRICA	PEQUEÑO (< 1cm)
POCO (5-15%)	IRREGULAR	GRANDE (1-10cm)
FRECUENTE (15-45%)	ANGULAR	SUAVE
DOMINANTE (> 45%)		DURO

9. CONTENIDO DE CARBONATOS (P&I) (%)

9.A. CONTENIDO DE CARBONATOS (P&I) (%)	9.B. CONTENIDO DE MANGANESO (P&O)
LIGERA	LIGERA
FUERTE	FUERTE
VIOLENTA	VIOLENTA

9.1. COLOR

9.1. COLOR	9.1. NATURALIEZA

V. RAÍZES

A. CANTIDAD	B. DIÁMETRO
ALBURNANTES	MUY FINAS (< 1mm)
MUCHAS	FINAS (1-2mm)
COMUNES	MEDIAS (2-5mm)
POCAS	GRUESA (5-10mm)
ESCASAS	MUY GRUESA (> 10)

VI. FACTORES BIOLÓGICOS

Agua estor de Carbon por la fauna

Otras observaciones: *Surcos, ex*



Figura 11. Paisaje del perfil P02



Figura 12. Apertura y lectura del perfil P02

P02		
Zona	Apiza	
Clasificación Taxonomica	Soil Taxonomy: Typic Epiaquepts WRB: Hypereutric Cambisols (Clayic, Ochric, Oxyaquic)	
Relieve	Planicie	
Clima	cálido - húmedo	
Zona de vida	bosque húmedo tropical	
Material parental	Roca sedimentaria	
Vegetación	Cultivos agrícolas	

Horizonte	prof/cm	Descripción
Ap	0 - 7	Franco arcillo limoso, 7.5YR 3/3, granular, moderada, friable, neutro (pH 6.28), raíces muy finas en cantidad muchas, contenido de materia orgánica (4.66%), con una transición entre horizontes de Claro y suave
AB	7 - 17	Franco arcillo limoso, 5YR 4/6, granular, moderada, firme, neutro (pH 5.41), raíces finas en cantidad común, contenido de materia orgánica (2.88%), con una transición entre horizontes de Claro y suave
Bw	17 - 30	Arcilloso, 2.5YR 4/4, bloques subangulares, moderada, firme, neutro (pH 5.65), raíces finas en cantidad común, contenido de materia orgánica (0.82%), con una transición entre horizontes de Claro y suave
BC	30 - 50	Arcilloso, 5YR 3/4, bloques subangulares, moderada, firme a muy firme, neutro (pH 5.65), contenido de materia orgánica (0.82%), con una transición entre horizontes de Claro y suave
C	50 - 80	Arcilloso, 5YR 3/4, masivo, muy firme, neutro (pH 5.97), contenido de materia orgánica (0.48%)
W	> 80	Napa freática

Figura 13. Descripción del perfil P02

T2510
Michell

I. CARACTERÍSTICAS GENERALES

1. Perfil N°: P02	2. Litología / Material de origen Roca Salm
4. Coordenadas: 0396538; 8986988	5. Fisiografía Planicie
6. Vegetación: Café / Arroz	7. Uso Actual: Café / Arroz / Pecu
8. Profundidad de la napa freática 80cm	9. Fecha de Descripción:
10. Localización:	11. Descrito por: Demétrio Lara / Michell Horta
	12. Clasificación:

B02 → se desmenuza en 1/400 grms

II. HORIZONTES DEL SUELO

Símbolo	AP	AB	Bw	BC	C	W
Prof.	0-7	7-14	14-30	30-50	50-80	80 >

Alto 1.60m - Para los greses de los horizontes

A. NITIDEZ O CONTRASTE

ABRURTO	
CLARO	X X X X
GRADUAL	
DIFUSO	

B. TOPOGRAFÍA DE LA LÍNEA DE SEPARACIÓN

SUAVE	
ONDULADO	X X X X
IRREGULAR	
DISCONTINUO	

III. OTRAS CARACTERÍSTICAS GENERALES

1. PEDREGOSIDAD	2. ROCOSIDAD	3. RELIEVE Y DECLIVIDAD
NO PEDREGOSA	NO ROCOSA	PLANO (0-5%)
LIGERAMENTE PEDREGOSA	LIGERAMENTE ROCOSA	SUAVE (5-10%)
MODERADAMENTE PEDREGOSA	MODERADAMENTE ROCOSA	ONDULADO (10-20%)
PEDREGOSA	ROCOSA	FUERTE (20-30%) ONDULADO (20-40%)
MUY PEDREGOSA	MUY ROCOSA	MONTAÑOSO (35-75%)
EXTREMAMENTE PEDREGOSA	EXTREMAMENTE ROCOSA	ESCARPADO (>75%)

no uso presencia de carbón → greses

4. DRENAJE

EXCESIVO	NO APARENTE
ALGO EXCESIVO	LIGERA
BUENO	MODERADA
MODERADO	FUERTE
IMPERFECTO	MUY FUERTE
POBRE	EXTREMAMENTE FUERTE
MUY POBRE	

5. EROSIÓN

NO APARENTE	X
LIGERA	
MODERADA	
FUERTE	
MUY FUERTE	
EXTREMAMENTE FUERTE	

Observaciones:
P02

IV. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

1.1. MOTEADURAS

A. CANTIDAD	B. TAMAÑO	C. CONTRASTE
POCO (<2%)	PEQUEÑO (<5mm)	DISTRITO
COMUN (2-30%)	MEDIO (5-15mm)	DIFUSO
ABUNDANTE (>30%)	GRANDE (>15mm)	PRONUNCIADO

2. TEXTURA

MUY ARENOSA	
ARENOSA	
ARCILLO ARENOSA	
ARCILLO LIMOSA	
FRANCO-ARCILLOSO	X
FRANCO-ARCILLO LIMOSO	
FRANCO-ARCILLO ARENOSO	
FRANCO	X
FRANCO LIMOSO	
FRANCO ARENOSO	
LIMO	
ARENA FRANCA	
ARENA	

21. FRACCIONES GROSERAS

A. GRAVILLAS (Ø HASTA 7.5 cm)
 (LIG. GRAVOSO (2-10%))
 (GRAVOSO (15-50 %))
 (MUY GRAVOSO (50-80 %))

B. GUAJARROS (Ø 7.5-25 cm)

C. PEDREGOSO (Ø > 25 cm)

2.1.1. GRADO DE ARREDONDAMIENTO

ANGULAR	
SUBANGULAR	
SUBARREDONDADA	
ARREDONDADA	
BIEN ARREDONDADA	

D.S. Drenable según Lane (1964)
 P.F. 0.00
 C.P. # 13441

Figura 14. Ficha técnica del perfil P02

3. ESTRUCTURA

3.1. TIPO	3.2. TAMAÑO	3.3. GRADO
LAMINAR	MUY PEQUEÑA	GRANO SIMPLE
PRISMÁTICA	PEQUEÑA	MASIVO
COLUMNAR	MEDIA	DESB.
BLOQUES ANGULARES	GRANDE	MODERADA
BLOQUES SUBANGULARES	MUY GRANDE	FUERTE
GRANULAR		
MISALAJA		

4. POROSIDAD

4.1. TAMAÑO	4.2. CANTIDAD
MUY PEQUEÑOS (Ø<1mm)	POCOS
PEQUEÑOS (Ø1-2 mm)	COMUNES
MEDIOS (Ø 2-4 mm)	
GRANDES (Ø 5-10 mm)	
MUY GRANDES (Ø >10 mm)	

5. CONSISTENCIA

5.1. SUELO SECO	5.2. SUELO HÚMEDO
SUAVE	MUY FRÁGIL
LIGERAMENTE DURO	FRÁGIL
DURO	FRÍGIL
MUY DURO	MUY FRÍGIL
EXTREMAMENTE DURO	EXTREMAMENTE FRÍGIL

6. PELÍCULAS DE ARCILLA

DEBIL	POCO	7. CEMENTACIÓN
MODERADA	COMUN	DEBILMENTE CEMENTADO
FUERTE	ABUNDANTE	FUERTEMENTE CEMENTADO
		EXTREMAMENTE CEMENTADO

8. NÓDULOS Y CONCRECIONES MINERALES

8.1. CANTIDAD	8.2. FORMA	8.3. TAMAÑO Y DUREZA
MUY POCO (<1%)	ESFÉRICA	PEQUEÑO (<1mm)
POCO (1-10%)	IRREGULAR	GRANDE (>1cm)
FRECUENTE (15-40%)	ANGULAR	SUAVE
DOMINANTE (>40%)		DURO

8.4. CONTENIDO DE CARBONATOS (HCl 10%)

LIGERA	
FUERTE	
VIOLENTA	
8.6. COLOR	
8.7. NATURALEZA	

V. RAÍZES

A. CANTIDAD	B. DIÁMETRO
RAÍZ MUELTAS	MUY FINAS (<1mm)
COMUNES	FINAS (1-5mm)
POCAS	MEDIAS (5-15mm)
ESCASAS	GRUESAS (15-25mm)
	MUY GRUESAS (>25mm)

VI. FACTORES BIOLÓGICOS

H2 BC → Presencia de de H2 10% / H2 2 → C/P: 5/2/20% / 10% / 1

Otras observaciones:
 H2 es es duro, (masivo) se desmenuza en pedruzcos al aplicar fuerza
 → monte (hace 5 años) → Abono de gallineros (orgánico)
 → No quemaron



Figura 15. Paisaje del perfil P03



Figura 16. Apertura y lectura del perfil P03

P03		
Zona		Alto pendiente
Clasificación Taxonomica		Soil Taxonomy: Oxic Dystrudepts WRB: Orthodystric Hypersideralic Cambisols (Clayic, Ochric)
Relieve		Ladera de colina
Clima		cálido - húmedo
Zona de vida		bosque húmedo tropical
Material parental		Roca sedimentaria
Vegetación		Cultivos agrícolas

Horizonte	prof/cm	Descripción
Ap	0 - 10	Franco arcilloso, 7.5YR 2.5/3 , granular y bloques subangulares , moderada, muy friable a friable, neutro (pH 4.42), raíces muy finas a finas en cantidad muchas , contenido de materia organica (3.29 %), con una transición entre horizontes de Claro y suave
BA	10 - 24	Arcilloso 7.5YR 4/6, bloques subangulares , moderada, muy friable a friable, neutro (pH 1.51), raíces finas en cantidad común , contenido de materia organica (4.55%), con una transición entre horizontes de difuso y suave
Bw1	24 - 50	Arcilloso 7.5YR 4/4, bloques subangulares, moderada, muy friable a friable, neutro (pH 1.17), raíces muy finas en cantidad escasas, contenido de materia organica (4.55%), con una transición entre horizontes de difuso y suave
Bw2	50 - 80	Arcilloso, 7.5YR 4/6, bloques subangulares , moderada, friable, neutro (pH 4.05), contenido de materia organica (1.03%), con una transición entre horizontes de difuso y suave
BC	80 - 110	Arcilloso, 7.5YR 5/8 , bloques subangulares , moderada, friable, neutro (pH 4.27), contenido de materia organica (0.96%)

Figura 17. Descripción del perfil P03

Acuá con pastigales

I. CARACTERÍSTICAS GENERALES

1. Perfil N°: P03	2. Litología / Material de origen: Arenisca / Roc. Sedimentaria / Arcilito
4. Coordenadas: 700 msnm 276631 E 2785782 N	5. Fisiografía: Sedera de Cobos
6. Vegetación: Cultivos Agrícolas (patata)	7. Uso Actual: yuca, plátano, postos / resaca de palo
8. Profundidad de la mapa freática	9. Fecha de Descripción: 11/01/2023
10. Localización:	11. Descrito por: Demetrio Sosa / Rishell Tunoz
	12. Clasificación: DISTRICTO 2a Z/A

II. HORIZONTES DEL SUELO

Símbolo	NP	6A	6w1	6w2	6C
Prof.	0-10	10-24	24-30	30-80	80-110

Nota: 7512/518 7542/46 7612/47 7512/46 7512/518

II.1. TRANSICIÓN ENTRE HORIZONTES

A. NITIDEZ O CONTRASTE		B. TOPOGRAFÍA DE LA LÍNEA DE SEPARACIÓN	
ABRUPTO		SUAVE	
CLARO	<input checked="" type="checkbox"/>	ONDULADO	<input checked="" type="checkbox"/>
GRADUAL		IRREGULAR	
DIFUSO	<input checked="" type="checkbox"/>	DISCONTINUO	

III. OTRAS CARACTERÍSTICAS GENERALES

1. PEDREGOSIDAD	2. ROCOSIDAD	3. RELIEVE Y DECLIVIDAD
NO PEDREGOSA	NO ROCOSA	PLANO (< 3%)
LIGERAMENTE PEDREGOSA	LIGERAMENTE ROCOSA	SUAVE ONDULADO (3-8%)
MODERADAMENTE PEDREGOSA	MODERADAMENTE ROCOSA	ONDULADO (8-20%)
PEDREGOSA	ROCOSA	FUERTEMENTE ONDULADO (20-45%)
MUY PEDREGOSA	MUY ROCOSA	MONTEGOSO (45-75%)
EXTREMAMENTE PEDREGOSA	EXTREMAMENTE ROCOSA	ESCARPADO (> 75%)

IV. DRENAGE

EXCESIVO	NO APARENTE
ALGO EXCESIVO	LIGERA
BUENO	MODERADA
MODERADO	FUERTE
IMPERFECTO	MUY FUERTE
POBRE	EXTREMAMENTE FUERTE
MUY POBRE	

V. EROSIÓN

NO APARENTE	
LIGERA	
MODERADA	
FUERTE	
MUY FUERTE	
EXTREMAMENTE FUERTE	

Observaciones: *40% pendiente backslope*

IV. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

1.1. CANTIDAD	2.1. TAMARO	3.1. CONTRASTE
POCO (< 3%)	PEQUEÑO (< 4mm)	DEFINIDO
COMUN (3-20%)	MEDIO (4-16mm)	DIFUSO
ABUNDANTE (> 20%)	GRANDE (> 16mm)	PROMINENTE

2. TEXTURA

MUY ARENOSA	
ARENOSA	<input checked="" type="checkbox"/>
ARENILLA ARENOSA	<input checked="" type="checkbox"/>
ARENILLA LIMOSA	
FRANCO-ARENILLA LIMOSA	<input checked="" type="checkbox"/>
FRANCO-ARENILLA LIMOSO	
FRANCO-ARENILLA LIMOSO	
FRANCO-ARENOSO	
FRANCO-LIMOSO	
FRANCO-ARENOSO	
LIPO	
ARENA FRANCA	
ARENA	

21. FRACCIONES GROSERAS

A. GRAVILLAS (21-75 µm)
B. GRAVOSOS (75-250 µm)
C. GRANULOS (250-2000 µm)

2.1.1. GRADO DE ARRENDONAMIENTO

ANGULAR	
SUBANGULAR	
SUBARRENDONADA	
ARRENDONADA	
BIEN ARRENDONADA	

5.3. Sistema logar. Luma (Luma) para 0.050 - 0.075 mm

Muy - Piedras arredondadas a arena

2-809

3. ESTRUCTURA

3.1. TIPO	3.2. TAMARCO	3.3. GRADO
LAMINAR	MUY PEQUEÑA	GRANDE SIMPLE
PRISMÁTICA	PEQUEÑA	MASIVO
COLUMNAR	MEDIA	DEBL.
BLOQUES ANGULARES	GRANDE	MODERADA
BLOQUES SUBANGULARES	MUY GRANDE	FUERTE
GRANULAR		
IRREGULAR		

4. POROSIDAD

4.1. TAMARCO	4.2. CANTIDAD
MUY PEQUEÑOS (< 1mm)	POCOS
PEQUEÑOS (1-2 mm)	COMUNES
MEDIOS (2-4 mm)	
GRANDES (4-10 mm)	
MUY GRANDES (> 10 mm)	

5. CONSISTENCIA

5.1. SUELO SECO	5.2. SUELO HÚMEDO
SUAVE	SUAVITO
LIGERAMENTE DURO	MUY FRÁGIL
DURO	FRÁGIL
MUY DURO	FIRME
EXTREMAMENTE DURO	MUY FIRME
	EXTREMAMENTE FIRME

6. SUELO MOJADO

6.1. PLÁSTICO	6.2. PEGAJOSIDAD
LIGERAMENTE PLÁSTICO	NO PEGAJOSO
PLÁSTICO	LIGERAMENTE PEGAJOSO
MUY PLÁSTICO	PEGAJOSO
	MUY PEGAJOSO

7. CEMENTACIÓN

DEBL.	POCO	7.1. CEMENTACIÓN
MODERADA	COMUN	DEBILMENTE CEMENTADO
FUERTE	ABUNDANTE	LIGERAMENTE CEMENTADO
		EXTREMAMENTE CEMENTADO

8. NÚDULOS Y CONCRECIONES MINERALES

8.1. CANTIDAD	8.2. FORMA	8.3. TAMAÑO Y DUREZA
MUY POCO (< 5%)	ESFÉRICA	PEQUEÑO (< 1mm)
POCO (5-15%)	IRREGULAR	GRANDE (> 1mm)
FRECUENTE (15-40%)	ANGULAR	SUAVE
DOMINANTE (> 40%)		DURO

9. CONTENIDO DE CARBONATOS (Mg 10%)

LIGERA	9.1. CONTENIDO DE MANGANESO (MgO)
FUERTE	LIGERA
LIQUENOSA	FUERTE
	LIQUENOSA

10. COLOR

10.1. NATURAL	10.2. NATURAL
---------------	---------------

V. RAÍZES

V.1. CANTIDAD	V.2. DIÁMETRO
RAÍZES FINES (< 1mm)	MUY FINAS (< 1mm)
MEDIAS (1-2mm)	FINAS (1-2mm)
COMUNES (2-5mm)	MEDIAS (2-5mm)
POCAS (5-10mm)	GRUESAS (5-10mm)
ESCASAS (> 10mm)	MUY GRUESAS (> 10mm)

VI. FACTORES BIOLÓGICOS

Pocas raíces hasta 20 cm

Otras observaciones:

Figura 18. Ficha técnica del perfil P03



Figura 19. Paisaje del perfil P04



Figura 20. Apertura y lectura del perfil P04

P04		
Zona		La victoria
Clasificación Taxonomica		Soil Taxonomy: Oxic Dystrudepts WRB: Orthodystric Hypersideralic Cambisols (Clayic, Ochric)
Relieve		Palnicie
Clima		cálido - húmedo
Zona de vida		bosque húmedo tropical
Material parental		Roca sedimentaria
Vegetación		Cultivos agrícolas

Horizonte	prof/cm	Descripción
Ap	0 - 10	Franco arcilloso 7.5YR 2.5/1, granular , moderada , muy friable, neutro (pH 4.47), raíces muy finas a finas en cantidad muchas , contenido de materia organica (4.04 %), con una transición entre horizontes de claro e irregular
BA	10 - 20	Arcilloso 10YR 4/6, bloques subangulares , moderada, friable a firme, neutro (pH 4.73), raíces finas en cantidad común , contenido de materia organica (2.47 %), con una transición entre horizontes de gradual y ondulado
Bw	20 - 40	Arcilloso 10YR 4/6, bloques subangulares , moderada, muy friable, neutro (pH 4.8), raíces finas y medias en cantidad muchas , contenido de materia organica (2.12 %), con una transición entre horizontes de claro y ondulado
2A1	40 - 60	Arcilloso 10YR 3/4, bloques subangulares , moderada, muy friable, neutro (pH 4.95), raíces muy finas a finas en cantidad muchas , contenido de materia organica (2.19 %), con una transición entre horizontes de gradual y suave
2Bw1	60 - 80	Arcilloso 10YR 4/6, bloques subangulares , moderada, friable, neutro (pH 4.84), raíces medias en cantidad común , contenido de materia organica (1.17 %), con una transición entre horizontes de gradual y suave
2Bw2	> 80	Arcilloso 10YR 6/8, bloques subangulares , moderada, friable, neutro (pH 4.77), raíces muy finas a finas en cantidad pocas, contenido de materia organica (1.85 %)

Figura 21. Descripción del perfil P04



Figura 23. Paisaje del perfil P05



Figura 24. Apertura y lectura del perfil P05

P05		
Zona		Delicias
Clasificación Taxonomica		Soil Taxonomy: Oxic Humudepts WRB: Cambic Umbrisols (Clayic, Sideralic, Pachic)
Relieve		Cima de montaña
Clima		cálido - húmedo
Zona de vida		bosque húmedo tropical
Material parental		Arenisca
Vegetación		Cultivos agrícolas
Horizonte	prof/cm	Descripción
A1	0 - 10	Franco Arcilloso 10YR 3/3, granular , moderada, muy friable, neutro (pH 4.28), raíces muy finas, finas y medias en cantidad muchas, contenido de materia organica (5.28 %), con una transición entre horizontes de difuso y suave
A2	10 - 30	Arcilloso 10YR 3/3, granular , moderada, muy friable, neutro (pH 4.55), raíces finas y medias en cantidad común, contenido de materia organica (4.45 %), con una transición entre horizontes de gradual y suave
A3	30 - 60	Arcilloso 10YR 2/2, granular , moderada, muy friable, neutro (pH 4.67), raíces finas y medias en cantidad muchas , contenido de materia organica (4.32 %), con una transición entre horizontes de gradual y suave
Bw	60 - 85	Arcilloso 10YR 3/6, bloques subangulares , moderada, friable, neutro (pH 4.62), raíces finas en cantidad pocas , contenido de materia organica (2.19 %), con una transición entre horizontes de claro y suave
Bc	85 - 100	Arcilloso 10YR 6/8, bloques subangulares , moderada, firme, neutro (pH 4.75), raíces muy finas y finas en cantidad escasas , contenido de materia organica (1.23 %)

Figura 25. Descripción del perfil P05

I. CARACTERÍSTICAS GENERALES

1. Perfil N°: P05	2. Litología / Material de origen <i>arcillosa</i>
4. Coordenadas: 398071 8983164 837	5. Fisiografía <i>Cerro de Hontan</i>
6. Vegetación: <i>Arboles epífitos / Horn</i>	7. Uso Actual: <i>Para zona maceteros R2</i>
8. Profundidad de la napas freática	9. Fecha de Descripción: 28/01/2023
10. Localización: <i>Delfinaz/Pomahuasi</i>	11. Descrito por: <i>Deudario Jim/Hishel U.</i>
	12. Clasificación:

II. HORIZONTES DEL SUELO

Símbolo	A₁ A₂ A₃ Bw BC
Prof.	0-10 10-50 30-60 60-85 85-120

Horn 10/23/3 10/23/3 10/22/4 10/23/6 10/21/6

II.1. TRANSICIÓN ENTRE HORIZONTES

A. NITIDEZ O CONTRASTE		B. TOPOGRAFÍA DE LA LÍNEA DE SEPARACIÓN	
ABRUPTO		SUAVE	<input checked="" type="checkbox"/>
CLARO	<input checked="" type="checkbox"/>	ONDULADO	<input checked="" type="checkbox"/>
GRADUAL	<input checked="" type="checkbox"/>	IRREGULAR	
DIFUSO	<input checked="" type="checkbox"/>	DISCONTINUO	

III. OTRAS CARACTERÍSTICAS GENERALES

1. PEDREGOSIDAD		2. ROCOSIDAD		3. RELIEVE Y DECLIVIDAD	
NO PEDREGOSA		NO ROCOSA		PLANO (< 3%)	
LIGERAMENTE PEDREGOSA	<input checked="" type="checkbox"/>	LIGERAMENTE ROCOSA		SUAVE ONDULADO (3-4%)	<input checked="" type="checkbox"/>
MODERADAMENTE PEDREGOSA		MODERADAMENTE ROCOSA		ONDULADO (8-20%)	
PEDREGOSA		ROCOSA		FUERTEMENTE ONDULADO (20-40%)	
MUY PEDREGOSA		MUY ROCOSA		MONTAÑOSO (40-70%)	
EXTREMAMENTE PEDREGOSA		EXTREMAMENTE ROCOSA		ESCARPADO (> 70%)	

4. DRENAGE		5. EROSIÓN	
EXCESIVO		NO APARENTE	<input checked="" type="checkbox"/>
ALGO EXCESIVO		LIGERA	
SUENO		MODERADA	
MODERADO	<input checked="" type="checkbox"/>	FUERTE	
SUPERFICIE		MUY FUERTE	
POBRE		EXTREMAMENTE FUERTE	
MUY POBRE			

Observaciones: *P05*

IV. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

1.1. MOTECADURAS

A. CANTIDAD	B. TAMAÑO	C. CONTRASTE
POCO (< 2%)	PEQUEÑO (< 4mm)	DEFINIDO
COMUN (2-20%)	MEDIO (5-15mm)	DIFUSO
ABUNDANTE (> 20%)	GRANDE (> 15mm)	PROMINENTE

2. TEXTURA

MUY ARCILLOSA	
ARCILLOSA	
ARCILLO-ARENOSA	<input checked="" type="checkbox"/>
ARCILLO-LIGERA	
FRANCO-ARCILLOSO	<input checked="" type="checkbox"/>
FRANCO-ARCILLO-ARENOSO	
FRANCO	<input checked="" type="checkbox"/>
FRANCO-LIGERO	
FRANCO-ARENOSO	
LIMO	
ARENA FRANCA	
ARENA	

21. FRACCIONES GROSERAS

A. GRAVILLAS (Ø HASTA 7.5 cm)

LIG. GRAVOSO (2 - 15%)

GRANOSO (15-50 %)

MUY GRAVOSO (50-90 %)

B. GUARRICOS (Ø 7.5-25 cm)

C. PEDREGOSO (Ø > 25 cm)

2.1.1. GRADO DE ARRENDONAMIENTO

ANGULAR	
SUBANGULAR	
SUBARRENDONADA	
ARRENDONADA	
BIEN ARRENDONADA	

Diagrama de clasificación de suelos (USDA) con anotaciones de "B&C (contenido mayor) Limb limit" y "PEDREGOSO (CIP 10-12441)".

Figura 26. Ficha técnica del perfil P05

3. ESTRUCTURA

3.1. TPO	3.2. TAMAÑO	3.3. GRADO
LAMINAR	MUY PEQUEÑA	GRAN SIMPLE
PRISMÁTICA	PEQUEÑA	MASIVO
COLUMNAR	MEDIA	DEBIL
BLOQUES ANGULARES	GRANDE	MODERADA
BLOQUES SUBANGULARES	MUY GRANDE	FUERTE
GRANULAR		
MEDAJOSA		

4. POROSIDAD

4.1. TAMAÑO	4.2. CANTIDAD
MUY PEQUEÑOS (Ø=1mm)	POCOS
PEQUEÑO (Ø1-2 mm)	COMUNES
MEDIOS (Ø 2-4 mm)	
GRANDES (Ø 5-10 mm)	
MUY GRANDES (Ø > 10 mm)	

5. CONSISTENCIA

5.1. SUELO SECO	5.2. SUELO HÚMEDO
SUAVE	SUAVE
LIGERAMENTE DURO	MUY FRAGIL
DURO	FRAGIL
MUY DURO	FIRME
EXTREMAMENTE DURO	MUY FIRME
	EXTREMAMENTE FIRME

6.3. SUELO MOJADO

A. PLASTICIDAD	B. PEGAJOSIDAD
NO PLÁSTICO	NO PEGAJOSO
LIGERAMENTE PLÁSTICO	LIGERAMENTE PEGAJOSO
PLÁSTICO	PEGAJOSO
MUY PLÁSTICO	MUY PEGAJOSO

6. PELICULAS DE ARCILLA

DEBIL	POCO	7. CEMENTACIÓN
MODERADA	COMUN	DEBILMENTE CEMENTADO
FUERTE	ABUNDANTE	FUERTEMENTE CEMENTADO
		EXTREMAMENTE CEMENTADO

8. NÚDULOS Y CONCRECIONES MINERALES

8.1. CANTIDAD	8.2. FORMA	8.3. TAMAÑO Y DUREZA
MUY POCO (< 3%)	ESFÉRICA	PEQUEÑO (< 1cm)
POCO (3-15%)	IRREGULAR	GRANDE (1-5cm)
FRECUENTE (15-40%)	ANGULAR	SUAVE
DOMINANTE (> 40%)		DURO

8.4. CONTENIDO DE CARBONATOS (H1 10%)

LIGERA	8.6. CONTENIDO DE MANGANESO (H2)
FUERTE	LIGERA
INDISTINTA	FUERTE
8.5. COLOR	8.7. NATURALEZA

V. RAÍZES

A. CANTIDAD	B. DIÁMETRO
ABUNDANTES	MUY FINAS (< 1mm)
MUCHAS	FINAS (1-2mm)
COMUNES	MEDIAS (2-5mm)
POCAS	GRUESA (5-10mm)
ESCASAS	MUY GRUESA (> 10)

VI. FACTORES BIOLÓGICOS

M_h 5 → Rotura de tierra dura C

Otras observaciones:



Figura 27. Paisaje del perfil P06



Figura 28. Apertura y lectura del perfil P06

P06		
Zona	Huamancoto	
Clasificación Taxonomica	Soil Taxonomy: Typic Udifluvents WRB: Calcaric Anofluvic Fluvisols (Loamic, Ochric)	
Relieve	Planicie	
Clima	cálido - húmedo	
Zona de vida	bosque húmedo tropical	
Material parental	Deposito Fluvial	
Vegetación	Cutivos agrícolas	

Horizonte	prof/cm	Descripción
Ap	0 - 10	Franco Arcilloso, 2.5 YR 3/3, bloques subangulares , moderada, friable, neutro (pH 7.44), raíces muy finas en cantidad común , contenido de materia organica (2.74 %), con una transición entre horizontes de claro y suave
AC	10 - 20	Franco Arcilloso Arenoso, 2.5 YR 3/3, bloques subangulares, moderada, friable, neutro (pH 7.580), raíces finas y medias en cantidad común , contenido de materia organica (1.37 %), con una transición entre horizontes de claro y suave
C1	20 - 40	Franco , 2.5 YR 3/4, grano simple , suelto, neutro (pH 8.01), raíces muy finas, finas y medias en cantidad muchas, contenido de materia organica (0.55 %), con una transición entre horizontes de claro y suave
C2	40 - 70	Franco Limoso , 2.5 YR 3/4, grano simple , suelto, neutro (pH 8.07), raíces finas y medias en cantidad común, contenido de materia organica (0.55 %)
W	> 70	Napa Freática

Figura 29. Descripción del perfil P06

tesis

I. CARACTERÍSTICAS GENERALES

1. Perfil N°: Calicata N°6	2. Litología / Material de origen: arenas limas, arcilla / Depósito fluvial
4. Coordenadas: 677 396827 E 8982180 N	5. Topografía: Planicie
6. Vegetación: Extrno Agrícola	7. Uso Actual: Normal, Heliconia
8. Profundidad de la napa freática	9. Fecha de Descripción: 5/02/2022
10. Localización: Huananaco Pomahezi	11. Descrito por: Dimitrio Sam/Huskell/Luis. → SK
	12. Clasificación:

II. HORIZONTES DEL SUELO

Simbolo: Ap AC C1 C2	2C. Arregun orilla / Normal
Prof.: 0-10 10-20 20-40 40-70 >70	
2510 3/4 2540 3/4 2570 2-3 3/4	

III. OTRAS CARACTERÍSTICAS GENERALES

1. PEDREGOSIDAD	2. ROCOSIDAD	3. RELIEVE Y DECLIVIDAD
NO PEDREGOSA <input checked="" type="checkbox"/>	NO ROCOSA <input checked="" type="checkbox"/>	PLANO (< 3%) <input checked="" type="checkbox"/>
LEGERAMENTE PEDREGOSA	LEGERAMENTE ROCOSA	SUAVE ONDULADO (3-8%)
MODERADAMENTE PEDREGOSA	MODERADAMENTE ROCOSA	ONDULADO (8-30%)
PEDREGOSA	ROCOSA	FUERTEMENTE ONDULADO (20-45%)
MUY PEDREGOSA	MUY ROCOSA	MONTAÑOSO (45-75%)
EXTREMAMENTE PEDREGOSA	EXTREMAMENTE ROCOSA	ESCARPADO (>75%)

4. DRENAGE	5. EROSIÓN
EXCESIVO	NO APARENTE <input checked="" type="checkbox"/>
ALGO EXCESIVO	LEGERA
BUENO	MODERADA
MODERADO	FUERTE
IMPERFECTO	MUY FUERTE
POBRE	EXTREMAMENTE FUERTE
MUY POBRE	

Observaciones:

IV. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

1.1. MOTEADURAS

A. CANTIDAD	B. TAMAÑO	C. CONTRASTE
POCO (<2%)	PEQUEÑO (<15mm)	DISTINTO
COMUN (2-25%)	MEDIO (15-15mm)	DIFFUSO
ABUNDANTE (>25%)	GRANDE (>15mm)	PROEMINENTE

2. TEXTURA

MUY ARGILOSA	
ARCILLA	
ARCILLO ARENOSA	<input checked="" type="checkbox"/>
ARCILLO LIMOSA	
FRANCO-ARCILLOSO	<input checked="" type="checkbox"/>
FRANCO-ARCILLO-LIMOSO	<input checked="" type="checkbox"/>
FRANCO-ARCILLO-ARENOSO	<input checked="" type="checkbox"/>
FRANCO	
FRANCO-LIMOSO	
FRANCO-ARENOSO	
LIMO	
ARENA-FRANCA	
ARENA	

21. FRACCIONES GROSERAS

A. GRAVILLAS (Ø HASTA 7.5 mm)
 L.S. GRAVOSO (2 - 15%)
 GRAVOSO (15-50 %)
 MUY GRAVOSO (50-90 %)

B. GUARRAS (Ø 7.5-25 cm)

C. PEDREGOSO (Ø > 25 cm)

2.1.1. GRADO DE ARRENDONDAMIENTO

ANGULAR	<input checked="" type="checkbox"/>
SUBANGULAR	
SUBARRENDONDADA	<input checked="" type="checkbox"/>
ARRENDONDADA	
BIEN ARRENDONDADA	

Diagrama de clasificación de arena (porcentaje de arena):

D.S. Dimitrio J. Luna Tamayo
 PROF. DRO
 CIP N° 14441

Figura 30. Ficha técnica del perfil P06

3. ESTRUCTURA

3.1. TPO	3.2. TAMAÑO	3.3. GRADO
LAMINAR	MUY PEQUEÑA	GRAN SIMPLE <input checked="" type="checkbox"/>
FRIMÁTICA	PEQUEÑA	MASIVO
COLUMNAR	MEDIA	DEBIL
BLOQUES ANGULARES	GRANDE	MODERADA <input checked="" type="checkbox"/>
BLOQUES SUBANGULARES	MUY GRANDE	FUERTE
GRANULAR		
MGAJOSA		

4. POROSIDAD

4.1. TAMAÑO	4.2. CANTIDAD
MUY PEQUEÑOS (Ø<1mm)	POCOS
PEQUEÑO (Ø1-2 mm)	COMUNES
MEDIOS (Ø 2-4 mm)	
GRANDES (Ø 5-10 mm)	
MUY GRANDES (Ø >10 mm)	

5. CONSISTENCIA

5.1. SUELO SECO	5.2. SUELO HÚMEDO
SUELTO	SUELTO
SUAVE	MUY FRÁGIL
LEGERAMENTE DURO	FRÁGIL <input checked="" type="checkbox"/>
DURO	FIRME
MUY DURO	MUY FIRME
EXTREMAMENTE DURO	EXTREMAMENTE FIRME

6. PELICULAS DE ARCILLA

DEBIL	POCO	7. CEMENTACIÓN
MODERADA	COMUN	DEBILMENTE CEMENTADO
FUERTE	ABUNDANTE	FUERTEMENTE CEMENTADO
		EXTREMAMENTE CEMENTADO

8. NÓDULOS Y CONCRECIONES MINERALES

8.1. CANTIDAD	8.2. FORMA	8.3. TAMAÑO Y DUREZA
MUY POCO (<1%)	ESFÉRICA	PEQUEÑO (<1mm)
POCO (1-10%)	IRREGULAR	GRANDE (>1mm)
FRECUENTE (10-40%)	ANGULAR	SUAVE
DOMINANTE (>40%)		DURO

8.4. CONTENIDO DE CARBONATOS (HCl 10%)

LEGERA	8.5. CONTENIDO DE MANGANESO (D.O.)
FUERTE	LEGERA
VIOLENTA	FUERTE
	VIOLENTA

8.5. COLOR

8.7. NATURALEZA

V. RAÍZES

A. CANTIDAD	B. DIÁMETRO
ABUNDANTES	MUY FINAS (<1mm)
MUCHAS	FINAS (1-2mm)
COMUNES	MEDIAS (2-5mm)
POCAS	GRUESAS (5-10mm)
ESCASAS	MUY GRUESAS (>10)

VI. FACTORES BIOLÓGICOS

Otras observaciones:

