

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA



**GÉNESIS Y CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE SUELOS DE UNA
TOPOSECUENCIA DESDE LAS PARTES ALTAS DE LA FAJA SUBANDINA
ORIENTAL DE LA CORDILLERA DE LOS ANDES - VALLE RÍO
HUALLAGA**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

PRESENTADO POR:

EVELIN LICCETH BRUNO RUIZ

**Tingo María - Perú
2025**



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



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N° 084-2025-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 06 de junio de 2025, a horas 7:00 p.m. a través de la Sala Virtual de Conferencias Microsoft Teams de la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

**“GÉNESIS Y CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE SUELOS DE UNA
TOPOSECUENCIA DESDE LAS PARTES ALTAS DE LA FAJA SUBANDINA
ORIENTAL DE LA CORDILLERA DE LOS ANDES-VALLE RÍO HUALLAGA”**

Presentado por la Bachiller: **BRUNO RUIZ, EVELIN LICCETH** 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 CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 07 de agosto de 2025

Dr. JOSE DOLORES LEVANO CRISOSTOMO
PRESIDENTE

Dr. JOSÉ WILFREDO ZAVALA SOLÓRZANO
MIEMBRO

Ing. Msc. ZUÑIGA CERNADES LUIS BENIGNO
MIEMBRO

DSc. PAUL LAMA ISMINIO
ASESOR

DSc. DEMETRIO A. LAMA ISMINIO
ASESOR

Dr. NELINO FLORIDA ROFNER
ASESOR



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

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 291 - 2025 - CS-RIDUNAS

El Jefe de la Unidad de Soporte Científico 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	
		SIMILITUD	CONTENIDO GENERADO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL
GÉNESIS Y CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE SUELOS DE UNA TOPOSECUENCIA DESDE LAS PARTES ALTAS DE LA FAJA SUBANDINA ORIENTAL DE LA CORDILLERA DE LOS ANDES - VALLE RÍO HUALLAGA	EVELIN LICCETH BRUNO RUIZ	11 % Once	0 % Cero

Tingo María, 04 de setiembre de 2025.

 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE SOPORTE CIENTÍFICO

ING. EINSTEIN A. ORTIZ MORALES
JEFE

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA



GENESIS Y CLASIFICACION TAXONOMICA DE SUELOS DE UNA TOPOSECUENCIA DESDE LAS PARTES ALTAS DE LA FAJA SUBANDINA ORIENTAL DE LA CORDILLERA DE LOS ANDES- VALLE RIO HUALLAGA

Autor	: Bach. Evelin Licceth Bruno Ruiz
Asesores	: D.Sc. Paúl Lama Isminio D.Sc. Demetrio Angelo Lama Isminio Dr. Nelino Florida Rofner
Programa de Investigación	: Gestión de Cuencas Hidrográficas
Línea (s) de Investigación	: Gestión y Conservación del recurso Suelo
Eje Temático de Investigación	: Factores formadores del recurso suelo
Lugar de ejecución	: Mariscal Cáceres
Duración	: Seis meses
Financiamiento	: S/. 6 000,00
Propio	: Si

Tingo María – Perú

2025

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mi familia, estoy inmensamente agradecida con cada uno de ellos por su incansable apoyo incondicional, dedicación y sacrificio a lo largo de la vida universitaria. Los amo.

Mi admiración es hacia ellos; a mis padres Wilfredo Nicolas Bruno Zavaleta y Maribel Ruiz Salas, que son mis pilares fundamentales de mi existencia, por su noble corazón y cariño que resuenan en mis odios palabras de aliento y empuje a la tenacidad.

A mis hermanos Junior, Jhair y Sofia, por acompañarme en todo momento y que sirve como guía en su vida personal.

EL AUTOR

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Recursos Naturales Renovables y la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua por brindarme la oportunidad de ser profesional.

A mis asesores D.Sc. Paúl Lama Isminio y Demetrio Angelo Lama Isminio, por su tiempo, por su aporte incondicional, sus enseñanzas, consejos y orientación brindado en todo el transcurso de la elaboración de la tesis, además por todo el conocimiento invaluable que compartieron conmigo para culminar satisfactoriamente este trabajo de investigación. Asimismo, al Dr. Nelino Florida Rofner por ser parte de mi formación profesional.

Al D.Sc. Paúl Lama Isminio por su gran apoyo en el levantamiento de información de datos en campo y lectura de cada una de las calicatas, además del análisis granulométrico. Al D.Sc. Demetrio Angelo Lama Isminio por su valiosa disposición para la determinación de cada uno de los parámetros químicos de los suelos estudiados. A ambos estoy eternamente agradecida por todo el apoyo brindado.

ÍNDICE GENERAL

Página

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
	2.1. Estudios de génesis de suelos en el Perú.....	3
	2.2. Sistemas Soil Taxonomy y WRB/FAO.....	4
	2.2.1. Soil Taxonomy.....	6
	2.2.2. WRB/FAO.....	8
	2.3. Suelos del Valle Central del Huallaga.....	12
	2.3.1. Entisols.....	12
	2.3.2. Inceptisols o Cambisols.....	13
	2.3.3. Mollisols o Kastanozem/Phaeozem.....	14
	2.3.4. Vertisols.....	15
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
	3.1. Descripción del lugar de estudio.....	16
	3.2. Muestreo y clasificación de suelos.....	17
	3.3. Análisis Físico -Químico.....	17
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
	4.1. Características morfológicas y granulometría.....	21
	4.2. Características químicas.....	23
	4.3. Génesis de los suelos en estudio.....	26
	4.5. Propiedades y materiales de diagnóstico.....	30
	4.6. Clasificación de suelos.....	30
V.	CONCLUSIONES.....	33
VI.	PROPUESTA A FUTURO.....	34
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35
VIII.	ANEXOS.....	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
Tabla 1. Correspondencia aproximada entre los sistemas de Clasificación Soil Taxonomy y WRB/FAO en suelos de la Amazonia peruana.....	5
Tabla 2. Los 12 Órdenes actuales del sistema Soil Taxonomy, elemento formativo y características.....	7
Tabla 3. Síntesis de los principales grupos de referencia de suelos de acuerdo con la WRB/FAO.....	9
Tabla 4. Clasificación natural de los suelos del Valle central del Huallaga.....	15
Tabla 5. Características generales de los suelos estudiados.....	20
Tabla 6. Características morfológicas de los perfiles de suelos estudiados.....	22
Tabla 7. Características químicas de los suelos estudiados.....	25
Tabla 8. Propiedades/materiales, procesos pedogenéticos y clasificación de los suelos estudiados.....	27
Tabla 9. Clasificación taxonómica.....	31
Tabla 10. Descripción del perfil P01.....	45
Tabla 11. Descripción del perfil P02.....	47
Tabla 12. Descripción del perfil P03.....	49
Tabla 13. Descripción del perfil P04.....	51
Tabla 14. Descripción del perfil P05.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Localización de los perfiles estudiados.....	17
Figura 2. Perfil topográfico del área de estudio en función a su geología (Diseñado por Demetrio Lama).....	19
Figura 3. Relación Carbono Orgánico vs CIC (A) y relación Arcilla vs CIC (B).....	24
Figura 4. Relación suelo - relieve del perfil P02 (A). Presencia de rocas calizas conformadas depósitos coluviales (B). Presencia de carbonatos (C). Ilustrado por Demetrio Lama.....	29
Figura 5. Presencia de poros tipo tubular.....	29
Figura 6. Ficha de caracterización del perfil P01.....	44
Figura 7. Ficha de caracterización del perfil P02.....	46
Figura 8. Ficha de caracterización del perfil P03.....	48
Figura 9. Ficha de caracterización del perfil P04.....	50
Figura 10. Ficha de caracterización del perfil P05.....	52

RESUMEN

La evaluación y clasificación de suelos son esenciales para comprender la diversidad de estos en términos de su naturaleza y grado de desarrollo. A pesar de los recientes avances, el conocimiento sobre los suelos en la Amazonía peruana sigue siendo limitado, especialmente en la provincia de Mariscal Cáceres. Este estudio tuvo como objetivo evaluar y clasificar taxonómicamente los suelos de la provincia de Mariscal Cáceres. Se llevó a cabo la caracterización morfológica *in situ* de cinco perfiles de suelo, junto con análisis físico y químico. El material parental fue crucial para la diferenciación de los suelos, en relación con el paisaje. Se observó que los perfiles P02, P03 y P05, originados de depósitos residuales, presentaron niveles altos de Ca^{2+} , lo que indica una saturación de bases superior al $> 50 \%$, indicando ausencia de Al^{3+} provocado por los altos valores de pH. El perfil P01, es originado por depósitos coluvio-aluvial, con valores de pH inferiores a < 5.5 , lo que favorece la disponibilidad de Al^{3+} y una alta actividad de arcilla mayor a $> 24 \text{ cmolc kg}^{-1}$. Mientras, el perfil P04, originado por material aluvial reciente, con valores de pH mayor a < 5.5 y Ca^{2+} , con saturación de bases $> 50\%$. Se observó que los valores de carbono orgánico fueron mayores en los horizontes superficiales para todos los suelos con tendencia a disminuir en profundidad. La clasificación taxonómica de estos suelos es: Inceptisols, Mollisols y Entisols; según la WRB FAO a nivel de categoría fueron Stagnosols, Chernozems, Cambisols y Fluvisols.

Palabras clave: Procesos pedogenéticos, Propiedades *stagnic*, Suelos del valle central del Huallaga, Horizonte úmbric, Horizonte ochric.

ABSTRACT

Soil evaluation and classification are essential for understanding the diversity of soils in terms of their nature and degree of development. Despite recent advances, knowledge about soils in the Peruvian Amazon remains limited, especially in Mariscal Cáceres Province. This study aimed to evaluate and taxonomically classify the soils of Mariscal Cáceres Province. In situ morphological characterization of five soil profiles was carried out, along with physical and chemical analyses. The parent material was crucial for differentiating the soils in relation to the landscape. Profiles P02, P03, and P05, originating from residual deposits, were observed to have high levels of Ca^{2+} , indicating a base saturation greater than 50%, indicating the absence of Al^{3+} caused by the high pH values. Profile P01 is originated by colluvio-alluvial deposits, with pH values below < 5.5 , which favors the availability of Al^{3+} and a high clay activity greater than $> 24 \text{ cmol c kg}^{-1}$. Meanwhile, profile P04, originated by recent alluvial material, with pH values greater than < 5.5 and Ca^{2+} , with base saturation $> 50\%$. It was observed that organic carbon values were higher in the surface horizons for all soils, with a tendency to decrease with depth. The taxonomic classification of these soils is: Inceptisols, Mollisols and Entisols; according to the WRB FAO at the category level they were Stagnosols, Chernozems, Cambisols and Fluvisols.

Keywords: Pedogenetic processes, Stagnic properties, Soils of the central Huallaga valley, Umbric horizon, Ochric horizon.

I. INTRODUCCIÓN

La diversidad de suelos existentes en el Perú están fuertemente asociados al relieve, como consecuencia de una serie de eventos tectónicos ocurridos durante millones de años (Sánchez, 2003), los cuales han generado marcadas diferencias altitudinales que influyen en clima y vegetación (Lama et al., 2024). Como resultado, la interacción de estos factores es determinante en el grado de desarrollo y evolución de los suelos, con características peculiares, inclusive propias de una determinada región (Lama et al., 2024; Portes et al., 2016; Stoops & Mees, 1991).

Por otro lado, la mayoría de los estudios de suelos realizados por la ONERN entre a década de los 60's y principios de los 90's, se enfocaron en fines agrícolas, siendo escasos los estudios que nos permitan determinar los factores de formación que controlan las características propias de cada tipo de suelo (Lama et al., 2024; Osher & Buol, 1998; Portes et al., 2016; Sanchez & Buol, 1974; Tyler et al., 1978; Wilcox et al., 1988). Estas propiedades están condicionadas por el relieve y el clima, elementos que también determinan la vegetación predominante. Por ejemplo, un ambiente cálido y húmedo, como el de la Amazonía peruana (Lama et al., 2024; Osher & Buol, 1998), favorece una mayor evolución pedogenética en comparación con los suelos de la región andina (Lama et al., 2024; Portes et al., 2016) y costera del país (Stoops & Mees, 1991).

Esa interacción de los diversos factores de formación, condicionan un conjunto de procesos pedogenéticos que influyen directamente sobre las propiedades del suelo. Algunos de estos procesos identificados, principalmente en la región amazónica fueron lesivage, plintización y leucinización (Lama et al., 2024). Por otro lado, con relación a los suelos de la región andina, los principales procesos pedogenéticos identificados fueron la melanización, gleyzación y calcificación (Lama et al., 2024; Portes et al., 2016; Wilcox et al., 1988).

Conocer los principales procesos pedogenéticos de una región y sus propiedades es esencial para evaluar su potencial y vulnerabilidad, así como para planificar el uso de la tierra como base para un manejo sostenible del paisaje. Esto permite prevenir la degradación del suelo y afrontar eficazmente los desafíos ambientales actuales.

Bajo este contexto, identificar los diferentes tipos de suelos a lo largo de una toposecuencia, plantea las siguientes interrogantes: ¿Existirá una variación de suelos a lo

largo de una toposecuencia desde las partes altas del Cerro Antero hasta el valle del río Huallaga, en Juanjuí?, ¿Cuáles son los principales procesos pedogenéticos que influyen en la formación de estos suelos? y, ¿Cómo se clasifican esos suelos? Frente a ello se menciona la respuesta hipotética: “Existe diferentes tipos de suelos a lo largo de la toposecuencia, con diferente grado de desarrollo y clasificación taxonómica”. Los resultados de este trabajo, contribuirá con información actualizada en el área de suelos, tanto para la comunidad científica e instituciones responsables del sector agrícola de la región. Por ello, para responder a las interrogantes y contrastar la hipótesis se plantean los siguientes objetivos

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Evaluar los diferentes procesos que influyen en el desarrollo de suelos en una toposecuencia desde las partes altas del Cerro Antero hasta el Valle del Río Huallaga, en Juanjuí.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Describir los diferentes procesos pedogenéticos en la formación de suelos
- Determinar las características físicas y químicas de los suelos
- Clasificar los suelos en base a Soil Taxonomy y WRB FAO

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Estudios de génesis de suelos en el Perú

Los primeros estudios sobre génesis de suelos en el Perú, fueron realizados en la Amazonia Peruana (Estrada, 1971; Flores, 1977; Sanchez & Buol, 1974; Tyler et al., 1978), encontrándose que la génesis de esos suelos están condicionadas principalmente por un clima cálido y húmedo, además de presentar un área geológicamente estable, originando suelos bastante intemperizados donde la arcilla 1:1 dominante es la caolinita.

En la región de Madre de Dios, procesos pedogenéticos como lesivage y Leucinización (*bleaching* process) fueron identificados en *Ultisols* (Lama et al., 2024). La primera que consiste en la migración de arcilla de horizontes superficiales a horizontes más profundos, evidenciado por la presencia de *clayskins*, formando horizonte Bt; mientras la segunda es originada por la pérdida de arcilla y materia orgánica, formando horizontes claros de textura más arenosa (horizonte E). Características similares que dieron formación a ese horizonte fue también registrado en *Ultisols* de Ucayali, San Martín y Loreto (Estrada, 1971) y *Alfisols* en Loreto (Tyler et al., 1978; Sanchez & Buol, 1974).

Otro proceso registrado en Madre de Dios por Lama et al. (2024) fue la Plintización, producto de la segregación de Fe, favorecido por la restricción de drenaje asociado a ciclos de humedecimiento y secado del suelo, formando características redoximórficas y concreciones. Este proceso también fue reportado por Osher & Buol (1998) encontrando concreciones de Fe entre los 30 y 90 cm de profundidad en *Ultisols* de Madre de Dios.

El proceso de Podzolización, presente en *Spodosols* de Ucayali (Estrada, 1971) y Madre de Dios (Osher & Buol, 1998) fue registrado, debido a la migración de compuestos orgánicos formando complejos con Al e Fe. Con relación al proceso de Gleyzación, este fue identificado en *Inceptisols* por Tyler et al., (1978) en Loreto y, Lama et al., (2024) en Cusco, producto de la reducción de Fe^{+3} a Fe^{+2} , originando tonalidades de coloración gris.

Procesos asociados a la fuerte acumulación de materia orgánica (Melanización) en horizontes superficiales, fue observado principalmente en la región andina por diversos autores (Lama et al., 2024; Portes et al., 2016; Wilcox et al., 1988) favorecido por las bajas temperaturas de la región. En Tingo María, a pesar de tener un clima cálido y húmedo, Muñoz (2025) registró fuerte proceso de melanización, con horizonte A oscuro de 60 cm de espesura, probablemente favorecido por el relieve ondulado del terreno y la densa vegetación compuesto por macorilla (*Pteridium aquilinum*).

Asimismo, procesos relacionados a la pérdida de sílica de diferente grado fue reportado por Muñoz (2025) en Tingo María, dentro de ellos la fersialitización y monosialitización. La fersialitización fue observado con niveles moderados de Ca^{2+} y Mg^{2+} con CIC de la arcilla $> 24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ bajo condiciones ácidas, con mal drenaje; mientras la monosialitización ya es un proceso más avanzado de pérdida de sílica, corroborado por la CIC de la arcilla $< 24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ bajo condiciones ácidas y de drenaje moderado.

Por último, Lama et al., (2024) registró procesos de crioclastia en Cusco, con fuerte presencia de rocas quebradas, resultado de los ciclos repetitivos de congelamiento y descongelamiento del agua

2.2. Sistemas Soil Taxonomy y WRB/FAO

La clasificación taxonómica de los suelos en ambos sistemas requiere un conocimiento profundo de los procesos de formación, así como la capacidad de describir su morfología e interpretar sus propiedades físicas y químicas, obtenidas mediante trabajo de campo y laboratorio. En la IUSS Working WRB (2022), el límite inferior del suelo para fines de clasificación es de 200 cm. De manera similar, en la *Soil Taxonomy*, "cuando la actividad biológica o los procesos pedogenéticos actuales se extienden más allá de los 200 cm, el límite inferior del suelo para clasificación se mantiene en esa profundidad" (Soil Survey Staff, 2022).

Nombrar y clasificar los suelos es fundamental para organizar y transmitir conocimientos, permitiendo la transferencia de experiencias entre distintas regiones. Para ello, es esencial que aquellos con características similares compartan la misma denominación. Aunque los sistemas de clasificación taxonómica se han utilizado durante más de 50 años, en el Perú su importancia sigue siendo poco reconocida, a pesar de su valor como herramienta clave en la investigación, rehabilitación de áreas degradadas, gestión de suelos contaminados, mapeo y evaluación de tierras, zonificación agrícola y proyectos de irrigación.

Cabe recalcar también, que a lo largo de la historia de la ciencia del suelo se propusieron múltiples sistemas de clasificación, como el australiano, brasilero, canadiense, francés, chino, alemán, entre otros. En el caso de Perú, hubo tentativas de tener un sistema propio de clasificación en los 70's (Zamora, 1972), en donde a ciertos grupos de suelos fue añadido el término "Andino" a fin de señalar los típicos, propios y característicos que presenta cada paisaje dentro de cada región del país. De modo general, la *Soil Taxonomy* (Soil Survey

Staff, 2022) y la WRB/FAO (IUUS Working WRB, 2022) son los sistemas más ampliamente usados en el mundo.

En el Perú, diversos estudios técnicos realizados por la ONERN desde la década de 70's hasta inicios de los 90's tuvieron como objetivo correlacionar ambos sistemas de clasificación. Sin embargo, en la actualidad los estudios de levantamiento de suelos presentados al MIDAGRI (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego) utilizan exclusivamente la Soil Taxonomy para su clasificación. La Tabla 1 muestra la correlación entre ambos sistemas en suelos del Perú, basada en los trabajos de la ONERN y en estudios científicos realizados en la Amazonia peruana.

Tabla 1. Correspondencia aproximada entre los sistemas de Clasificación Soil Taxonomy y WRB/FAO en suelos de la Amazonia peruana.

Soil Taxonomy	WRB/FAO	Referencias
Alfisols	Nitosols	ONERN (1984), ONERN (1986)
	Luvisols	ONERN (1984)
Entisols	Leptosols	Lama et al. (2024)
	Fluvisols	Muñoz (2025), ONERN (1984)
	Arenosols	ONERN (1991)
	Gleysols	ONERN (1984), ONERN (1991)
Inceptisols	Cambisols	Muñoz (2025), Lama et al. (2024)
	Gleysols	ONERN (1984), ONERN (1991)
Mollisols	Kastanozems	ONERN (1983)
	Phaeozem	ONERN (1983)
Spodosols	Podzol	ONERN (1976), Flores (1977)
Ultisols	Alisols	Lama et al. (2024)
	Plinthosols	Lama et al. (2024)
	Acrisols	ONERN (1982), (ONERN, 1988)
	Nitosols	ONERN (1984)
Vertisols	Vertisols	ONERN (1983)

Fuente: Elaborado por Demetrio Lama

Una de las diferencias bastante resaltantes entre los sistemas de Taxonomía de Suelos y la WRB/FAO se centra en el uso de datos climáticos. Por ejemplo, la Soil Taxonomy incorpora los regímenes de humedad y temperatura, además de considerar 12 órdenes y 30 subórdenes y con terminología autoexplicativa, mientras que la WRB considera 32 grupos de suelo. Por otro lado, la Soil Taxonomy está más orientada a la investigación, en cuanto que la WRB está orientada a una aplicación más práctica conservando nombres usados tradicionalmente.

2.2.1. Soil Taxonomy

En 1951 se tomó la decisión de comenzar a trabajar en un nuevo sistema de clasificación que se desarrolló a partir de muchos borradores o aproximaciones, siendo la “Soil Classification a Comprehensive System 7th Aproximación” publicado en 1960, que aún se consideraba incompleto en varios aspectos (Soil Survey Staff, 1960), donde incluso los órdenes Oxisols e Histosols requerían aún de más información adicional respecto a los otros órdenes.

En 1967 fue publicado la última publicación de la 7th Aproximation con el nombre de “Supplement to Soil Classification System” (Soil Survey Staff, 1967). En este texto ya incluía todos los cambios con definiciones de horizontes y características de diagnóstico, así como las definiciones de taxones a nivel de subgrupos y categorías superiores. En relación con los órdenes de Oxisols e Histosols, aún era limitado. Esa versión de la 7th Aproximation, condujo a la versión oficial de la Taxonomía de suelos, publicado en 1975.

Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys (Soil Survey Staff, 1975) hace mención por primera vez a los horizontes de diagnósticos para suelos orgánicos, incluyendo el orden de Histosols, pasando a tener un total de 10 órdenes. Posteriormente en 1983 la Soil Taxonomy pasa a ser “Keys to Soil Taxonomy” (Soil Survey Staff, 1983) con el propósito de proporcionar las claves taxonómicas necesarias para la clasificación de suelos de una manera que se pueda leer fácilmente en campo.

La versión de la “Keys to Soil Taxonomy” publicado en 1987 incluye las recomendaciones del uso de arcillas de actividad baja para Oxisols (Soil Survey Staff, 1987). En 1990 es incluido los Andosols (Soil Survey Staff, 1990), mientras en 1994 fue incluido el régimen de humedad Aquic (Soil Survey Staff, 1994). Por otro lado, en 1998 fue incluido el orden Gelisols (Soil Survey Staff, 1998) con ello la Keys to Soil Taxonomy pasa a tener, hasta la actualidad, 12 órdenes (Tabla 2). En el 2023 fue publicado la 13th edición de la Keys to Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2022) con el objetivo de hacer de la taxonomía de suelos más comprensible para los colaboradores que utilizan los estudios de suelos para fines de planificación, conservación y uso de la tierra.

Tabla 2. Los 12 Órdenes actuales del sistema Soil Taxonomy, elemento formativo y características.

Orden	Elemento formativo	Características
Alfisols	alf	Suelos con horizonte argílico, natric o kandic, con una saturación por bases $\geq 35\%$
Andisols	and	Suelos con propiedades ándicas, dominado por alófana y complejos humus-Al
Aridisols	id	Suelos con régimen de humedad arídico, epipedón Ochri, algunas veces horizonte argilic o natric
Entisols	ent	Suelos minerales poco desarrollados, sin evidencias de horizontes de diagnóstico subsuperficial
Gelisols	el	Suelos con permafrost dentro de los 100 cm o materiales géllicos dentro de los 100 cm y permafrots dentro de los 200 cm
Histosols	ist	Suelos con materiales orgánicos; $> 20 \%$ de carbono orgánico
Inceptisols	ept	Suelos de desarrollo incipiente con pocas características de diagnóstico, epipedon Ochric o Umbric, horizonte Cambic.
Mollisols	oll	Suelos con epipedon Mollic y una saturación por bases $\geq 50\%$ en todos los horizontes
Oxisols	ox	Suelos con horizonte Oxic dentro de los 150 cm de la superficie del suelo mineral
Spodosols	od	Suelos con horizonte Spodic
Ultisols	ult	Suelos con horizonte argílico y una saturación por bases $\leq 35 \%$
Vertisols	ert	Suelos con más del 30 % de arcilla hasta una profundidad de 50 cm y con propiedades de contracción y expansión

Fuente: Soil Survey Staff (2022).

El empleo de prefijos y sufijos usados, en su mayoría es de origen griega o latina, necesario para formar los nombres de cada clase de suelos, criterio único de la Soil Taxonomy. 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 Ultisols (del latín = *ultimus*, último y *solum*, suelo), todos los subgrupos tienen sílabas que, automáticamente, identifican las demás categorías como por ejemplo el orden **Ultisols**:

Ultisols	Orden
Udults	Suborden
Hapludults	Gran grupo
Typic Hapludults	Subgrupo

2.2.2. WRB/FAO

En 1960, con la recomendación realizada por Unión Internacional de la Ciencia del Suelo (IUSS) para la publicación de mapas de suelos, es que la FAO/UNESCO, inició el desarrollo de un Sistema Internacional de Clasificación de Suelos con la finalidad de representar los principales patrones de suelo en un mapamundi; el cual se desarrolló en tres etapas.

En la primera etapa (1960 - 1981) se elaboró, publicó y difundió el Mapa Mundial de Suelos a escala 1:5000 000 que consistía en 26 “Principales Agrupamientos de Suelo” (primer nivel), que comprendía un total de 106 “Unidades de Suelo” (segundo nivel) (FAO - UNESCO, 1974). La segunda etapa (1981 - 1990) fue publicado la “Leyenda Revisada”, donde el mapa de suelos fue perfeccionado, siendo también incorporado un tercer nivel de “Subunidades de suelo”, que sirvió para respaldar el inventario de suelos a una escala mayor (FAO-UNESCO, 1990).

Para la tercera etapa, la Leyenda Revisada por la FAO - UNESCO de 1990, se tomó como base para desarrollar una nomenclatura universal por parte de la IUSS, que venía trabajando desde 1981, para distinguir y dar nombres a los suelos del mundo, siendo en 1998 publicado la primera edición de la Base Reference Base for Soil Resources (WRB) en 1998 (ISSS-ISRIC-FAO, 1998) comprendiendo 30 agrupamientos de suelos.

La segunda edición de la WRB fue avalada en el 18° Congreso Mundial de Filadelfia, actualizada en el 2007 (IUSS Working Group WRB, 2006) considerando desde ahí 32 agrupamientos de suelos (Tabla 3); mientras que la tercera edición fue publicada en el 2014 y actualizada en el 2015 (IUSS Working Group WRB, 2015). En el 2022 fue publicada la cuarta edición (IUSS Working group WRB, 2022), siendo actualizada en diciembre de ese mismo año.

Tabla 3. Síntesis de los principales grupos de referencia de suelos de acuerdo con la WRB/FAO.

RGS	Características principales
Suelos con capas orgánicas gruesas	
Histosols	Material orgánico incompletamente descompuesto en condiciones de exceso de agua
Suelos con fuerte influencia humana	
Anthrosols	Suelos con uso agrícola muy intenso y prolongado
Technosols	Cantidades significativas de artefactos
Suelos con enraizamiento limitado	
Cryosols	Permafrost en los primeros 100 cm
Leptosols	Delgados o con muchos fragmentos gruesos
Solonetz	Alto contenido de Na intercambiable
Vertisols	Suelos con contenido elevado de arcillas expansibles
Solonchaks	Alta concentración de sales solubles
Suelos regulados por la química de Fe/Al	
Gleysols	Afectados por agua freática, subacuáticos y de áreas de mareas
Andosols	Alofanos o complejo de Al-humus
Podzols	Acumulación de óxidos y/o humus en el suelo subsuperficial
Plinthosols	Acumulación y redistribución de Fe
Nitisols	Arcillas de baja actividad, fijación de P, muchos óxidos de Fe, estructura fuerte
Ferrasols	Dominancia de caolinia y óxidos
Planosols	Agua estancada, diferencia textural abrupta
Stagnosols	Agua estancada, diferencia estructural y/o diferencia textural moderada
Acumulación pronunciada de materia orgánica en el suelo mineral superficial	
Chernozems	Suelo superficial muy oscuro, carbonatos secundarios
Kastanozems	Suelo superficial oscuro, carbonatos secundarios
Phaeozems	Suelo superficial oscuro, sin carbonatos secundarios, alta saturación de bases
Umbrisols	Suelos ácidos con horizonte superficial espeso y oscuro
Acumulación de sales moderadamente soluble o de sustancias no salinas	
Durisols	Acumulación de, y cementación por sílice secundaria
Gypsisols	Acumulación de yeso secundario
Calcicols	Acumulación de carbonatos secundarios
Suelos con acumulación de arcilla	
Retisols	Horizonte eluvial pobre en arcilla de color más claro intercalado en forma de red en un horizonte iluvial más rico en arcilla y de color más intenso
Acrisols	Arcilla de baja actividad y saturación por bases
Lixisols	Arcillas de baja actividad, alta saturación de bases
Alisols	Arcilla de alta actividad y baja saturación por bases
Luvisols	Arcillas de alta actividad, de alta saturación de bases
Suelos con poca o ninguna diferenciación del perfil	
Cambisols	Desarrollo incipiente
Arenosols	Arenosos, poco desarrollado, formado a partir de arenas residuales o de dunas
Fluvisols	Sedimentos estratificados fluviales, marinos y lacustres
Regosols	Ningún desarrollo significativo del perfil

Fuente: IUSS Working Group (2022)

La WRB abarca dos niveles categóricos, el primero comprende 32 Grupos de Suelos de Referencia (GSR) y el segundo consiste en el nombre de GSR combinado con un conjunto de calificadores principales y suplementarios. Los calificadores principales son jerárquicos, mientras los calificadores suplementarios no lo son. Se utilizan por conveniencia en orden alfabético. Los calificadores principales se añaden antes del GSR y los calificadores suplementarios se añaden después del GSR entre paréntesis. Por ejemplo:

Descripción en campo:

Suelo desarrollado a partir de rocas sedimentarias, con horizonte A de 10 cm de espesura, value 3 y chroma 4; estructura de bloques subangulares de medio a grueso, fuerte. El horizonte Bw presenta value de 3 y chroma variando de 6 a 7, con desarrollo de estructura en bloques subangular medio a grueso, moderado. No hay evidencias de recubrimientos de arcilla. Textura arcillosa al tacto y pH ácido evidenciado por la presencia de “macorilla”.

De aquí se obtiene:

- a. Horizonte de diagnóstico superficial: Ochric
- b. Horizonte cámbic: Cambisols
- c. Textura arcillosa al tacto en todo el perfil: Clayic

La clasificación en campo es: Cambisols (Clayic, Ochric)

Análisis de laboratorio

El análisis de laboratorio confirma una baja CIC de arcilla $< 24 \text{ cmolc kg}^{-1}$ (> 16 Sideralic) en el horizonte Bw, de textura arcillosa $> 60\%$ (Clayic), con contenido de Al > 4 veces la suma de bases (Hyperdystric).

La clasificación final es: Hyperdystric Sideralic Cambisols (Clayic, Ochric)

2.3. Suelos del Valle Central del Huallaga

Los principales tipos de suelos identificado por ONERN (1983) en los sectores del Alto Sisa, Buenos Aires y Pajarillo que comprende la Zona del Valle Central de Huallaga son descritos y mostrados en la Tabla 4, dentro de régimen de humedad *Ústic* y régimen de temperatura *Isohipertérmic*, en una zona de vida de Bosque Seco - Tropical (bs – T).

2.3.1. Entisols

Suelos caracterizados por la ausencia de horizonte diagnóstico subsuperficial. A nivel de Suborden fue identificado los *Fluvents*, *Orthents* y *Psamments*.

a) **Los *Fluvents* o *Fluvisols***, fueron identificados en áreas de terrazas bajas y medias, originado a partir de depósitos recientes por el río (*Ustifluvents*). Presentan textura

de arena franca a franco arcilloso, con horizonte A de aproximadamente de 20 cm de espesura, con estructura granular a bloque subangular, de consistencia friable asentado sobre sobre un horizonte C (masivo) de consistencia muy friable a friable.

Presentan pH de ligeramente alcalino a moderadamente alcalino, con presencia de carbonatos libres que varía de ligero a violento al HCl 10 %, con predominio de porcentaje de saturación por bases al 100%. *Ustifluvents* con epipedon *Mollic* con value y chroma < 3 (*Mollic Ustifluvents*) fue identificado, mientras epipedón *Ochric* fue identificado con value de 4 (*Typic Ustifluvents*); que fue registrado principalmente en el sector Alto Sisa. De acuerdo con la WRB/FAO estos suelos son clasificados como *Calcáric Fluvisols* (Tabla 4).

b) Los *Psamments* o *Regosols* registrados en depósitos aluviales recientes en el sector de Alto Sisa, son suelos profundos (hasta los 125 cm) de clase textural arena a arena franca, de pH moderadamente alcalino, con presencia de carbonatos libres de reacción débil a fuerte al HCl al 10 % a partir de los 20 cm. El epipedón *Ochric* presenta 20 cm de espesura con value y chroma < 3, masivo, de consistencia friable (*Typic Ustipsamments*). De acuerdo con la WRB/FAO este suelo es clasificado como *Calcaric Regosols* (Tabla 4).

c) Los *Orthents* o *Regosols*, se encuentran localizados en depósitos coluvio - aluvial, laderas de colinas, lomadas, conos de deyección, terraza alta. Estos suelos se caracterizan por presentar horizonte A que varía de 15 a 40 cm de espesura, de textura franco arenoso a franco arcillosa, estructura granular a bloque subangular, friable, débil (epipedon *Ochric*), asentado sobre horizonte C sin estructura (grano simple a masivo).

Estos suelos presentan pH de muy fuertemente ácido a moderadamente alcalino, donde suelos con porcentaje de saturación por bases < 50 % (*Dystric Regosols*) fue reportado en el sector Alto Sisa. En suelos del sector Buenos Aires y Pajarillo, el porcentaje de saturación por bases es del 100%, con reacción fuerte a violento al HCl al 10 % en todo el perfil (*Calcáric Regosols*). Presencia de “cantos rodados” de 10 a 20 cm de diámetro variando de 30 a 80 % fue observado en el horizonte C de suelos del sector de Alto Sisa. De acuerdo con la Soil Taxonomy, estos suelos son clasificados como *Typic Ustorthent* (Tabla 4).

2.3.2. Inceptisols o Cambisols

Son caracterizados por presentar desarrollo de estructura (horizonte B). A nivel de suborden, estos suelos eran clasificados como Tropepts, siendo este actualmente

reemplazados por el régimen de humedad *Ustepts* (Tabla 4), localizadas en colinas y depósitos coluvio-aluvial.

Los suelos localizados en el sector Alto Sisa y Buenos Aires, son de textura arcillosa en todo el perfil, mientras en el sector de Pajarillo varía de Franco a arcilloso. De modo general, el horizonte A (*epipedon Ochric*) varía de 10 a 20 cm de profundidad, con estructura en bloque subangular débil, donde los suelos del sector Alto Sisa y Buenos Aires presentan value de 3 y chroma < 2, y los suelos del sector Pajarillo tienen value de 4. El horizonte B de esos suelos presentan estructura en bloque subangular medio, débil (*horizonte Cambic*), asentado sobre horizonte C sin estructura (masivo) friable a firme.

El pH de neutro a ligeramente alcalino, con presencia de carbonatos con reacción violenta al HCl al 10 % con < 15% de CaCO₃ en todo el perfil fue identificado en el sector de Alto Sisa y Buenos Aires (*Calcaric Cambisols*), con presencia de *slickensides* en el horizonte C (*Calcáric Vertic Cambisols*). Con relación al sector Pajarillo, los suelos presentan pH de fuerte a ligeramente ácido, con saturación por bases < 50 % dentro de los 100 cm de profundidad (*Dystric Cambisols*).

2.3.3. Mollisols o Kastanozem/Phaeozem

Los Mollisols, se caracterizan por presentar *epipedon Mollic*. A Nivel de suborden fueron identificados los *Ustolls*. La mayoría de estos suelos se encuentran originados a partir de depósitos aluviales subreciente, además de depósitos aluviales recientes y antiguos.

a) Los Mollisols o Kastanozems

El horizonte A de esos suelos presentan espesura de 10 a 20 cm, con *value* y *chroma* ≤ 3, de textura franco arcillo arenoso a arcilla, de estructura granular a bloque subangular, débil a moderado, firme a muy firme (*epipedon Mollic*), con presencia de rajaduras (características vérticas) desde la superficie del suelo hasta 40 cm de profundidad, con presencia de *slickensides* (*Vertic Haplustolls* o *Vertic Kastanozems*), observado en los sectores de Alto Sisa y Buenos Aires.

El horizonte B es caracterizado por presentar estructura en bloque subangular de fino a grueso, débil a moderado, firme a muy firme, asentado sobre horizonte C sin estructura (masivo) (*Typic Haplustolls*). Horizonte B y BC con presencia de *slickensides* también fue reportado en algunos suelos (*Vertic Haplustolls*), también observado principalmente en Alto Sisa y Buenos Aires. Asimismo, en el sector de Alto Sisa fue reportado suelos con ausencia de horizonte B, donde el horizonte A, está asentado sobre el horizonte C.

Químicamente esos suelos presentan pH que varía de neutro a moderadamente alcalino, con porcentaje de saturación por bases de 100 % en todo el perfil. En la mayoría de los perfiles fue reportado la presencia de carbonatos, corroborado por la reacción fuerte a violento al HCl al 10 %. En el sector de Alto Sisa, fue reportado suelos con horizonte C con más del 15 % de carbonatos entre los 40 - 80 cm de profundidad (*Typic Calciustolls* o *Calcic Kastanozems*) por presentar horizonte *Calcic*. En el sector de Buenos Aires, fue reportado horizonte C fue reportado presencia de sales de 6 a 8 mmhos/cm.

b) Los Mollisols o Phaeozems

Suelo identificado principalmente en el sector de Pajarillo, con horizonte A de 15 cm de espesura, con value de 2.5 y chroma de 2, de textura franco, estructura granular medio, débil, consistencia friable (*epipedon Mollic*), asentado sobre un horizonte B de textura franco, estructura en bloque subangular fino, débil, friable. El pH varía de neutro a moderadamente alcalino, con porcentaje de saturación de bases de 100 % en todo el perfil, con presencia de carbonatos de trazas en los primeros horizontes a fuerte en profundidad corroborado por la reacción a HCl 10 %. El contenido de MO es mayor en superficie.

2.3.4. Vertisols

De modo general estos suelos se caracterizan por presentan contenido de arcilla > 30 %, con grietas de 1 a 2 cm de ancho hasta una profundidad que varía de 50 a 70 cm, con superficies de rozamiento (*slickensides*). Los *Vertisols* localizados en depósitos aluviales subrecientes, presentan horizonte A de 20 cm de espesura, con value 3 y chroma 2 (*Typic Haplusterts*), estructura en bloque subangular medio, moderado, friable a firme; asentado sobre un horizonte C sin estructura (masivo), de matiz 5YR a 7.5YR, con value ≤ 4 y chroma ≤ 4 , friable a muy firme, con superficie de rozamiento (*slickensides*) a partir de los 90 cm. El pH de ese suelo varia de ligera a moderadamente alcalino, con reacción violento en todo el perfil al HCl 10% (*Calcáric*). Este suelo es clasificado de acuerdo con la WRB como *Chromic Vertisols* (Tabla 4).

En relación con los *Vertisols* localizados principalmente en el sector de Alto Sisa, desarrollados en depósitos coluvio - aluvial, estos suelos se caracterizan por ser bastante oscuro, con value de ≤ 3 y chroma ≤ 1 entre los 50 a 100 cm de profundidad desde la superficie del suelo (*Pellic*). El horizonte A varia de 20 a 30 cm, de estructura granular grueso a muy grueso a bloque subangular grueso, débil a moderado, firme a muy firme, asentado sobre un horizonte C sin estructura (masivo), de consistencia firme a extremadamente firme.

El pH de esos suelos va de moderadamente ácido a ligeramente alcalino, donde la presencia de carbonatos al HCl 10 % es ausente en algunos perfiles a débil, con porcentaje de saturación por base de estos suelos varia de 60 a 100 %. De acuerdo con la soil Taxonomy, este suelo es clasificado como *Typic Haplusterts*, mientras por la WRB/FAO este es clasificado como *Pellic Vertisols* (Tabla 4).

Tabla 4. Clasificación natural de los suelos del Valle central del Huallaga.

Orden	Soil Survey Staff, 1975 ^{1/}			Soil Survey Staff, 2022 ^{2/}			FAO 1974 ^{1/}	WRB/FAO, 2022 ^{2/}
	Suborden	Gran Grupo	Subgrupo	Suborden	Gran Grupo	Subgrupo		
Entisols	Fluvents	Ustifluvents	Typic Ustifluvents	Fluvents	Ustifluvents	Typic Ustifluvents	Calcaric Fluvisols	Calcaric Fluvisols
			Mollic Ustifluvents			Mollic Ustifluvents		
	Psamments	Ustipsamments	Typic Ustipsamments	Psamments	Ustipsamments	Typic Ustipsamments	Calcaric Regosols	Calcaric Regosols
			Typic Ustorthents			Typic Ustorthents	Eutric Regosols Dystric Regosols Calcaric Regosols	Eutric Regosols Dystric Regosols Calcaric Regosols
Inceptisols	Tropepts	Ustropepts	Vertic Ustropepts	Ustepts	Haplustepts	Vertic Haplustepts	Calcic Cambisols	Calcaric Vertic Cambisols
		Dystropepts	Ustic Dystropepts		Dystrustepts	Typic Dystrustepts	Dystric Cambisols	Dystric Cambisols
Mollisols	Ustolls	Haplustolls	Typic Haplustolls Vertic Haplustolls Udic Haplustolls	Ustolls	Haplustolls	Typic Haplustolls Vertic Haplustolls Udic Haplustolls	Haplic Kastanozem	Haplic Kastanozems
		Calciustolls	Typic Calciustolls			Typic Calciustolls	Haplic Phaeozem	Haplic Phaeozem
							Calcic Kastanozem	Calcic Kastanozems
Vertisols	Ustert	Chromusterts	Typic Chromusterts	Usterts	Haplusterts	Typic Haplusterts	Chromic Vertisols	Chromic Vertisols
		Pellusterts	Typic Pellusterts				Pellic Vertisols	Pellic Vertisols

^{1/}Fuente: ONERN (1983)

^{2/}Reclasificado por Demetrio Lama

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del lugar de estudio

La zona de estudio pertenece a la provincia de Mariscal Cáceres, región San Martín (Figura 1), valle central del Huallaga, localizado al noroeste del Perú, con temperatura media anual de 28,4 °C y precipitación anual de 1466,1 mm, con periodos secos entre junio a setiembre (precipitación promedio inferior a 80 mm mensual) (Zepner et al., 2020).

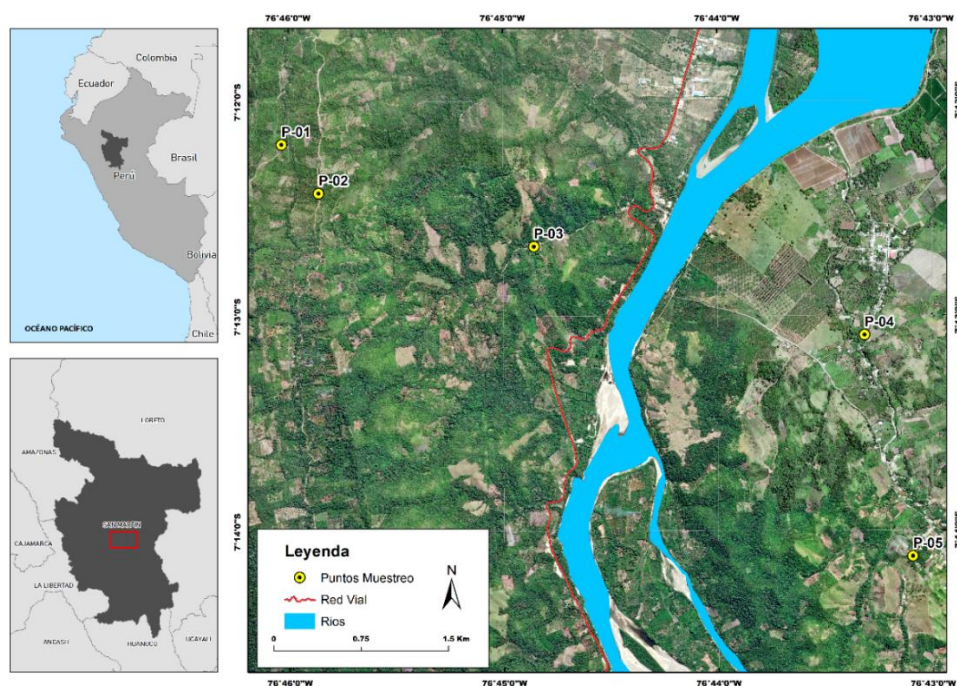


Figura 1. Localización de los perfiles estudiados.

Como en otras regiones de la Amazonía peruana, la agricultura es la principal fuente de sustento, destacándose diversos sistemas de producción, entre ellos la agroforestería, donde el cacao (*Theobroma cacao* L.) es cultivado en asociación con especies de capirona (*Calycophyllum spruceanum*), ishpingo (*Amburana cearensis*) y paliperro (*Vitex* sp). Así también, se encuentran asociados con frutales como guaba (*Inga edulis*), plátano (*Musa paradisiaca* L.) y limón Tahití (*Citrus latifolia*), entre otros. También se desarrolla la agricultura con cultivos anuales como el maíz (*Zea mays*), arroz (*Oryza sativa*), naranja (*Citrus sinensis*) y papaya (*Carica papaya*) y, en menor escala, con pasto elefante (*Centrus purpureus*) para el alimento de animales menores.

La geología del área de estudio está constituida por una serie de rocas sedimentarias de diversas edades (Figura 2), con depósitos coluviales con grandes rocas calizas en superficie (Figura 6), observado en el perfil P01. El perfil P02, asentado en la formación Vivian (Ks-v) consiste principalmente en arenisca cuarzosa blanca a amarillenta, con estratificación oblicua, y limolita gris en colinas estructurales (Sánchez & Herrera, 1998). El perfil P03 está compuesta por arenisca gris de grano fino a medio, limonita y arcillas grises y conglomeráticas de la formación Chambira (PN – ch), situadas en colinas disectadas. Los depósitos fluviales (Q-fl) que incluyen gravas, arenas, limos y arcillas forma parte del perfil P04 (Sánchez & Herrera, 1998). El perfil P05 está conformada por areniscas limosas gris a rojizas, arcillitas calcáreas, margas y conglomerados de guijarros en una llanura aluvial de la formación Ipururo (Nmp-i) (Sánchez & Herrera, 1998).

3.2. Muestreo y clasificación de suelos

Cinco puntos de muestreos fueron seleccionados para la apertura de una calicata, e inmediatamente se procedió a realizar la descripción morfológica de cada perfil (Figura 2, Tabla 5) y, posterior muestreo de suelos de cada uno de los horizontes identificados siguiendo los procedimientos de la Soil Survey Staff (2017). Para ello, cada muestra de suelos fue recolectada en bolsas plásticas y codificadas, asegurando su representatividad de cada unidad de muestreo para que posteriormente sean trasladadas a las instalaciones del Laboratorio de Conservación de Suelos – EPICSA, de la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua, Facultad de Recursos Naturales Renovables, de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, donde finalmente se realizaron los análisis Físico-Químicos de los suelos.

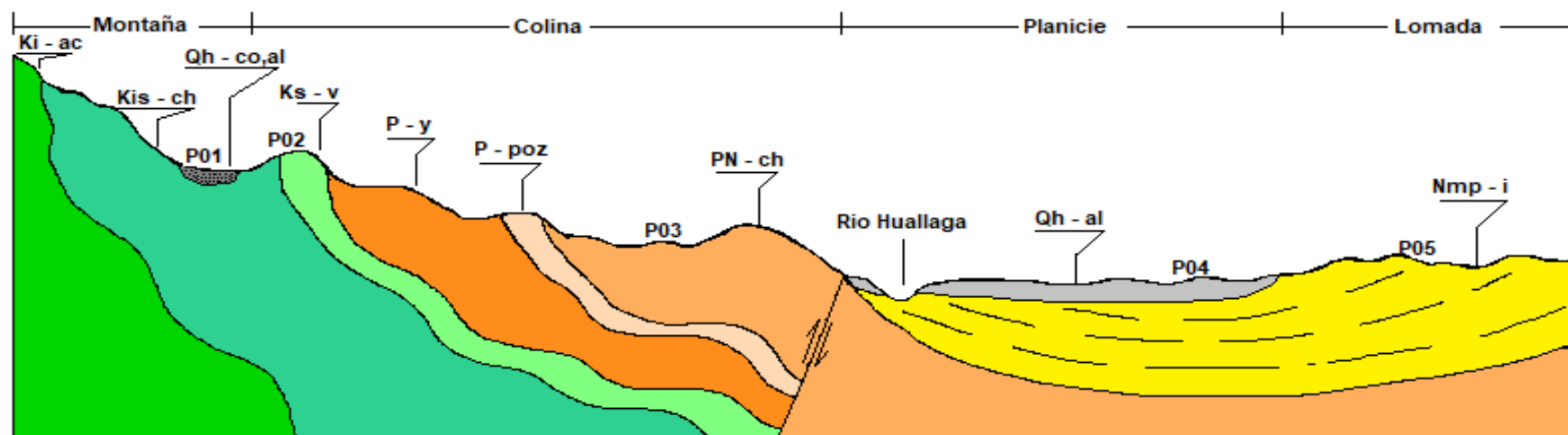
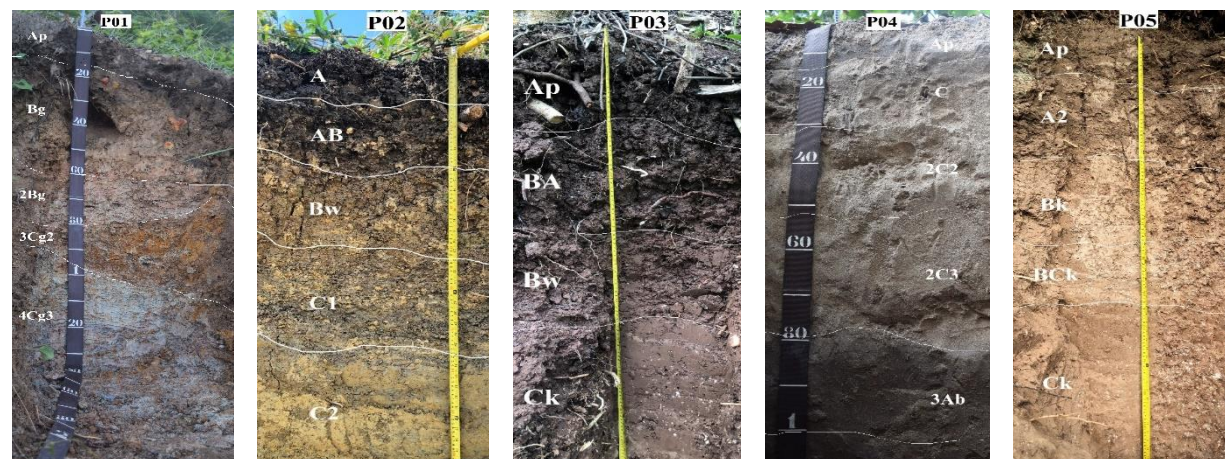
3.3. Análisis Físico - Químico

El análisis granulométrico fue realizado por el método del hidrómetro de Bouyoucos (1962). Los valores de pH fueron determinados en H₂O y solución de KCl 1 mol L⁻¹ en la proporción de 1:2,5 debidamente calibrado con soluciones patrón de pH 4,0 y 7,0. El Ca²⁺, Mg²⁺ y Al³⁺ fueron extraídas con solución KCl 1 mol L⁻¹. El K⁺ y Na⁺ fue extraído por desplazamiento con NH₄OAc 1 mol L⁻¹ a pH 7. El 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 0,0125 mol L⁻¹, mientras el K⁺ y Na⁺ fue cuantificado por absorción atómica. El Al³⁺ y el H + Al fueron cuantificados por titulación con solución

de NaOH 0,025 mol L⁻¹. El P disponible fue extraído con solución de NaHCO₃ 0,5 mol L⁻¹ a pH 8,5 determinado por colorimetría conforme a Olsen et al., (1954). El contenido de carbono orgánico (CO) fue determinado conforme a Walkley & Black (1934).

De los resultados obtenidos, fueron calculados: Suma de bases ($SB = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + Na^{+}$), Capacidad de intercambio de Cationes ($CTC_{pH\ 7,0} = SB + H + Al$), Capacidad de Intercambio de Cationes efectiva ($CIC_{ef} = SB + Al^{3+}$), Capacidad de Intercambio de Cationes de la arcilla ($CICar = (CIC_{pH\ 7,0} * 1000) / (\%Ar * 10)$), Porcentaje de Saturación por bases ($\%SB = (SB / CTC_{pH\ 7,0}) * 100$), Porcentaje de saturación de Al^{3+} ($\%S_{Al} = (Al^{3+} / CIC_{ef}) * 100$).

Con los resultados obtenidos se procedió a realizar la clasificación taxonómica según la *Keys to Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff, 2022) y la *WRB/FAO* (IUSS Working Group WRB, 2022).



Ki - ac: Formación Carhuaz; Kis - ch: Formación Chonta; Ks - v: Formación Vivian; P - poz: Formación Pozo; PN - ch: Formación Chambira; Nmp-i: Formación Ipururo; Qh - al: Depósitos aluviales; P01, P02, P03, P04, P05: puntos de perfiles de muestreo. Qh-co,al: Depósitos coluvio - aluviales.

Figura 2. Perfil topográfico del área de estudio en función a su geología (Diseñado por Demetrio Lama).

Tabla 5. Características generales de los suelos estudiados.

Localidad	Perfil	Coordenadas UTM (WGS84)	Altitud (m.s.l.s)	Material parental	Período	Descripción general
Juanjuí	P01	7°12'11.99" S 76°46'1.81" O	566	Coluvio - aluvial	Cuaternario holocénico	Suelo descrito en <i>footslope</i> en depósito coluvio - aluvial dentro de una montaña de rocas sedimentarias de la Formación chonta (Kis - ch). Registro de rocas calizas, presentes en grandes bloques que cubren la superficie del suelo. El suelo presenta drenaje moderado, con erosión laminar ligera. Vegetación compuesta por cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.).
	P02	7°12'25.64" S 76°45'51.43" O	627	Residual	Cretáceo superior	Perfil descrito en <i>summit</i> de colina estructural de roca sedimentaria de la Formación Vivian (Ks - v). Suelo con drenaje moderado, con erosión laminar ligera. Area con presencia de bosque secundario.
	P03	7°12'40.65" S 76°44'51.22" O	395	Residual	Oligo - Mioceno	Perfil descrito en <i>backslope</i> de colinas disectadas, originado a partir de rocas sedimentarias de la Formación Chambira (PN - ch). Perfil con drenaje moderado, con erosión moderada. Presencia de cultivo cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) y plátano (<i>Musa paradisiaca</i>)
San Juan de Juñao	P04	7°13'5.51" S 76°43'18.78" O	279	Aluvial reciente	Cuaternario holocénico	Perfil descrito en <i>toeslope</i> , dentro de una planicie no inundable, originado a partir de depósito fluvial del holoceno cuaternario (Qh - fl). Perfil bien drenado, con erosión laminar no aparente. Vegetación compuesta por cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.).
	P05	7°14'7.28" S 76°43'5.39" O	316	Residual	Mioceno plioceno/inferior	Perfil descrito en <i>shoulder</i> de lomadas de relieve ondulado, originado a partir de rocas sedimentarias de la Formación Ipururo (Nmp - i). Suelo bien drenado, con erosión ligera. La vegetación está compuesta por Naranja (<i>Citrus sinensis</i>) y cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características morfológicas y granulometría

Estas son mostradas en la Tabla 6. Los horizontes superficiales varían de 10 a 35 cm de espesura, de coloración oscura, atribuido al mayor contenido de materia orgánica (Tabla 7) y a la mayor estabilidad de la fracción orgánica asociada a los minerales arcillosos (Kleber et al., 2015; Szymański et al., 2022). El color de los horizontes subsuperficiales varió de 5YR a 10Y reflejando la variación del drenaje a lo largo de la toposecuencia. El perfil P01 localizado en una posición más baja “*footslope*” con drenaje imperfecto presenta tonalidades de coloración gris, indicando Fe^{2+} , asimismo tonalidades de coloración rojizo a pardo amarillento (Tabla 6, Figura. 4), probablemente indicando la presencia de ferrihidrita y goetita (USS Working Group WRB, 2022). Respecto a los perfiles P03 y P05 la presencia de manchas y nódulos de coloración blanca indica la presencia de CaCO_3 , corroborado por la efervescencia al aplicar HCl al 10%.

Estructura y agregados granulares fuertemente desarrollados fue registrado principalmente en los horizontes superficiales, asociado a los mayores niveles de CO (Tabla 7). La estructura en los horizontes subsuperficiales en los perfiles (con excepción de P04) fue de bloques subangular fino a grande. De modo general, todos los perfiles mostraron unidades estructurales bien definidos, descritas como débil a fuerte, como resultado de los altos niveles de Ca^{2+} (Tabla 7) y carbonatos induciendo a la floculación de las partículas de arcilla (Zhang & Norton, 2002) así como las alternaciones de los ciclos de humedecimiento y secamiento que producen agregados mas grandes y estables (Bronick & Lal, 2005).

La textura varió de franco-arcillo-arenosa a arcillosa, donde el perfil P04 presenta los valores más altos de arena (55,84 a 76,32 %), comparado con los otros suelos estudiados, típico de suelos originados a partir de materiales transportados por el río. En relación al perfil P01, este presenta los valores más altos de arcilla, alcanzando hasta 69,76 %. Los perfiles P02, P03 y P05 presentan mayores proporciones de limo comparado con los otros suelos estudiados, variando de 15,36 a 26,88 %, influenciados por el material parental que presenta limolita y areniscas limosas dentro de su composición (Sánchez & Herrera, 1998).

Tabla 6. Características morfológicas de los perfiles de suelos estudiados.

Perfil	Profundidad (cm)	Límite (Contraste, topografía)	Color (húmedo)	Moteado (húmedo)	Arena	Limo	Arcilla	clase textural	Estructura (grado, tamaño, tipo)	Consistencia (húmedo)
-----%-----										
Perfil 01 - Orthodystic Gleyic Stagnosols (Clayic, Ochric) /Typic Epiaquepts										
Ap	0 - 15/25	G – S	10YR 3/2	-	54.56	10.24	35.20	Fr.Ar	2 f m bls	fr
Bg	15/25 - 55/62	G – S	5YR 4/6	5YR 6/1	45.60	64.00	48.00	Fr.Ar	1 m g bls	fi
2Bg	55/62 - 68/80	C – W	Gley 1 10Y 6/1	10R 4/6, 10YR 5/8	26.40	76.80	65.92	Ar	1 g - bls	fi
3Cg2	68/80 - 95/108	C – W	10YR 5/8	Gley 1 10Y 6/1	41.76	76.80	50.56	Ar	0 - m	mfi
4Cg3	95/108 - 140	-	Gley 1 6/1	10YR 5/8	25.12	51.20	69.76	Ar	0 - m	mfi
Perfil 02 - Calcaric Cambisols (Loamic, Ochric) /Typic Haplustepts										
Ap	0 - 10	G – S	10YR 3/2	-	49.44	25.60	24.96	Fr.Ar.Ao	3 f m gr, bls	fi
AB	10 - 30	G – S	10YR 4/3	-	45.60	26.88	27.52	Fr.Ar.Ao	2 m bls	fr - fi
Bw	30 - 50	C – S	2.5Y 5/3	10YR 6/8	48.16	21.76	30.08	Fr.Ar.Ao	2 f m bls	fr - fi
C1	50 - 80	C – S	2.5Y 5/2	10YR 6/8	57.12	21.76	21.12	Fr.Ar.Ao	0 - m	fr
C2	80 - 110	-	10YR 5/8	-	57.12	15.36	27.52	Fr.Ar.Ao	0 - m	fi - mfi
Perfil 03 - Cambic Protocalcic Chernozems (Clayic)/Typic Calciustolls										
Ap	0 - 20	G – S	5YR 3/2	-	31.52	23.04	45.44	Ar	3 m bls	fr
BA	20 - 50	G – S	5YR 3/3	-	26.40	21.76	51.84	Ar	2 m g bls	Fr
Bw	50 - 85	C – S	5YR 3/3	-	28.96	19.20	51.84	Ar	1 g bls	fr - fi
Ck	85 - 110	-	5YR 3/3	-	54.56	20.48	24.96	Fr.Ar.Ao	0 - m	fi
Perfil 04 – Eutric Pantofluvic Fluvisols (Loamic, Ochric)/Typic Ustifluvents										
Ap	0 - 15	C – S	10YR 3/2	-	62.24	11.52	26.24	Fr.Ar.Ao	2 f m gr	mfr
C	15 - 30	C – S	2.5Y 3/2	-	64.80	8.96	26.24	Fr.Ar.Ao	0 - gs	so
2C2	30 - 50	C – S	10YR 3/3	-	76.32	1.28	22.40	Fr.Ar.Ao	0 - gs	so
2C3	50 - 80	C – S	10YR 6/3	-	73.76	2.56	23.68	Fr.Ar.Ao	0 - gs	so
3Ab	80 - 100	C – S	7.5YR 3/2	-	55.84	15.36	28.80	Fr.Ar.Ao	0 - gs	so
3Cb	100 - 140	C – S	7.5YR 3/3	-	60.96	11.52	27.52	Fr.Ar.Ao	0 - gs	so
Perfil 05 – Cambic Protocalcic Chernozems (Loamic)/Typic Calciustolls										
Ap	0 - 12	G – S	7.5YR 3/2	-	49.44	17.92	32.64	Fr.Ar.Ao	3 f m gr bls	FR
A2	13 - 35	G – S	7.5YR 3/2	-	46.88	17.92	35.20	Ar.Ao	3 f m gr bls	FR
Bw	35 - 55	G – S	7.5YR 4/3	-	44.32	19.20	36.48	Fr.Ar	3 m bls	FR
BCK	55 - 90	D – S	5YR 5/3	-	43.04	17.92	39.04	Fr.Ar	0 - m	FR
Ck	90 - 130	-	5YR 5/3	-	40.48	23.04	36.48	Fr.Ar	0 - m	FR

Descripción: Tamaño: fm=firme, mg= muy grande. Grado: 1= Débil, 2= Moderado, 3= Fuerte Tipo:gr =granular, bsa=bloque subangular, gs= grano suelto, m=masivo, Textura: Fr.Ar.Ao=Franco arcillo arenoso,

Ar.Ao= Arcillo arenoso, Fr.Ar= Franco arcilloso, Ar= Arcilla. Consistencia: mfr=muy friable, fi=firme, fr= friable, mfi=muy firme

4.2. Características químicas

De acuerdo con las características químicas (Tabla 7), los valores de pH-H₂O varían de extremadamente ácido a fuertemente alcalino (Soil Survey Staff, 2017). Los valores con pH-KCl fue menor con el pH-H₂O para todos los suelos, resultando en un Δ pH negativo, indicando el predominio de cargas negativas.

El perfil P01, presenta valores de pH < 5,5 entre los 20 a 140 cm de profundidad, favoreciendo la disponibilidad de Al³⁺ (Essington, 2015; Sposito, 2008). Asimismo, es necesario destacar que este perfil presenta arcillas de actividad alta (> 24 cmol_c kg⁻¹), la cual no estaría satisfaciendo las elevadas concentraciones de Al³⁺. Esto puede ser explicado por la presencia de minerales 2:1 con hidroxyl-Al intercalados en Vermiculita o Esmeclita, favorecido por las condiciones ácidas del suelo (Barnhisel & Bertsch, 2018; Georgiadis et al., 2020; Yin et al., 2013) donde parte del Al extraído con KCl parece provenir de las entrecapas de los minerales arcillosos 2:1 sobreestimando los valores de Al³⁺ (Bernini et al., 2013; Cunha et al., 2014; Dahlgren & Walker, 1994), siendo también reportado por (Lama et al., 2024) en *Alisol* y *Plinthosol* de Madre de Dios. Al parecer, el uso de KCl no sería adecuado para cuantificar el Al³⁺ para este tipo de suelo.

Por otro lado, suelos con pH > 6,0 fue observado en los perfiles P02 a P05, con valores más altos en profundidad (Tabla 7), reflejando la fuerte influencia de los carbonatos en la solución suelo (Maranhão et al., 2020; Pinheiro Junior et al., 2022) confirmado por la reacción con HCl al 10%, con niveles altos de Ca²⁺ como catión predominante dentro del complejo de cambio, variando de 3,63 a 34,78 cmol_c kg⁻¹, implicando en una saturación por bases > 50% y ausencia de Al³⁺ provocado por los altos valores de pH. La presencia de CaCO₃ en profundidad está bastante relacionado con el material parental que contiene *calcita* dentro de su composición (Sánchez & Herrera, 1998), favorecido por un clima de bosque seco tropical (INRENA, 1996).

El contenido de CO fue mayor en los horizontes superficiales para todos los suelos con tendencia a disminuir en profundidad (Tabla 7), producto de la incorporación y descomposición de los residuos vegetales. Cabe destacar que el perfil P02 y P05 presenta niveles de CO ≥ 2% entre los 30 a 55 cm, probablemente influenciado por una mayor actividad biológica, evidenciado por la presencia de canales y poros (*bioturbación*) y niveles altos de Ca²⁺ que juegan un papel importante en la estabilización del carbono (Barreto et al., 2021; Dou et al., 2023; Rowley et al., 2018, 2023; Shabtai et al., 2023) formando complejos orgánico - cálcicos resistentes a la mineralización (Labaz et al., 2024).

La CIC varió de 5,91 a 36,94 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$, con tendencia a disminuir en profundidad, observado principalmente en P02 y P05, influenciado por el contenido de CO (Tabla 7), con $r = 0,76$ (Figura 3A); mientras los perfiles P01, P03 y P04 la CIC está fuertemente relacionado al contenido de arcilla (Tabla 6), con $r = 0,77$ (Figura 3B). De acuerdo a los resultados observados, se observa que el CO y contenido de arcilla tienen a influir en la CIC del suelo, corroborado también por varios estudios (Asmare et al., 2023; Dinssa & Elias, 2021; Hanauer et al., 2023; Kahsay et al., 2023; Molla et al., 2022; Wakwoya et al., 2023). Por otro lado, además de existir una estrecha relación del CO y el contenido de arcilla, parece ser que la CIC es también fuertemente influenciado por la presencia de arcillas de alta actividad (2:1), evidenciado por la $\text{CIC}_{\text{ar}} > 24 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ (Tabla 7)

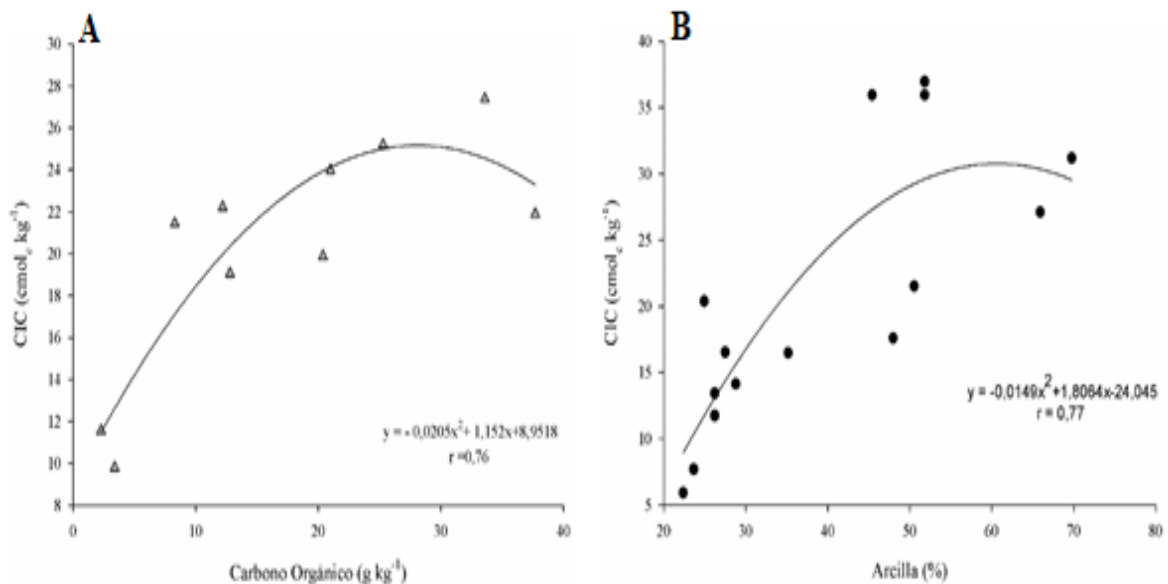


Figura 3. Relación Carbono Orgánico vs CIC (A) y relación Arcilla vs CIC (B).

Tabla 7. Características químicas de los suelos estudiados.

Perfil	Prof.	pH (1:2,5)		Δ pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CICef	CIC _{pH 7}	CIC _{ar}	SB	S _{Al} ³⁺	P	CO
		H ₂ O	KCl															
cm		cmol _c kg ⁻¹													-----%-----		mg kg ⁻¹	%
Perfil 01 - Orthodystric Gleyic Stagnosols (Clayic, Ochric)/Typic Epiaquepts																		
Ap	0 - 15/25	5.69	4.89	-0.80	9.58	1.81	0.26	0.07	0,00	4.75	11.72	11.72	16.47	46.79	71.16	0.00	66.87	1.71
Bg	15/25 - 55/62	5.42	3.88	-1.54	10.28	2.42	0.14	0.12	0.88	4.63	12.96	13.84	17.59	36.65	73.68	6.36	5.78	0.34
2Bg	55/62 - 68/80	4.74	3.56	-1.18	10.38	3.53	0.24	0.11	8.73	12.83	14.26	22.99	27.09	41.10	52.64	37.97	3.75	0.09
3Cg2	68/80 - 95/108	4.65	3.58	-1.07	6.15	2.22	0.17	0.10	6.76	12.88	8.64	15.40	21.52	42.56	40.15	43.90	21.26	0.06
4Cg3	95/108 - 140	4.32	3.34	-0.98	4.13	4.44	0.24	0.11	16.27	22.25	8.92	25.19	31.17	44.68	28.62	64.59	3.75	0.04
Perfil 02 - Calcaric Cambisols (Loamic, Ochric)/Typic Haplustepts																		
Ap	0 - 10	7.08	6.45	-0.63	16.53	3.63	0.18	0.04	0.00	1.51	20.38	20.38	21.89	87.70	93.10	0.00	97.83	3.77
AB	10 - 30	7.00	6.14	-0.86	14.82	2.62	0.14	0.04	0.00	2.26	17.62	17.62	19.88	72.24	88.63	0.00	153.20	2.04
Bw	30 - 50	7.05	6.11	-0.94	14.11	2.42	0.09	0.05	0.00	2.38	16.67	16.67	19.05	63.33	87.51	0.00	129.60	1.28
C1	50 - 80	8.46	7.63	-0.83	8.27	2.32	0.05	0.04	0.00	0.88	10.68	10.68	11.56	54.73	92.39	0.00	125.90	0.23
C2	80 - 110	8.69	7.98	-0.71	7.16	2.42	0.08	0.04	0.00	0.10	9.70	9.70	9.80	35.61	98.98	0.00	15.960	0.34
Perfil 03 - Cambic Protocalcic Chernozems (Clayic)/Typic Calcicustolls																		
Ap	0 - 20	8.19	7.26	-0.93	31.75	2.72	0.55	0.04	0.00	0.88	35.06	35.06	35.94	79.09	97.55	0.00	77.06	3.82
BA	20 - 50	8.48	7.22	-1.26	33.97	0.81	0.22	0.06	0.00	0.88	35.06	35.06	35.94	69.33	97.55	0.00	42.84	1.36
Bw	50 - 85	8.43	7.20	-1.23	34.78	1.01	0.20	0.07	0.00	0.88	36.06	36.06	36.94	71.26	97.62	0.00	49.36	0.99
Ck	85 - 110	8.55	7.37	-1.18	18.45	0.60	0.27	0.06	0.00	1.00	19.38	19.38	20.38	81.65	95.09	0.00	35.92	0.88
Perfil 04 – Eutric Pantofluvic Fluvisols (Loamic, Ochric)/Typic Ustifluvents																		
Ap	0 - 15	7.40	6.73	-0.67	9.48	2.22	0.17	0.04	0.00	1.51	11.91	11.91	13.42	51.14	88.75	0.00	69.32	1.41
C	15 - 30	7.21	6.31	-0.90	8.47	1.41	0.31	0.04	0.00	1.51	10.23	10.23	11.74	44.74	87.14	0.00	116.60	0.70
2C2	30 - 50	6.74	5.71	-1.03	3.63	1.11	0.12	0.05	0.00	1.00	4.91	4.91	5.91	26.38	83.08	0.00	145.50	0.15
2C3	50 - 80	8.51	7.69	-0.82	6.35	0.50	0.18	0.04	0.00	0.63	7.07	7.07	7.70	32.52	91.82	0.00	141.40	0.27
3Ab	80 - 100	8.32	7.42	-0.90	12.70	0.30	0.32	0.06	0.00	0.75	13.38	13.38	14.13	49.06	94.69	0.00	51.40	0.64
3Cb	100 – 140	8.52	7.54	-0.98	10.68	4.94	0.11	0.04	0.00	0.75	15.77	15.77	16.52	60.03	95.46	0.00	28.18	0.09
Perfil 05 - Cambic Protocalcic Chernozems (Loamic)/Typic Calcicustolls																		
Ap	0 - 12	8.03	7.38	-0.65	23.81	1.19	0.23	0.05	0.00	1.13	25.28	25.28	27.39	83.92	95.72	0.00	63.21	3.36
A2	13 - 35	8.20	7.41	-0.79	23.51	0.58	0.11	0.04	0.00	1.13	18.50	18.50	25.19	71.56	94.24	0.00	106.00	2.53
Bw	35 - 55	8.29	7.45	-0.84	22.00	0.89	0.11	0.04	0.00	1.13	24.24	24.24	23.97	65.71	95.55	0.00	20.04	2.10
BCK	55 - 75	8.50	7.55	-0.95	20.48	0.18	0.15	0.04	0.00	0.88	23.08	23.08	22.22	59.92	96.33	0.00	199.90	1.22
Ck	75 - 110	8.64	7.55	-1.09	17.86	0.49	0.31	0.04	0.00	0.88	21.01	21.01	21.45	58.80	95.98	0.00	25.74	0.83

4.3. Génesis de los suelos en estudio

Todos los perfiles registraron procesos de *melanización* (oscurecimiento) de los horizontes superficiales de diferente grado (Tabla 6), esto como producto de la interacción entre el material mineral y constituyentes orgánicos (Kampf & Curi, 2012; Bockheim & Gennadiyev, 2000; Lama et al., 2024) proveniente de la descomposición de los residuos vegetales. Por otro lado, este proceso es más relevante en los perfiles P03 y P05, influenciado por un ambiente más estable en concordancia con el clima, valores altos de pH y Ca^{2+} (Tabla 7) además de la presencia de carbonatos (Figura 4C).

Cabe resaltar que el perfil P03 presenta una coloración oscura en los horizontes subsuperficiales a pesar de presentar bajos contenidos de CO (Tabla 7), influenciado por los altos niveles de calcio que induce a la formación de humus de calcio, brindando una mayor resistencia a la mineralización del CO (efecto recalcitrante) (Dou et al., 2024; Pinheiro Junior et al., 2022) permitiendo la expresión de esos colores, siendo también observado por (Pinheiro Junior et al. 2021) en suelos carbonáticos en Brasil.

Otro proceso encontrado en los perfiles P03 y P05 es el de *calcificación*, corroborado por la reacción con HCl al 10% y la presencia de coloraciones blancas en formas de manchas y nódulos blandos a duros (Figura 4C), observado principalmente en los horizontes subsuperficiales. Este proceso de formación es favorecido por las condiciones climáticas del lugar donde la tasa de evapotranspiración es mayor a la precipitación, creando un régimen climático de subhúmedo (INRENA, 1996) favoreciendo la formación de CaCO_3 . No obstante, la precipitación actual de la zona en estudio no favorece a un proceso de *calcificación* bastante intenso como observado por Lama et al. (2024) en la localidad de Maras, en Cusco, registrando horizontes cementados (horizonte petrocálcico) favorecido por las condiciones semiáridas (INRENA, 1996).

Procesos de *agradación* y *degradación* fue observado en los perfiles P01 y P04. El perfil P01 fue originado por depósitos coluvio - aluvial el cual es evidenciado por la presencia de grandes rocas en superficie (Figura 4B); mientras el perfil P04 es producto de la deposición de sedimentos transportados por el río Huallaga, incluso registrando la presencia de horizontes enterrados (Por ejm horizonte 3Ab del perfil P04). Probablemente la deposición de estos sedimentos que luego dieron origen a esos suelos está asociada a un clima árido durante el holoceno entre los $10,3 \pm 0,7$ ka y $5,5 \pm 0,4$ ka (Viveen et al., 2021) en concordancia con el aumento de la precipitación pluviales intensas alrededor de 10ka, 7ka 5ka (Viveen et al., 2020) favoreciendo así la erosión de sedimentos de las laderas.

Por otro lado, ese aumento de la precipitación registrado por Viveen et al., (2020) a favorecido el transporte de partículas finas evidenciado por la textura arcillosa (Tabla 6) que en interacción con el paisaje “*footslope*” creó esas condiciones de mal drenaje, ocasionando procesos de *gleyización*. Este proceso de Gleyización parece haber sido mucho más intenso en el pasado, con un nivel de napa freática más alto, visto que las condiciones actuales no indican encharcamiento que justifique la existencia de un horizonte Cg en casi todo el perfil. La presencia de moteaduras de color pardo rojizo a pardo amarillento indican ya un ambiente en proceso de oxidación, debida a la rápida difusión del O₂. Resultados similares también fue observado por (Lama et al. 2024) en Cusco.

Los grandes procesos *erosivos* y la deformación de la tectónica andina durante el Mioceno - Plioceno (Palacios et al., 1996) acompañados por los cambios climáticos como la alteración de la pluviosidad, tasa de erosión y sedimentación durante el Mioceno hasta el cuaternario (Vonhof & Kaandorp, 2010; Viveen et al., 2020; Viveen et al., 2021) afectó del desarrollo del perfil P02 (Figura 4A). La presencia de fragmentos groseros a partir de los 30 cm con tendencia a aumentar en profundidad es una muestra clara del proceso erosivo que sufrió este suelo, en donde la tasa de erosión fue mayor comparado a la pedogénesis, en un periodo donde la vegetación no era suficiente para mantener el terreno estable asociado a un clima árido (Viveen et al., 2021). Actualmente el desarrollo de la vegetación brinda una mayor estabilización del terreno, favoreciendo así la pedogénesis (Figura 4A), evidenciado por el desarrollo de estructura.

Tabla 8. Propiedades/materiales, procesos pedogenéticos y clasificación de los suelos estudiados.

Perfil	Horizonte de diagnóstico		Propiedades de diagnóstico	Materiales de diagnóstico
	Superficial	Subsuperficial		
P01	-	Cámbic	Gleyic, Stágnic, Discontinuidad litológica	Colluvic
P02	-	Cámbic	-	Calcáric
P03	Chérnic	“Cálcic”, Cámbic	Protocalcic	Calcáric
P04	-	-	Discontinuidad litológica	Flúvic
P05	Chérnic	“Cálcic”, Cámbic	Protocálcic	Calcáric

Fuente: Elaboración propia

4.4. Horizontes de diagnóstico

Dentro de los horizontes de diagnósticos identificados de acuerdo a la IUSS Working Group WRB (2022) fueron: horizonte “*Cálcic*”, *Chérnic*, *Cámbic*.

El horizonte de diagnóstico “*Cálcic*” fue identificado dentro de los 100 cm a partir de la superficie mineral en los perfiles P03 y P05, por la presencia de posibles indicadores de carbonatos como una impregnación blanca en la matriz del suelo en forma de partículas finas de aspecto blando y polvoriento en seco, con pequeños nódulos (Figura 4C), incluso brindando a los horizontes una tonalidad rosácea, con pH - H₂O entre 8,0 a 8,7 (Tabla 7). Además de esas características, la adición de HCl al 10% mostró un grado de efervescencia a nivel de espumas, el cual según la IUSS Working Group WRB (2022) sugiere un contenido de carbonato próximo a o $> 15 \%$.

En relación con el horizonte *Cámbic*, este fue identificado en la mayoría de los perfiles (con excepción de P04), con espesura mayor a 15 cm, de textura franco-arcillo-arenosa a arcillosa, evidenciado desarrollo de estructura que varía de bloque subangular a angular, indicando alteración pedogenética que va desde moderado a fuerte (Tabla 6).

El horizonte *Chérnic* fue identificado en los perfiles P03 y P05, ambos con contenido de CO $> 1 \%$, saturación por bases $\geq 50 \%$ (Tabla 7), con espesura ≥ 30 cm, value ≤ 3 en húmedo y ≤ 5 en seco, chroma ≤ 2 (Tabla 6), además de presentar poros tipo tubular (Figura 5), vinculado a la actividad biológica. De acuerdo a la IUSS Working Group WRB (2022), el horizonte *Chérnic* es de coloración más oscuro en relación al horizonte *Móllic* con alta actividad biológica. Por otro lado, el horizonte *Chérnic* presenta estructura granular a bloque subangular medio, fuertemente desarrollado (Tabla 6).

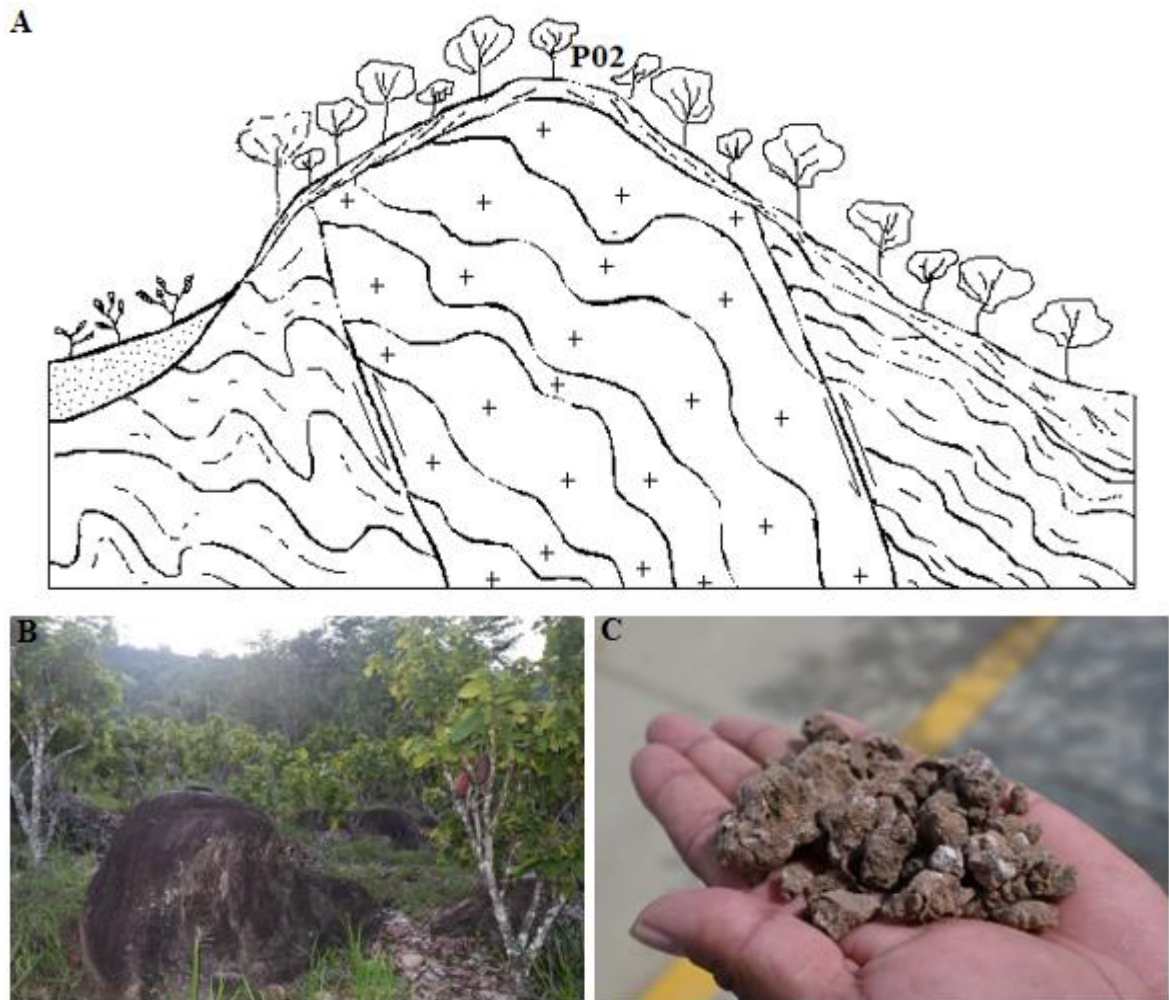


Figura 4. Relación suelo - relieve del perfil P02 (A). Presencia de rocas calizas conformadas depósitos coluviales (B). Presencia de carbonatos (C). Ilustrado por Demetrio Lama.



Figura 5. Presencia de poros tipo tubular.

4.5. Propiedades y materiales de diagnóstico

De acuerdo con la IUSS Working Group WRB (2022), fue identificado propiedades *Protocalcic* y *Stagnic*, mientras que los materiales de diagnósticos incluyen material *Calcáric*, *Fluvic* y *Mineral* (Tabla 8).

Propiedades *Stagnic* fue registrado en P01, indicando periodos de saturación. Las propiedades *Stagnic* presenta características redoximórficas desde la superficie del suelo hasta los 100 cm presentando condiciones reducidas de color gris verdusco (Gley 1 10Y 6/1) combinado con colores que evidencian condiciones oxidantes de color pardo amarillento (10YR 5/8) siendo este más abundante en profundidad entre los 80 a 100 cm (*Gleyic*), además de presentar moteaduras de color rojo (10R 4/8) entre los 15 a 50 cm.

Presencia de *discontinuidad litológica* fue identificado en los perfiles P01 y P04, corroborado por la distribución irregular del contenido de arena a través del perfil (Tabla 6), donde en el perfil P01 presenta un 45 % de arena en el horizonte CAg y 26,40 % en el horizonte 2Cg; mientras el P04 presenta 73,76 % de arena en el horizonte 2C3 y 55,84 % de arena en el horizonte 3Ab.

En relación con las propiedades *Protocálcicas* fue observado en P03 y P05 dentro de los 100 cm a partir de la superficie mineral del suelo, ocupando más del 5 % del área expuesta del suelo por acumulación de carbonatos secundarios (Figura 5C) en forma de masas y nódulos (color blanco) de aspecto blando y polvoriento.

Respecto al material *Calcaric* este fue registrado por mostrar efervescencia visible a la aplicación de HCl al 10 % en la fracción TFSA (con excepción de P01), sin la presencia de propiedades protocálcicas, características que fueron evidenciadas principalmente en el perfil P02 y P04. Por otro lado, materiales *fluvic* fue registrado en P04 por presentar sedimentos que fueron arrastrados y depositados por las aguas de los ríos originando suelos sin desarrollo estructura (grano simple).

4.6. Clasificación de suelos

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

Tabla 9. Clasificación taxonómica.

WRB	Soil Taxonomy
P01 - Orthodystric Gleyic Stagnosols (Clayic, Colluvic, Ochric)	Typic Epiaquepts
P02 - Calcaric Cambisols (Loamic, Ochric)	Typic Haplustepts
P03 - Cambic Protocalcic Chernozems (Clayic)	Typic Calciustolls
P04 - Eutric Pantofluvic Fluvisols (Loamic, Ochric)	Typic Ustifluvents
P05 - Cambic Protocalcic Chernozems (Loamic)	Typic Calciustolls

Fuente: Elaboración propia

El perfil P01 fue clasificado como *Orthodystric Gleyic Stagnosols (Clayic, Ochric, Colluvic, Ochric)* por presentar propiedades *Stagnic*, con $Al^{3+} > Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^{+} + K^{+}$ (Tabla 7) que inicia a ≥ 50 cm de la superficie mineral (*Orthodystric*). Este perfil presenta una clase textural arcillosa > 30 cm de espesura (Tabla 6) dentro de los 100 cm de la superficie mineral (*Clayic*). Por otro lado, este perfil presenta propiedades *Stagnic* dentro de los 75 cm de la superficie mineral del suelo. De acuerdo a la Soil Survey Staff (2022), este suelo es clasificado como *Typic Epiaquepts* (Tabla 9) con epipedon Ochric y condiciones redox debajo del epipedón.

El perfil P02 fue clasificado como *Calcaric Cambisols (Loamic, Ochric)* debido a la presencia de horizonte *Cambic* con porcentaje de saturación por bases $> 50\%$ en todo el perfil (Eutric) e material *Calcáric*. La clase textural es franco-arcillo-arenosa (*Loamic*) además de presentar horizonte superficial que atiende al calificador *Ochric* cumplir con las características de un Móllic o Umbric ni Húmic. De acuerdo a la Soil Survey Staff (2022), este suelo es clasificado como *Udic Haplustepts*, con epipedon Ochric y horizonte *Cambic*.

El perfil P03 fue clasificado como *Cambic Petrocalcic Chernozems (Clayic)* por presentar horizonte *Chernic*, *Cambic* y *Calcic*, con porcentaje de saturación por bases $> 50\%$ en todo el perfil. Este perfil presenta una clase textural arcillosa con una espesura > 30 cm dentro de ≤ 100 cm de la superficie del suelo mineral, atendiendo al calificador suplementario de *Clayic*. De acuerdo a la Soil Survey Staff (2022), este suelo es clasificado como *Udic Calciustolls*, con epipedon Mollic y horizonte Cállic.

El perfil P04 fue clasificado como *Eutric Pantofluvic Fluvisols (Loamic, Ochric)* originado a partir de materiales *Flúvic*, con saturación por bases $> 50\%$ (Eutric) e materiales *Flúvic* entre los > 50 cm y < 100 cm de la superficie mineral del suelo (*Anofluvic*). La clase

textural en todo el perfil es franco-arcillo-arenoso (*Loamic*) e horizonte superficial que no cumple con las características de un *Móllic* o *Umbric* ni húmico (*Ochric*). De acuerdo a la Soil Survey Staff (2022) este suelo es clasificado como *Typic Ustifluvents*, con epipedón *Ochric* y ausencia de horizonte de diagnóstico subsuperficial.

El perfil P05 clasificado como *Cambic Protocalcic Chernozems (Loamic)* que exhibe horizonte *Chernic* y *Calcic*, con porcentaje de saturación por bases > 50% (Tabla 7) en todo el perfil. Este perfil presenta una textura franco-arcillosa > 30 cm dentro de los 100 cm de la superficie mineral del suelo (Tabla 6), atendiendo al calificador suplementario de *Loamic*. De acuerdo a la Soil Survey Staff (2022), este suelo es clasificado como *Udic Calciustolls*, con epipedon *Mollic* y horizonte *Calcic*.

V. CONCLUSIONES

1. El estudio reveló que tanto el material parental en interacción con el clima y relieve, son los principales factores que controlan la génesis de suelos, originando suelos con características bastantes peculiares, poco meteorizados, con dominio de arcilla de actividad alta ($> 24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$).
2. Los Procesos pedogenéticos de *melanización*, *calcificación*, *agradación* y *degradación*, *erosión* y *gleyzación* fueron identificados. El proceso de *gleyzación* registrado, aparentemente fue más intenso en el pasado, debido a que las condiciones actuales no justifican horizontes de coloración gris en casi todo el perfil.
3. El suelo originado a partir de depósitos coluvio - aluvial, presentaron pH de extremadamente a moderadamente ácido, con niveles altos de Ca^{2+} y Mg^{2+} y Al^{3+} ; mientras que los suelos originados a partir de materiales residuales y depósitos aluviales recientes muestran pH que varía de neutro a fuertemente alcalino, con altos contenidos de Ca^{2+} y Mg^{2+} intercambiables y ausencia de Al^{3+} , con presencia de carbonatos pedogénicos.
4. Los niveles de CO son altos en superficie, brindando horizontes de 35 a 50 cm de espesura, con value de 3 y chroma de 2, producto del efecto recalcitrante influenciado por los altos niveles de calcio, favoreciendo la formación de horizontes desarrollo de estructura de grado fuerte.
5. De acuerdo la clasificación taxonómica de los suelos según la Keys to Soil Taxonomy fueron *Entisols*, *Inceptisols* y *Mollisols*; según la WRB FAO a nivel de categoría los suelos fueron clasificados como *Fluviols*, *Cambisols* y *Chernozems*.

VI. PROPUESTA A FUTURO

1. Continuar con los estudios sobre la clasificación de suelos, debido a la gran cantidad de información detallada sobre sus características edáficas que se puede generar, teniendo en consideración las características geológicas y climáticas que permitirá desarrollar recomendaciones específicas para su uso y manejo sostenible.
2. Permitirá realizar una gestión eficiente de este recurso con la implementación de estrategias de conservación de suelos adaptadas a cada localidad o región permitiendo identificar los cultivos adecuados para cada tipo de suelo que permitan optimizar la productividad agrícola basada en su aptitud agrológica.
3. Con la recopilación de información, y la elaboración de mapas detallados según a su clasificación se torna importante como herramienta de toma de decisiones para las actividades agrícolas, ordenamiento territorial y asuntos ambientales que contribuirá al fortalecimiento sostenible de los sistemas productivos de la región.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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(5), e16038. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16038>.
- Barnhisel, R. I., & Bertsch, P. M. (2018). Chlorites and hydroxy-interlayered vermiculite and smectite. *Minerals in Soil Environments*, 1, 729–788. <https://doi.org/10.2136/sssabookser1.2ed.c15>.
- Barreto, M. S. C., Elzinga, E. J., Ramlogan, M., Rouff, A. A., & Alleoni, L. R. F. (2021). Calcium enhances adsorption and thermal stability of organic compounds on soil minerals. *Chemical Geology*, 559(March 2020), 119804. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2020.119804>.
- Bernini, T. A., Pereira, M. G., Helena, L., Perez, D. V., Fontana, A., Calderano, S. B., & Wadt, G. S. (2013). Quantification of Aluminium in Soil of the. *Revista Brasileira Ciência Do Solo*, 37(1), 1587–1598.
- Bockheim, J. G., & Gennadiyev, A. N. (2000). The role of soil-forming processes in the definition of taxa in Soil Taxonomy and the World Soil Reference Base. *Geoderma*, 95(1–2), 53–72. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(99\)00083-X](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(99)00083-X).
- Bouyoucos, G. J. (1962). Hydrometer Method Improved for Making Particle Size Analyses of Soils 1. *Agronomy Journal*, 54(5), 464–465. <https://doi.org/10.2134/agronj1962.00021962005400050028x>.
- Bronick, C. J., & Lal, R. (2005). Soil structure and management: A review. *Geoderma*, 124(1–2), 3–22. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.03.005>.
- Cunha, G. O. de M., de Almeida, J. A., & Barboza, B. B. (2014). Relação entre o alumínio extraível com KCL e oxalato de amônio e a mineralogia da fração argila, em solos ácidos Brasileiros. *Revista Brasileira de Ciencia Do Solo*, 38(5), 1387–1401. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000500004>.
- Dahlgren, R. A., & Walker, W. J. (1994). Solubility control of kc1 extractable aluminum in soils with variable charge. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 25(11–12), 2201–2214. <https://doi.org/10.1080/00103629409369182>.
- 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>.

- Dou, X., Zhang, C., Zhang, J., Ma, D., Chen, L., Zhou, G., Duan, Y., Tao, L., & Chen, J. (2024). Relationship between calcium forms and organic carbon content in aggregates of calcareous soils in northern China. *Soil and Tillage Research*, 244(May), 106210. <https://doi.org/10.1016/j.still.2024.106210>.
- Dou, X., Zhang, J., Zhang, C., Ma, D., Chen, L., Zhou, G., Li, J., & Duan, Y. (2023). Calcium carbonate regulates soil organic carbon accumulation by mediating microbial communities in northern China. *Catena*, 231(June), 107327. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107327>.
- Essington, M.E. (2015). *Soil and Water Chemistry: An Integrative Approach*. 2nd Edition, CRC Press, Boca Raton
- Estrada, J.A. (1971). Mineralogical and Chemical Properties of Peruvian Acid Tropical Soils. Unpublished PhD theses, Department of Soil Science. University of California, Riverside.
- FAO - UNESCO (1974). *Soil Map of the World 1:5 000 000. Vol. I. Legend*. UNESCO, París.
- FAO - UNESCO (1990). *Soil Map of the World. Revised Legend*. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome.
- 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/>
- Georgiadis, A., Dietel, J., Dohrmann, R., & Rennert, T. (2020). Review Article. What are the nature and formation conditions of hydroxy-interlayered minerals (HIMs) in soil? *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 183(1), 12–26. <https://doi.org/10.1002/jpln.201900283>.
- Hanauer, T., Grzelachowski, T., Vashev, B., Böhm, L., Heyde, B. J., Kalandadze, B., Urushadze, T., & Felix-Henningsen, P. (2023). Soil distribution and soil properties in the subalpine region of Kazbegi, Greater Caucasus, Georgia: Physicochemical properties, distribution and genesis. *Geoderma Regional*, 35(October). <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2023.e00734>.
- INRENA (1996). *Mapa Ecológico del Perú – Guía Explicativa*. Ministerio de Agricultura. Lima - Perú.
- ISSS – ISRIC-FAO (1998). *World Reference Base for Soil Resources*: 1st edition. FAO, Rome

- IUSS Working Group WRB (2006). World reference base for soil resources 2006. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome
- IUUS Working Group WRB (2015). World Reference base for Soil Resources 2014, update 2015 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources reports No. 106. FAO, Rome
- IUSS 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 Science (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(April), e00719. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2023.e00719>.
- 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 Ciencia do Solo.
- Kleber, M., Eusterhues, K., Keiluweit, M., Mikutta, C., Mikutta, R., & Nico, P. S. (2015). Mineral-Organic Associations: Formation, Properties, and Relevance in Soil Environments. In *Advances in Agronomy* (Vol. 130). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2014.10.005>.
- Labaz, B., Hartemink, A. E., Zhang, Y., Stevenson, A., & Kabała, C. (2024). Organic carbon in Mollisols of the world – A review. *Geoderma*, 447(May). <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2024.116937>.
- Lama, I.D.A., Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer, C., Ferreira do Amaral, E., Lopes, D. do V., Rocha Francelino, M., & Osório Senra, E. (2024). Soil-Landform interplays from the Highlands of the Eastern Andes Cordillera to the lowlands of the Peruvian Amazon. *Catena*, 244(January 2023). <https://doi.org/10.1016/j.catena.2024.108248>
- Maranhão, D. D. C., Pereira, M. G., Collier, L. S., Anjos, L. H. C. dos, Azevedo, A. C., & Cavassani, R. de S. (2020). Pedogenesis in a karst environment in the Cerrado biome, northern Brazil. *Geoderma*, 365(July 2019), 114169. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.114169>.
- Molla, E., Getnet, K., & Mekonnen, M. (2022). Land use change and its effect on selected soil properties in the northwest highlands of Ethiopia. *Heliyon*, 8(8), e10157. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10157>.

- Muñoz, L.M.J. (2025). Caracterización y clasificación de suelos en la provincia de Leoncio Prado. [Tesis para optar el título de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua]. Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María, Huanuco. <https://hdl.handle.net/20.500.14292/3053>
- ONERN, 1976. Inventario y evaluación de los Recursos Naturales de la zona Cenepa - Alto Marañon. Departamento de Amazonas. Lima Perú.
- ONERN (1982). Estudio semidetallado de suelos de la zona del río Manítí (Iquitos). Departamento de Loreto. Lima - Perú
- ONERN (1983). Estudio detallado de suelos sectores: Lamas, Alto sisa, Buenos Aires, pajarillo y proyecto de irrigación Pasarraya. Departamento de San Martín. Lima-Perú.
- ONERN (1984). Inventario y evaluación de los recursos naturales de la microregión Pastaza - Tigre. Departamento de Loreto (Reconocimiento). Lima Perú.
- ONERN (1984). Estudio semidetallado de suelos sector: Pueblo Libre – Jepelacio – Betania. Departamento de San Martín. Lima Perú.
- ONERN (1986). Estudio de suelos y adaptabilidad (Semidetallado). Zona Pucallpa. Departamento Ucayali. Lima Perú.
- ONERN (1988). Inventario y evaluación de los recursos naturales de la zona Inuya – Bolognesi. Departamento de Ucayali (Reconocimiento). Departamento Ucayali. Lima Perú.
- ONERN, 1991. Estudio detallado de suelos y reconocimiento de cobertura y uso de la tierra (Iquitos). Departamento de Loreto. Lima Perú.
- Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe, F. S., & Dean, L. A. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. Circular, Vol 939 (p. 19). Washington, DC: US Department of Agriculture.
- 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).
- Palacios, O.M., Molina, O.G., Galloso, C.A., Reyba, C.L. (1996). Geología de los cuadrángulos de Puerto Luz, Colorado, Laberinto, Puerto Maldonado, Quincemil, Masuco, Astillero y Tambopata. Boletín No 81. Instituto Geológico Minero y Metalurgico - INGEMMET. Lima, Perú
- Pinheiro Junior, C. R., Pereira, M. G., Azevedo, A. C. de, Van Huyssteen, C., Anjos, L. H.

- C. dos, Fontana, A., Silva Neto, E. C. da, Vieira, J. N., & Santos, T. G. (2021). Genesis and classification of carbonate soils in the State of Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 108(November 2020). <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103183>.
- Pinheiro Junior, C. R., Tavares, T. R., Oliveira, F. S. de, Santos, O. A. Q. dos, Demattê, J. A. M., García, A. C., Anjos, L. H. C. dos, & Pereira, M. G. (2022). Black soils in the Araripe basin, Northeast Brazil: Organic and inorganic carbon accumulation in a Chernozem-Kastanozem-Phaeozem sequence. *Journal of South American Earth Sciences*, 116(March). <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2022.103789>.
- Portes, R. de C., Spinola, D. N., Reis, J. S., Ker, J. C., Costa, L. M. da, Fernandes Filho, E. I., Kühn, P., & Schaefer, C. E. G. R. (2016). Pedogenesis across a climatic gradient in tropical high mountains, Cordillera Blanca — Peruvian Andes. *Catena*, 147, 441–452. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.07.027>
- Rowley, M. C., Grand, S., & Verrecchia, É. P. (2018). Calcium-mediated stabilisation of soil organic carbon. *Biogeochemistry*, 137(1–2), 27–49. <https://doi.org/10.1007/s10533-017-0410-1>
- Rowley, M. C., Nico, P. S., Bone, S. E., Marcus, M. A., Pegoraro, E. F., Castanha, C., Kang, K., Bhattacharyya, A., Torn, M. S., & Peña, J. (2023). Association between soil organic carbon and calcium in acidic grassland soils from Point Reyes National Seashore, CA. *Biogeochemistry*, 165(1), 91–111. <https://doi.org/10.1007/s10533-023-01059-2>
- Sanchez, P. A., & Buol, S. W. (1974). Properties of Some Soils of the Upper Amazon Basin of Peru. *Soil Science Society of America Journal*, 38(1), 117–121. <https://doi.org/10.2136/sssaj1974.03615995003800010036x>
- Sanchez, F.A. & Herrera, T.I (1998). Geología de los cuadrángulos de Moyobamba, Saposoa y Juanjui. Hojas: 13-j, 14-j y 15-j. 1:100 000. Lima, Perú: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico - INGEMMET.
- Sanchez, J.L. (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización de 21 cuadrángulos del Llano Amazónico. 25-r, 25-s, 25-t, 25-u, 25-v, 25-x, 25-y, 25-z, 26-t, 26-u, 26-v, 26-x, 26-y, 26-z, 27-v, 27-x, 27-y, 27-z, 28-y, 28-x - 1:100 000. Lima, Perú: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico - INGEMMET.
- Shabtai, I. A., Wilhelm, R. C., Schweizer, S. A., Höschen, C., Buckley, D. H., & Lehmann, J. (2023). Calcium promotes persistent soil organic matter by altering microbial

- transformation of plant litter. *Nature Communications*, 14(1).
<https://doi.org/10.1038/s41467-023-42291-6>
- Soil Survey Staff. (1960). Soil Classification - A comprehensive System, 7th Approximation. USDA., Soil Conservation Service, Washington, DC.
- Soil Survey Staff (1967). Supplement to Soil Classification System (7th Approximation). USDA. Soil Conservation Service, DC.
- 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. (1983). Keys to soil taxonomy. Soil Conservacion Services. USDA. Cornell University Ithaca. New York.
- Soil Survey Staff (1987). Keys to soil taxonomy (third printing). SMSS technical monograph no 6. Ithaca. New York.
- Soil Survey Staff (1990). Keys to Soil Taxonomy, fourth edition. SMSS technical monograph no.6 Blacksburg, Virginia.
- Soil Survey Staff. 1992. keys to Sol Taxonomy, Sixth edition, 1994.
- Soil Survey Staff. 1998. Keys to Soil Taxonomy, 8th edition, USDA, Natural Resources Conservation Service
- 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. 13th edition. USDA Natural Resources Conservation Service.
- Sposito, G. (2008). The Chemistry of Soils. 2nd Edition, Oxford University Press, New York
- Stoops, G., & Mees, F. (1991). Mineralogical study of salt efflorescences on soils of the Jequetepeque Valley, northern Peru. *Geoderma*, 49(90), 255–272.
- Szymański, W., Drewnik, M., Stolarczyk, M., Musielok, Ł., Gus-Stolarczyk, M., & Skiba, M. (2022). Occurrence and stability of organic intercalation in clay minerals from permafrost-affected soils in the High Arctic – A case study from Spitsbergen (Svalbard). *Geoderma*, 408. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115591>
- Tyler, E. J., Buol, S. W., & Sanchez, P. A. (1978). Genetic Association of Properties of Soils of an Area in the Upper Amazon Basin of Peru. *Soil Science Society of America*

<https://doi.org/10.2136/sssaj1978.03615995004200050025x>

- Vonhof, H.B., Kannendorp, R.J.G. (2010). Climate variation in amazonia during the Neogene and the quaternary. *Amazonia, Landscape and Species Evolution: A Look into the Past*.
- Viveen, W., Baby, P., Sanjurjo-Sanchez, J., & Hurtado-Enríquez, C. (2020). Fluvial terraces as quantitative markers of late Quaternary detachment folding and creeping thrust faulting in the Peruvian Huallaga basin. *Geomorphology*, 367, 107315. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2020.107315>
- Viveen, W., Sanjurjo-Sanchez, J., Baby, P., & del Rosario González-Moradas, M. (2021). An assessment of competing factors for fluvial incision: An example of the late Quaternary exorheic Moyobamba basin, Peruvian Subandes. *Global and Planetary Change*, 200(March). <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2021.103476>
- 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. In *Soil Science* (Vol. 37, Issue 1, pp. 29–38). <https://doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003>
- Wilcox, B. P., Allen, B. L., & Bryant, F. C. (1988). Description and classification of soils of the high-elevation grasslands of central Peru. *Geoderma*, 42(1), 79–94. [https://doi.org/10.1016/0016-7061\(88\)90024-9](https://doi.org/10.1016/0016-7061(88)90024-9)
- 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. *Applied Clay Science*, 74, 20–27. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2012.09.017>
- Zamora, C.J. (1972). Breve descripción de las unidades de suelos para el mapa de suelos del Perú (Atlas Histórico Geográfico y de Paisajes Peruanos). ONERN. Lima - Perú.
- Zepner, L., Karrasch, P., Wiemann, F., & Bernard, L. (2020). ClimateCharts.net - na interactive climate analysis web platform. *International journal of Digital Earth*, 14(3), 338 - 356. <https://doi.org/10.1080/17538947.2020.1829112>
- Zhang, X. C., & Norton, L. D. (2002). Effect of exchangeable Mg on saturated hydraulic

conductivity, disaggregation and clay dispersion of disturbed soils. *Journal of Hydrology*, 260(1–4), 194–205. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(01\)00612-6](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(01)00612-6)

VIII. ANEXOS

Panel Fotográfico y fichas técnicas

Diagrama triangular de classificação dos solos brasileiro (Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SBCS) baseado na textura (areia, silte e argila). O diagrama mostra as fronteiras entre as classes de solos como Arenosidade, Argilidade, etc., e indica a posição de solos específicos como PSC, DSC, etc.

Otras observaciones:

✓ H₂ 3: $\frac{414}{1024} \frac{61}{251} \frac{68}{1095/8}$ { $\frac{42}{414} \frac{61}{1095/8} \frac{80}{201}$ }
 H₂ 4: $\frac{414}{1095/8} \frac{61}{201}$ { $\frac{42}{414} \frac{61}{1095/8} \frac{80}{201}$ }
 H₂ 2: $\frac{548}{548} \frac{46}{51} \frac{50}{501} \frac{46}{501}$ { $\frac{50}{501} \frac{46}{501}$ }

Figura 6. Ficha de caracterización del perfil P01.

Perfil 01		
Zona	Chambira	
Clasificación Taxonómica	Soil Taxonomy: Typic Epiquepts WRB: Orthodystric Gleyic Stagnosols (Colluvic, Clayic, Ochric)	
Fisiografía	Cono aluvial	
Clima	cálido - húmedo	
Zona de vida	bosque húmedo tropical	
Material parental	Depósitos coluvio-aluvial	
Vegetación	Cultivos agrícolas	
Horizonte	Prof (cm)	Descripción
Ap	0 - 15/25	Franco Arcilloso; pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en húmedo; bloque subangular pequeño a media, moderado, friable; moderadamente ácido (pH 5.69); contenido medio en carbono orgánico (1.71 %); raíces muy finas y finas, muchas; gravas subangulares de arenisca en un 2%. Límite de horizontes gradual y suave al,
Bg	15/25 - 55/62	Franco Arcilloso; rojo amarillento (5YR 4/6) y gris (5YR 5/1), en un 50% cada uno, en húmedo; bloque subangular media a grande, débil, firme; fuertemente ácido (pH 5.42); contenido bajo en carbono orgánico (0.34%); raíces finas, comunes. Límite de horizonte gradual y suave al,
2Bg	50/62 - 68/80	Arcilloso; gris verduzo (Gley 1 10Y 6/1) en un 60%, rojo (10R 4/6) en un 25% y pardo amarillento (10YR 5/8) en un 15%, en húmedo; bloque subangular, grande, débil, firme; muy fuertemente ácido (pH 4.74), contenido bajo en carbono orgánico (0.09 %); raíces finas, pocas. Límite de horizonte claro y ondulado al,
3Cg2	68/80 - 95/108	Arcilloso; pardo amarillento (10YR 5/8) en un 80% y gris verduzo (10Y 6/1) en un 20%, en húmedo, sin estructura (masivo), muy firme; fuertemente ácido (pH 4.65), contenido bajo en carbono orgánico (0.06%); raíces muy finas a finas, escasas. Límite de horizonte claro y ondulado al,
4Cg3	95/108 - 140	Arcilloso; gris verduzo (10Y 6/1) en un 80% y pardo amarillento (10YR 5/8) en un 20%, en húmedo; masivo, muy firme, extremadamente ácido (pH 4.32); contenido bajo en carbono orgánico (0.04%); raíces muy finas, escasas.

Tabla 10. Descripción del perfil P01.

Thesis 2nd in B.

1. Perfil N°: <u>102</u>	2. Litología / Material de origen: <u>Residual</u>
4. Coordenadas: <u>7°12'25.64" S; 76°48'51.54" W</u> <u>627 m</u>	5. Cifografía: <u>Ciudad ecotonal de poca contaminación</u>
6. Vegetación: <u>Bosque</u>	7. Uso Actual: <u>Bosque secundario</u>
8. Profundidad de la napa freática: <u>—</u>	9. Fecha de Descripción: <u>05/03/2022</u>
10. Localización: <u>Jenepai</u>	11. Descripción por: <u>Andrés Juan C. Estévez Bruna</u>
	12. Clasificación: <u>Cambisols / Inceptisols</u>

II. HORIZONTES DEL SUELO

Símbolo	A	AB	Bw	C ₁	C ₂				
Prof.	0-10	10-30	30-50	50-80	80-110				

II.1. TRANSICIÓN ENTRE HORIZONTES

A. NITIDEZ O CONTRASTE						B. TOPOGRAFIA DE LA LINEA DE SEPARACIÓN					
ABRUPTO						SUAVE	✓	✓	✓	✓	
CLARO				✓	✓	ONDULADO					
GRADUAL	✓	✓				IRREGULAR					
DIFUSO						DISCONTINUO					

IV. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

1.1. MOTEADURAS	B. TAMAÑO	C. CONTRASTE
A. CANTIDAD	PEQUEÑO (8-10mm)	DEFINITO
POCO (<1%)		
COMUN (2-30%)	MEDIO (8-15mm)	DIFFUSO
ABUNDANTE (>25%)	GRANDE (>15mm)	PROGRESIVEMENTE

2. TEXTURA	21. FRACCIONES GROSERAS	21.1. GRADODE ARREDONDAMIENTO
1.1.1. BELY ANOLOGA	A. GRAVILLAS (0 a hasta 7.5cm)	ANGULAR
ARILLA	B. L.O. GRAVADOS (0 - 15%)	SUBANGULAR
ARILLITO ARENOSO	GRAVADO (>5.0 %)	SUBARENDEDONADA
ARILLITO LIMOSO	MUY GRAVADOS (20-90%)	ARENDEDONADA
FRANCO ARILLITO LOBO	B. GUJARROS (0.75 a 25cm)	BIENARENDEDONADA
FRANCO ARILLITO LIMOSO		
FRANCO ARILLITO ARENOSO	C. PEDREGOSOS (0 - 25 cm)	
FRANCO		
FRANCO LIMOSO		
FRANCO ARENOSO		
LIMO		
ARENA FRANCA		
ARENA		

3. ESTRUCTURA

[illegible]

4. POROSIDAD

4.1. TAMANO		4.2. CATEGORIA	
MUY PEQUEÑOS (Ø<1mm)	☒	POCOS	☒
PEQUEÑO (Ø1-2 mm)	☐	COMUNES	☐
MEDIOS (Ø 2-5 mm)	☐		☐
GRANDES (Ø 5-10 mm)	☐		☐
MUYTO GRANDES (Ø >10 mm)	☐		☐

5. CONSISTENCIA

#1. SUELO SECO					#2. SUELO HUMEDO				
SUELO					SUELO				
SUAVE					MUY FRÍABLE				
LIGERAMENTE DURO					FRÍABLE				
DURO					FIRME				
MUY DURO					MUY FIRME				
EXTREMAMENTE DURO					EXTREMAMENTE FIRME				

5.3. SOLO MOJADO A PLASTICIDAD

[illegible]

8. NÓDULOS Y CONCRECIONES MINERALES

1.1. CANTIDAD MUY POCO (<10%) POCO (5-15%) FRECUENTE (15-40%) DOMINANTE (>40%)	1.2. FORMA ESFERICA IRREGULAR ANGULAR	1.3. TAMAÑO Y DUREZA PEQUEÑO (<1mm) GRANDE (>1cm) SUAVE DURO
1.4. CONTENIDO DE CARBONATOS (HCl 10%) LIGERA FUERTE VIOLENTA E. COLOR	1.5. CONTENIDO DE MANGANESES (H₂O₂) LIGERA FUERTE VIOLENTA E.7. NATURALIEZA	

V. RAÍZES

A. CANTIDAD		B. DIAMETRO	
ABUNDANTES		MUY FINAS (<5mm)	X
MUCHAS	X	FINAS (1-25mm)	X
COMUNES	X	VEDIAS (2 -<5mm)	X
POCAS	X	GRUESA (5 <10mm)	X
ESCASAS	X	MUY GRUESA (>10)	X

VI. FACTORES BIOLÓGICOS

h2 1, evidência de Poros

Otras observaciones:

$k_2 = 4$ 40% Pedregueridad
 $k_2 = 5$ 50% De Hn 10%
 $k_2 = 3$ 30% Pedregueridad

Figura 7. Ficha de caracterización del perfil P02

Perfil 02		
Zona	Chambira	
Clasificación Taxonómica	Soil Taxonomy: Typic Haplustepts WRB: Calcaric Cambisols (Loamic, Ochric)	
Fisiografía	Colina estructural de roca sedimentaria	
Clima	Cálido - húmedo	
Zona de vida	bosque húmedo tropical	
Material parental	Residual	
Vegetación	Bosque secundario	
Horizonte	Prof (cm)	Descripción
Ap	0 - 10	Franco Arcillo Arenoso; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo, granular a bloque subangular, pequeño a medio, fuerte; neutro (pH 7.08); alto en carbono orgánico (3.77 %); raíces muy finas a medias, muchas. Límite de horizonte gradual y suave al,
AB	10 - 30	Franco Arcillo Arenoso; pardo (10YR 4/3) en húmedo; bloque subangular medio, moderado, friable a firme; neutro (pH 7.00), medio en carbono orgánico (2.04 %); raíces finas y medias, comunes; gravas subangulares en un 2%. Límite de horizonte gradual y suave al,
Bw	30 - 50	Franco Arcillo Arenoso, pardo olivo claro (2.5Y 5/3) en un 75% y amarillo parduzco (10YR 6/8) en un 25%, en húmedo; bloque subangular y angular, pequeño a medio, moderado; friable a firme; neutro (pH 7.05); presencia de carbonatos con reacción fuerte al HCl al 10%; medio en carbono orgánico (1.28 %); raíces muy finas, pocas; gravas subangulares y arredondadas en un 30% Límite de horizonte claro y suave al,
C1	50 - 80	Franco Arcillo Arenoso; pardo grisáceo (2.5Y 5/2) en un 75% y amarillo parduzco (10YR 6/8) en un 25% en húmedo, masivo, friable; moderadamente alcalino (pH 8.46); presencia de carbonatos con reacción violenta al 10%; bajo en carbono orgánico (0.23%); raíces muy finas y medias, escasas; gravas subangulares y arredondadas en un 40%. Límite de horizonte claro y suave al,
C2	80-110	Franco Arcillo Arenoso; pardo amarillento (10YR 5/8) en húmedo; masivo, firme a muy firme; fuertemente alcalino (pH 8.69); presencia de carbonatos con reacción violenta al 10%; bajo en carbono orgánico (0.34%); raíces muy finas, escasas; con presencia de óxidos de manganeso en un 10%.

Tabla 11. Descripción del perfil P02.

I. CARACTERÍSTICAS GENERALES

1. Perfil N°: P03

2. Litología / Material de origen: Residual

4. Coordenadas: 7°12'40.65" ; 76°44'51.22" 395 m

5. Fisiografía: Cofina sistema de roca sedimentaria

6. Vegetación: Café / Agrícola

7. Uso Actual: Cacao, plátano

8. Profundidad de la napa freática: —

9. Fecha de Descripción: 05/03/2022

10. Localización: San José

11. Descripción: Residual de Cacao en forma de napa

12. Clasificación: Chomazum / Holist

II. HORIZONTES DEL SUELO

Símbolo: Ap 2A 2B 2C

Prof.: 0-20 20-50 50-85 85-110

Humus: 512 3/5 512 3/5 512 3/5 512 3/5

II.1. TRANSICIÓN ENTRE HORIZONTES

A. NITIDEZ O CONTRASTE

ABRUPTO X CLARO X GRADUAL X DIFUSO X

B. TOPOGRAFÍA DE LA LÍNEA DE SEPARACIÓN

SUAVE X ONDULADO X IRREGULAR X DISCONTINUO X

III. OTRAS CARACTERÍSTICAS GENERALES

1. PEDREGOSIDAD

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

2. ROCOSIDAD

NO ROCOSA X LIGERAMENTE ROCOSA X MODERADAMENTE ROCOSA X ROCOSA X MUY ROCOSA X EXTREMAMENTE ROCOSA X

3. RELIEVE Y DECLIVIDAD

PLANO (< 3%) X SUAVE ONDULADO (3-9%) X ONDULADO (9-20%) X FUERTEMENTE ONDULADO (20-49%) X MONTAÑOSO (49-79%) X ESCARPADO (> 79%) X

4. DRENAGE

EXCESIVO X ALGO EXCESIVO X BUENO X MODERADO X IMPERFECTO X POBRE X MUY POBRE X

5. EROSIÓN

NO APARENTE X LIGERA X MODERADA X FUERTE X MUY FUERTE X EXTREMAMENTE FUERTE X

Observaciones: P03 45% P-2-50
Backstop

IV. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

1.1. MOTEADURAS

A. CANTIDAD

POCO (< 25%) X COMUN (25-50%) X ABUNDANTE (> 50%) X

B. TAMAÑO

PEQUEÑO (< 1mm) X MEDIO (1-10mm) X GRANDE (> 10mm) X

C. CONTRASTE

DIFUSO X PROEMINENTE X

2. TEXTURA

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

21. FRACCIONES GROSERAS

A. GRAVILLAS (2-7.5mm) X LIG. GRAVOSO (2-15%) X GRAVOSO (15-30%) X MUY GRAVOSO (30-60%) X B. QUIJARROS (2-7.5-25cm) X C. PEDREGOS (2-25cm) X

2.1.1. GRADODE ARREDONDAMIENTO

ANGULAR X SUBANGULAR X SUBARREDONDADA X ARREDONDADA X BIENARREDONDADA X

Seco 512 3/5 2 3 512 3/5 Nódulos de Carbonatos

3. ESTRUCTURA

3.1. TIPO

LAMINAR X PRISMÁTICA X COLUMNAR X BLOQUES ANGULARES X BLOQUES SUBANGULARES X GRANULAR X MIGAJOSA X

3.2. TAMAÑO

MUY PEQUEÑA X PEQUEÑA X MEDIA X GRANDE X MUY GRANDE X

3.3. GRADO

GRAN SIMPLE X MASIVO X DÉBIL X MODERADA X FUERTE X

4. POROSIDAD

4.1. TAMAÑO

MUY PEQUEÑOS (< 1mm) X PEQUEÑO (1-2 mm) X MEDIOS (2-4 mm) X GRANDES (4-10 mm) X MUY GRANDES (> 10 mm) X

4.2. CANTIDAD

POCOS X COMUNES X

5. CONSISTENCIA

5.1. SUELO SECO

SUELTO X SUAVE X LIGERAMENTE DURO X DURO X MUY DURO X EXTREMAMENTE DURO X

5.2. SUELO HÚMEDO

SUELTO X MUY FRÍABLE X FRÍABLE X FIRME X MUY FIRME X EXTREMAMENTE FIRME X

6. PELÍCULAS DE ARCILLA

DÉBIL X MODERADA X FUERTE X

POCO X COMUN X ABUNDANTE X

7. CEMENTACIÓN

DÉBILMENTE CEMENTADO X FUERTEMENTE CEMENTADO X EXTREMAMENTE CEMENTADO X

8. NÚDULOS Y CONCRECIONES MINERALES

8.1. CANTIDAD

MUY POCO (< 5%) X POCO (5-15%) X FRECUENTE (15-40%) X DOMINANTE (> 40%) X

8.2. FORMA

ESFÉRICA X IRREGULAR X ANGULAR X

8.3. TAMAÑO Y DUREZA

PEQUEÑO (< 1cm) X GRANDE (> 1cm) X SUAVE X DURO X

9. CONTENIDO DE CARBONATOS (HCl 10%)

LIGERA X FUERTE X VIOLenta X

10. CONTENIDO DE MANGANESO (H₂O₂)

LIGERA X FUERTE X VIOLenta X

11. COLOR

12. NATURALEZA

V. RAÍZES

A. CANTIDAD

ABUNDANTES X COMUNES X POCAS X ESCASAS X

B. DIÁMETRO

MUY FINAS (< 1mm) X FINAS (1-2mm) X MEDIAS (2-5mm) X GRUESAS (5-10mm) X MUY GRUESAS (> 10) X

VI. FACTORES BIOLÓGICOS

h₂ 1. Evidencia de cambios producidos por la actividad biológica

h₂ 2. Presencia de nódulos de carbonatos

Figura 8. Ficha de caracterización del perfil P03.

Perfil 03		
Zona	Juanjuicillo Parte Alta	
Clasificación Taxonómica	Soil Taxonomy: Typic Calciustolls WRB: Cambic Calcic Chernozems (Clayic)	
Fisiografía	Colina disectadas de roca sedimentaria	
Clima	cálido - húmedo	
Zona de vida	bosque húmedo tropical	
Material parental	Residual	
Vegetación	Cultivos agrícolas	
Horizonte	Prof (cm)	Descripción
Ap	0 – 20	Arcilla, 5YR 3/2 en húmedo, bloque subangular, masivo, fuerte, friable, reacción moderadamente alcalino pH (8.19); presencia de carbonatos con reacción fuerte al HCl al 10%; alto en carbono orgánico (3.82 %); raíces muy finas, finas y gruesas, muchas. Límite de horizonte gradual y suave al,
BA	20 - 50	Arcilla, 5YR 3/3 en húmedo, moderado, muy grande, bloque subangular, friable, de reacción moderadamente alcalino pH (8.48); presencia de carbonatos con reacción fuerte al HCl al 10%; bajo en carbono orgánico (1.36 %); raíces finas y medias, comunes. Límite de horizonte gradual y suave al,
Bw	50 – 85	Arcilloso, 5YR 3/3 en húmedo, bloques subangulares, débil, friable a firme, de reacción moderadamente alcalino (pH 8.43); presencia de carbonatos con reacción violenta al HCl al 10%; bajo en carbono orgánico (0.99 %); raíces muy finas, pocas. Límite de horizonte claro y suave al,
Ck	85 – 110	Franco Arcillo arenoso, 5YR 3/3 en húmedo, ausencia de estructura, masivo, friable, de reacción fuertemente alcalino (pH 8.55); presencia de carbonatos con reacción violenta al HCl al 10%; bajo en carbono orgánico (0.88%); raíces muy finas, escasas.

Tabla 12. Descripción del perfil P03.

Tesis Evelyn B.

I. CARACTERÍSTICAS GENERALES

1. Perfil N°: P04	2. Litología / Material de origen: Transitorio
4. Coordenadas: 7°13'55.1" ; 76°43'12.79" 277m	5. Fisiografía: Planicie floral
6. Vegetación: Cultivos Agrícolas	7. Uso Actual: Cano
8. Profundidad de la napa freática	9. Fecha de Descripción: 05/03/2022
10. Localización: San Juan de los Rios	11. Descripción: Lab. Lario / Evelyn B. rono
	12. Clasificación: Fluvial / Fluvial

II. HORIZONTES DEL SUELO

Símbolo	Ap	C	2C	2Cs	2Ab	3Cb
Prof.	0-15	15-30	30-50	50-80	80-100	100-140
Número	10923/2	254 3/2	10923/3	10924/3	25923/2	25923/3

II.1. TRANSICIÓN ENTRE HORIZONTES

A. NITIDEZ O CONTRASTE

ABRUPTO						
CLARO	X	X	X	X		
GRADUAL						
DIFUSO						

B. TOPOGRAFÍA DE LA LÍNEA DE SEPARACIÓN

SUAVE	X	X	X	X	X	
ONDULADO						
IRREGULAR						
DISCONTINUO						

III. OTRAS CARACTERÍSTICAS GENERALES

1. PEDREGOSIDAD	2. ROCOSIDAD	3. RELIEVE Y DECLIVIDAD
NO PEDREGOSA	NO ROCOSA	PLANO (< 5%)
LIGERAMENTE PEDREGOSA	LIGERAMENTE ROCOSA	SUAVE ONDULADO (3-8%)
MODERADAMENTE PEDREGOSA	MODERADAMENTE ROCOSA	ONDULADO (8-28%)
PEDREGOSA	ROCOSA	FUERTEMENTE ONDULADO (28-45%)
MUY PEDREGOSA	MUY ROCOSA	MONTEAÑO (45-75%)
EXTREMAMENTE PEDREGOSA	EXTREMAMENTE ROCOSA	ESCARPADO (>75%)

4. DRENAGE

EXCESIVO		
ALGO EXCESIVO	X	
BUENO		
MODERADO		
IMPERFECTO		
POBRE		
MUY POBRE		

5. EROSIÓN

NO APARENTE	X
LIGERA	
MODERADA	
FUERTE	
MUY FUERTE	
EXTREMAMENTE FUERTE	

Observaciones: **Deposito floral / Poy / Tercer pte.**

IV. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

1.1. MOTEADURAS

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

2. TEXTURA

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

21. FRACCIONES GROSERAS

A. GRAVILLAS (Ø HASTA 7.5cm)
U.G. GRAVILLOSO (< 15%)
GRAVILLOSO (15-50 %)
MUY GRAVILLOSO (50-90%)

B. GUJARROS (Ø 7.5-25cm)

C. PEDREGOSO (Ø > 25 cm)

2.1.1. GRADODE ARREDONDAMIENTO

ANGULAR	
SUBANGULAR	
SUBARREDONDATA	
ARREDONDATA	
BIENARREDONDATA	

3. ESTRUCTURA

3.1. TIPO

LAMINAR	
PRISMÁTICA	
COLUMNAR	
BLOQUES ANGULARES	
BLOQUES SUBANGULARES	
GRANULAR	
MIGAJOSA	

3.2. TAMAÑO

MUY PEQUEÑA	
PEQUEÑA	
MEDIA	
GRANDE	
MUY GRANDE	

3.3. GRADO

GRANO SIMPLE	
MASIVO	
DEBIL	
MODERADA	
FUERTE	

4. POROSIDAD

4.1. TAMAÑO

MUY PEQUEÑOS (Ø < 1mm)	
PEQUEÑO (Ø 1-2 mm)	
MEDIOS (Ø 2-5 mm)	
GRANDES (Ø 5-10 mm)	
MUY GRANDES (Ø > 10 mm)	

4.2. CANTIDAD

POCOS	
COMUNES	

5. CONSISTENCIA

5.1. SUELO SECO

SUELTO	
SUAVE	
LIGERAMENTE DURO	
DURO	
MUY DURO	
EXTREMAMENTE DURO	

5.2. SUELO HUMEDO

SUELTO	
MUY FRIABLE	
FRIABLE	
FIRME	
MUY FIRME	
EXTREMAMENTE FIRME	

5.3. SOLO MOJADO

A. PLASTICIDAD

NO PLÁSTICO	
LIGERAMENTE PLÁSTICO	
PLÁSTICO	
MUY PLÁSTICO	

B. PEGAJOSIDAD

NO PEGAJOSO	
LIGERAMENTE PEGAJOSO	
PEGAJOSO	
MUY PEGAJOSO	

6. PELÍCULAS DE ARCILLA

DEBIL	
MODERADA	
FUERTE	

7. CEMENTACIÓN

DEBILMENTE CEMENTADO	
FUERTEMENTE CEMENTADO	
EXTREMAMENTE CEMENTADO	

8. NÚDULOS Y CONCRECIONES MINERALES

8.1. CANTIDAD

MUY POCO (<5%)	
POCO (5-15%)	
FRECUENTE (15-40%)	
DOMINANTE (>40%)	

8.2. FORMA

ESFÉRICA	
IRREGULAR	
ANGULAR	

8.3. TAMAÑO Y DUREZA

PEQUEÑO (<1cm)	
GRANDE (>1cm)	
SUAVE	
DURO	

8.4. CONTENIDO DE CARBONATOS (HCl 10%)

LIGERA	
FUERTE	
VIOLENTA	

8.5. CONTENIDO DE MANGANESES (HCl)

LIGERA	
FUERTE	
VIOLENTA	

8.6. COLOR

--	--

8.7. NATURALEZA

--	--

V. RAÍZES

A. CANTIDAD

ABUNDANTES	
MUCHAS	
MODERAS	
POCAS	
ESCASAS	

B. DIÁMETRO

MUY FINAS (<1mm)	
FINAS (1-2mm)	
MEDIAS (2-5mm)	
GRUESAS (5-10mm)	
MUY GRUESAS (>10)	

VI. FACTORES BIOLÓGICOS

Otras observaciones:

Figura 9. Ficha de caracterización del perfil P04.

Perfil 04		
Zona	San Jose de Juñao	
Clasificación Taxonómica	Soil Taxonomy: Typic Ustifluvents WRB: Calcaric Pantofluvic Fluvisols (Loamic, Ochric)	
Fisiografía	Planicie fluvial	
Clima	cálido - húmedo	
Zona de vida	bosque húmedo tropical	
Material parental	Depósitos fluviales	
Vegetación	Cultivos agrícolas	
Horizonte	Prof (cm)	Descripción
Ap	0 - 15	Franco arcillo Arenoso; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; bloque subangular pequeño a medio, moderada a débil, friable; ligeramente alcalino (pH 7.40), contenido medio en carbono orgánico (1.41 %); raíces muy finas a finas, pocas. Límite de horizonte claro y suave al,
C	15 - 30	Franco arcillo Arenoso; pardo grisáceo muy oscuro (2.5Y 3/2) en húmedo; bloque subangular pequeño a medio, débil, friable; neutro (pH 7.21); contenido bajo en carbono orgánico (0.70 %); raíces muy finas, escasas. Límite de horizonte claro y suave al,
2C2	30 - 50	Franco arcillo Arenoso; pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo, sin estructura (grano simple) suelto; neutro (pH 6.74); contenido bajo en carbono orgánico (0.15%); raíces muy finas, escasas. Límite de horizonte claro y suave al,
2C3	50 - 80	Franco arcillo Arenoso; pardo pálido (10YR 6/3) en húmedo, bloque subangular pequeña a media, débil, friable; fuertemente alcalino (pH 8.51); presencia de carbonatos con reacción ligera al HCl al 10%; contenido bajo en carbono orgánico (0.27 %); raíces muy finas, escasas. Límite de horizonte claro y suave al,
3Ab	80 - 100	Franco arcillo Arenoso; pardo oscuro (7.5YR 3/2) en húmedo, bloque subangular pequeño a medio, débil, friable; moderadamente alcalino (pH 8.32); presencia de carbonatos con reacción ligera al HCl al 10%; contenido bajo en carbono orgánico (0.64 %); raíces muy finas y medias, escasas. Límite de horizonte claro y suave al,
3Cb	100 - 140	Franco arcillo arenoso; pardo oscuro (7.5YR 3/3) en húmedo, sin estructura (grano simple), suelto; fuertemente alcalino (pH 8.52); presencia de carbonatos con reacción ligera al HCL al 10%; contenido bajo en materia orgánica (0.09%); raíces muy finas, escasas.

Tabla 13. Descripción del perfil P04

RESIS Evelyn E.

I. CARACTERÍSTICAS GENERALES

1. Perfil N°: P05	2. Litología / Material de origen: Residuo
4. Coordenadas: 7°14'32.88" ; 76°45'5.39" 316m	5. Fisiografía: Cajina de poca sedimentaria
6. Vegetación: Cultivos Agrícolas	7. Uso Actual: Residuo, Cacao
8. Profundidad de la napa freática: _____	9. Fecha de Descripción: 05/03/2022
10. Localización: San Juan de Lema	11. Descripto por: Paul Jara / Evelyn Brown
	12. Clasificación: Chernozems / Mollisols

II. HORIZONTES DEL SUELO

Símbolo: Ap A2 Bw Bck Ck
Prof.: 0-12 13-35 35-55 55-90 90-150
Humido 75% 5/5 75% 5/5 75% 4/5 5% 5/5 5% 5/5

II.1. TRANSICIÓN ENTRE HORIZONTES

A. NITIDEZ O CONTRASTE		B. TOPOGRAFÍA DE LA LÍNEA DE SEPARACIÓN	
ABRUPTO		SUAVE	X X X X X
CLARO		ONDULADO	
GRADUAL	X X X	IRREGULAR	
DIFUSO	X	DISCONTINUO	

III. OTRAS CARACTERÍSTICAS GENERALES

1. PEDREGOSIDAD		2. ROCOSIDAD		3. RELIEVE Y DECLIVIDAD	
NO PEDREGOSA	X	NO ROCOSA	X	PLANO (< 3%)	
LIGERAMENTE PEDREGOSA		LIGERAMENTE ROCOSA		SUAVE ONDULADO (3-8%)	
MODERADAMENTE PEDREGOSA		MODERADAMENTE ROCOSA		ONDULADO (8-20%)	X
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	
ALGO EXCESIVO		LIGERA	X
BUENO	X	MODERADA	
MODERADO		FUERTE	
IMPERFECTO		MUY FUERTE	
POBRE		EXTREMAMENTE FUERTE	
MUY POBRE			

Observaciones: **Pes Shoulder**

Relieve ondulado

IV. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

1.1. MOTEADURAS		
A. CANTIDAD	B. TAMAÑO	C. CONTRASTE
POCO (<2%)	PEQUEÑO (<5mm)	DISTINTO
COMUN (2-20%)	MEDIO (5-15mm)	DIFUSO
ABUNDANTE (>20%)	GRANDE (>15mm)	PREDOMINANTE

2. TEXTURA	
MUY ARCILLOSA	
ARCILLA	
ARCILLO ARENOSA	
ARCILLO LIMOSA	
FRANCO ARCILLOSO	X X X
FRANCO ARCILLO-LIMOSO	
FRANCO ARCILLO-ARENOSO	
FRANCO	
FRANCO LIMOSO	X X
FRANCO-ARENOSO	
LIMO	
ARENA FRANCA	
ARENA	

21. FRACCIONES GROSERAS

A. GRANULAS (Ø HASTA 75cm)

LIG. GRAVOSO (2-15%)

GRAVOSO (15-50%)

MUY GRAVOSO (50-90%)

B. GUJARROS (Ø 7.5-25cm)

C. PEDREGOSO (Ø > 25 cm)

2.1.1. GRADODE ARRENDONDAMIENTO

ANGULAR

SUBANGULAR

SUBARRENDONDADA

ARRENDONDADA

BIENARRENDONDADA

3. ESTRUCTURA

3.1. TIPO	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		
MIGAJOSA		

4. POROSIDAD

4.1. TAMAÑO	4.2. CANTIDAD
MUY PEQUEÑOS (Ø < 1mm)	POCOS
PEQUEÑO (Ø 1-2 mm)	COMUNES
MEDIOS (Ø 2-5 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 FRÍABLE
LIGERAMENTE DURO	FRÍABLE
DURO	FIRME
MUY DURO	MUY FIRME
EXTREMAMENTE DURO	EXTREMAMENTE FIRME

6. SOLO MOJADO

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

7. CEMENTACIÓN

7.1. DEBILMENTE CEMENTADO	7.2. FUERTEMENTE CEMENTADO	7.3. EXTREMAMENTE CEMENTADO

8. NÓDULOS Y CONCRECIONES MINERALES

8.1. CANTIDAD	8.2. FORMA	8.3. TAMAÑO Y DUREZA
MUY POCO (<4%)	ESFÉRICA	PEQUEÑO (<1cm)
POCO (5-15%)	IRREGULAR	GRANDE (>1cm)
FRECUENTE (15-40%)	ANGULAR	SUAVE
DOMINANTE (>40%)		DURO

9. CONTENIDO DE CARBONATOS (HCl 10%)

9.1. LIGERA	9.2. FUERTE	9.3. VIOLENTA

10. CONTENIDO DE MANGANESO (HCl 5%)

10.1. LIGERA	10.2. FUERTE	10.3. VIOLENTA

11. RAÍZES

11.1. CANTIDAD	11.2. DIÁMETRO
ABUNDANTES	MUY FINAS (<1mm)
MUCHAS	FINAS (1-2mm)
MODERADAS	MEDIAS (2-5mm)
POCAS	GRUESAS (5-10mm)
POCÍSIMAS	MUY GRUESAS (>10)

VI. FACTORES BIOLÓGICOS

h₂ evidencia de **canchales, **poros**, **buen estructuración****

Indicando la presencia de **lombrices**

Figura 10. Ficha de caracterización del perfil P05.

Perfil 05		
Zona	San Juan de Juñao	
Clasificación	Soil Taxonomy: Typic Calciustolls	
Taxonómica	WRB: Calcic Cambic Chernozems (Loamic)	
Fisiografía	Colina de roca sedimentaria	
Clima	cálido - húmedo	
Zona de vida	bosque húmedo tropical	
Material parental	Residual	
Vegetación	Bosque Secundario	
Horizonte	Prof (cm)	Descripción
Ap	0 - 12	Franco arcillo arenoso; pardo oscuro (7.5YR 3/2) en húmedo; granular y bloque subangular, pequeña a media, fuerte, friable; alcalino (pH 8.03); presencia de carbonatos con reacción fuerte al HCl al 10%; alto en carbono orgánico (3.36 %); raíces finas y medias, muchas. Límite de horizonte gradual y suave al,
A2	12 - 35	Arcillo arenosa; pardo oscuro (7.5YR 3/2) en húmedo, granular a bloque subangular, pequeña a media, fuerte, friable; moderadamente alcalino (pH 8.20); presencia de carbonatos con reacción violenta al HCl al 10%; alto en carbono orgánico (2.53 %); raíces finas, pocas. Límite de horizonte gradual y suave al,
Bw	35 - 55	Franco arcilloso; pardo (7.5YR 4/3) en húmedo; bloque subangular medio, fuerte; moderadamente alcalina (pH 8.29); presencia de carbonatos con reacción fuerte al HCl al 10%; medio en carbono orgánico (2.10 %); raíces muy finas, escasas. Límite de horizonte gradual y suave al,
Bck	55 - 90	Franco arcilloso; pardo rojizo (5YR 5/3) en húmedo; bloque subangular medio, friable, débil; fuertemente alcalino (pH 8.50); presencia de carbonatos con reacción violenta al HCl al 10% raíces muy finas cantidad pocas, contenido de carbono orgánico (1.22%). Límite de horizonte difuso y suave al,
Ck	90 - 130	Franco arcilloso; pardo rojizo (5YR 5/3) en húmedo; masivo, friable: fuertemente alcalino (pH 8.64); presencia de carbonatos con reacción violenta al HCl al 10%; bajo en carbono orgánico (0.83%); raíces muy finas, escasas.

Tabla 14. Descripción del perfil P05