

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**CALIDAD AMBIENTAL DEL SUELO POR ESTRATOS FISIOGRAFICOS EN EL
DISTRITO DE SANTO DOMINGO DE ANDA – HUÁNUCO, 2021**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR:

FREDDY VAN MICHELL GUARDIAN ROSARIO

Asesor

Ing. M.Sc. JUAN PABLO RENGIFO TRIGOSO

Tingo María – Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°069-2022-FRNR-UNAS

Los que suscriben, miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 11 de julio de 2022 a horas 08:00 a. m. de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental:

“CALIDAD AMBIENTAL DEL SUELO POR ESTRATOS FISIOGRAFICOS EN EL DISTRITO DE SANTO DOMINGO DE ANDAHUÁNICO, 2021”

Presentado por el Bachiller: **GUARDIAN ROSARIO, Freddy Van Michell**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENO”**

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

Tingo María, 27 de diciembre de 2022

Ing. M. Sc. JOSE DOLORES LEVANO CRISOSTOMO
PRESIDENTE

Dr. LUIS EDUARDO ORE CIERTO
MIEMBRO

Dr. VICTOR MANUEL BETETA ALVARADO
MIEMBRO

Ing. M. Sc. JUAN PABLO RENGIFO TRIGOZO
ASESOR





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL
(RIDUNAS)

Correo: repositorio@unas.edu.pe



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 018 - 2023 - CS-RIDUNAS

El Coordinador de la Oficina de Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El trabajo de investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Facultad:


Facultad de Recursos Naturales Renovables

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de investigación	
-------	---	--------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
CALIDAD AMBIENTAL DEL SUELO POR ESTRATOS FISIOGRAFICOS EN EL DISTRITO DE SANTO DOMINGO DE ANDA – HUÁNUCO, 2021	FREDDY VAN MICHELL GUARDIAN ROSARIO	25% Veinticinco

Tingo María, 27 de enero de 2023


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

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



CALIDAD AMBIENTAL DEL SUELO POR ESTRATOS FISIOGRAFICOS EN EL DISTRITO DE SANTO DOMINGO DE ANDA – HUÁNUCO, 2021

Autor	: GUARDIAN ROSARIO, Freddy Van Michell
Asesor	: Ing. M.Sc. RENGIFO TRIGOSO, Juan Pablo
Programa de investigación	: Gestión Ambiental
Línea(s) de investigación	: Desarrollo sostenible
Eje temático de investigación	: Índices, Indicadores y Estándares de Calidad Ambiental
Lugar de ejecución	: Distrito de Santo Domingo de Anda
Duración	: Inicio: 05 de febrero del 2021 : Terminó: 20 de diciembre del 2021
Financiamiento	: Propio.
Monto	: S/.11 037,10

Tingo María – Perú

2022

DEDICATORIA

*A mi amada Madre Kery Rosario, por
forjarme con buenos sentimientos,
hábitos y valores, por su apoyo
incondicional y motivación para
lograr mis metas.*

*A mi padre Freddy Guardian por sus
sabios consejos y por ser un ejemplo a
seguir.*

*A mi amada compañera de vida Ivone
y mis hermosas hijas Loreana y Luana,
por estar siempre a mi lado
apoyándome en cada decisión y
tenerme mucha paciencia en todo
momento.*

AGRADECIMIENTOS

- A Dios, por haberme otorgado una familia maravillosa, quienes han creído en mí siempre.
- A mis queridos padres Freddy y Kery, mucho de mis logros se los debo a ustedes.
- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, mi Alma Mater, por acogerme en mi formación profesional.
- A todos los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, por sus sabias enseñanzas para desarrollarme profesionalmente.
- A los distinguidos miembros del jurado de tesis, al Ing. MSc. José Dolores Lévano Crisóstomo, Dr. Luis Eduardo Oré Cierto y Dr. Víctor Manuel Beteta Alvarado, quienes me brindaron su valioso tiempo y acertados aportes para que este proyecto se ejecute de la mejor manera.
- Al Ing. MSc. Juan Pablo Rengifo Trigozo, por su asesoramiento, por su sincera amistad y la desinteresada asistencia en la presente tesis.
- A mis estimados tíos Juan y Mercedes por su apoyo incondicional y acompañarme en cada logro.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	2
1.1.1. Objetivo General.....	2
1.1.2. Objetivos Específicos.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Antecedentes sobre índice de calidad ambiental en el distrito de Santo Domingo de Anda.....	3
2.1.1. Índice de calidad ambiental del suelo en el distrito de José Crespo y Castillo – Huánuco.....	3
2.1.2. Calidad y uso sustentable del suelo en el Valle del Monzón, Huánuco – Perú.....	3
2.1.3. Calidad de suelo mediante indicadores e índices en el centro de investigación y producción Tulumayo de la Universidad Nacional Agraria de la Selva - Tingo María.....	4
2.1.4. Calidad del suelo en diferentes sistemas de uso en selva alta de Huánuco, Perú.....	4
2.1.5. Evaluación de indicadores de calidad del suelo y carbono orgánico en dos sistemas de uso de la tierra en el distrito Rupa Rupa – Tingo María.....	5
2.1.6. Cambios de las propiedades fisicoquímicas del suelo en las laderas del Cerro Concacucho – Lima.....	5
2.1.7. Correlación entre variables físicas y químicas para la determinación del nivel de fertilidad de suelos – Piura.....	6
2.1.8. Estudio fisicoquímico del suelo del sistema de andenería del centro poblado Cakra – Lima.....	6
2.1.9. Calidad de suelos en diferentes sistemas de uso en el predio Tulumayo – UNAS – Tingo María.....	7
2.1.10. Calidad de suelos en diferentes sistemas de uso en Supte San Jorge - Tingo María.....	8
2.1.11. Indicadores de la calidad de la tierra y su uso para la agricultura sostenible y el desarrollo rural.....	8

2.2.	Calidad ambiental.....	8
2.2.1.	Índice de calidad ambiental.....	9
2.2.2.	Medición de la calidad de suelo.....	9
2.2.3.	Calidad de suelo.....	9
2.2.4.	Indicadores de calidad de suelo.....	10
2.2.4.1.	Indicadores físicos.....	11
2.3.	Efectos de diferentes sistemas de uso en la calidad del suelo.....	12
2.4.	Estándares de calidad ambiental para suelo.....	12
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
3.1.	Lugar de ejecución del trabajo de investigación.....	13
3.1.1.	Ubicación política de la zona de estudio.....	13
3.1.2.	Ubicación geográfica de los puntos de muestreo.....	13
3.2.	Características generales de la zona.....	16
3.2.1.	Clima.....	16
3.2.2.	Temperatura.....	16
3.2.3.	Precipitación.....	16
3.2.4.	Zonas de vida.....	16
3.3.	Materiales y equipos.....	16
3.3.1.	Materiales.....	16
3.3.2.	Software.....	17
3.3.3.	Equipos.....	17
3.4.	Metodología.....	17
3.4.1.	Análisis del estudio.....	17
3.4.2.	Obtención de muestras de suelo en el distrito.....	18
3.4.3.	Propiedades fisicoquímicas del suelo del distrito de Santo Domingo de Anda.....	20
3.4.4.	Índice de calidad ambiental de los suelos del distrito de Santo Domingo de Anda.....	22
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
4.1.	Parámetros físicos y químicos del suelo por estratos fisiográficos.....	24
4.1.1.	Análisis mecánico.....	24
4.1.2.	Análisis de pH.....	25
4.1.3.	Materia orgánica (%).....	27

4.1.4.	Nitrógeno (%).....	29
4.1.5.	Fosforo disponible (ppm).....	31
4.1.6.	Potasio disponible (ppm).....	32
4.1.7	Cadmio disponible (ppm).....	34
4.1.8.	Análisis de parámetros de fertilidad de suelos.....	36
4.2.	Índice de calidad ambiental del suelo en el distrito de SDA por estratos fisiográficos.....	53
4.2.1.	Estadística descriptiva de los parámetros fisicoquímicos del suelo.....	53
4.2.2.	Correlación de Pearson.....	56
4.2.3.	Análisis de componente principal (ACP).....	62
4.2.4.	Índice de calidad ambiental del suelo.....	73
V.	CONCLUSIONES.....	79
VI.	PROPUESTAS A FUTURO.....	80
VII.	REFERENCIAS.....	81
VIII.	ANEXO.....	85

ÍNDICES DE TABLAS

	Página
1. Coordenadas geográficas en UTM del distrito de Santo Domingo de Anda....	14
2. Análisis físicos y sus respectivos métodos.....	20
3. Análisis químicos y sus respectivos métodos.....	21
4. Análisis fisicoquímico de los suelos.....	21
5. Escala para la Interpretación de elementos químicos de los resultados de análisis de suelos.....	21
6. Escala para la Interpretación del pH de los resultados de análisis de suelos....	22
7. Niveles de ICS en función de QIN.....	23
8. Análisis mecánico según el estrato fisiográfico.....	24
9. Análisis del pH según el estrato fisiográfico.....	26
10. Análisis de la materia orgánica según el estrato fisiográfico.....	28
11. Análisis del nitrógeno según el estrato fisiográfico.....	29
12. Análisis del fosforo disponible según el estrato fisiográfico.....	31
13. Análisis del potasio disponible según el estrato fisiográfico.....	33
14. Análisis del cadmio disponible según el estrato fisiográfico.....	35
15. Análisis de la capacidad de intercambio catiónico según el estrato fisiográfico.....	36
16. Análisis del calcio según el estrato fisiográfico.....	38
17. Análisis del Magnesio según el estrato fisiográfico.....	40
18. Análisis del potasio según el estrato fisiográfico.....	42
19. Análisis del sodio según el estrato fisiográfico.....	45
20. Análisis del aluminio según el estrato fisiográfico.....	46
21. Análisis del hidrogeno según el estrato fisiográfico.....	48
22. Análisis de capacidad de intercambio catiónico efectivo según el estrato fisiográfico.....	50
23. Análisis del porcentaje de base y acido cambiabile y saturación de aluminio según el estrato fisiográfico.....	52
24. Análisis de suelo para el estrato fisiográfico Laderas de Colinas.....	54
25. Análisis de suelo para el estrato fisiográfico Laderas de Montañas.....	55
26. Análisis de suelo para el estrato fisiográfico Terraza.....	55

27.	Matriz de correlación de Pearson de los análisis de suelos para el estrato fisiográfico laderas de colinas	59
28.	Matriz de correlación de Pearson de los análisis de suelos para el estrato fisiográfico laderas de montañas	60
29.	Matriz de correlación de Pearson de los análisis de suelos para el estrato fisiográfico terraza.....	61
30.	Valores propios y vectores propios de F1 al F6 para el estrato fisiográfico ladera de colinas.....	62
31.	Valores propios y vectores propios de F1 al F6 para el estrato fisiográfico ladera de montañas.....	66
32.	Valores propios y vectores propios de F1 al F6 para el estrato fisiográfico Terraza.....	70
33.	Resultado del análisis del índice de calidad ambiental del suelo del estrato fisiográfico Laderas de Colina.....	74
34.	Resultado del análisis del índice de calidad ambiental del suelo del estrato fisiográfico Laderas de Montaña.....	75
35.	Resultado del análisis del índice de calidad ambiental del suelo del estrato fisiográfico de Terraza.....	76

ÍNDICES DE FIGURAS

	Página
1. Mapa de ubicación política del distrito de Santo Domingo de Anda.....	13
2. Esquema del diseño de investigación.....	18
3. Análisis mecánico de suelo según su estrato fisiográfico.....	25
4. Análisis del pH del suelo según su estrato fisiográfico.....	26
5. Materia orgánica según su estrato fisiográfico.....	28
6. Nitrógeno según su estrato fisiográfico.....	30
7. Fosforo disponible según su estrato fisiográfico.....	32
8. Potasio disponible según su estrato fisiográfico.....	34
9. Cadmio disponible según su estrato fisiográfico.....	36
10. Capacidad de intercambio catiónico según su estrato fisiográfico.....	38
11. Calcio (Cmol(+)/Kg) según su estrato fisiográfico.....	40
12. Magnesio (Cmol(+)/Kg) según su estrato fisiográfico.....	42
13. Potasio (Cmol(+)/Kg) según su estrato fisiográfico.....	44
14. Sodio (Cmol(+)/Kg) según su estrato fisiográfico.....	45
15. Aluminio (Cmol(+)/Kg) según su estrato fisiográfico.....	48
16. Hidrogeno (Cmol(+)/Kg) según su estrato fisiográfico.....	49
17. Capacidad de Intercambio Catiónico efectivo (Cmol(+)/Kg) según su estrato fisiográfico.....	51
18. Análisis del porcentaje de Base y acido cambiabile y saturación de Aluminio según estrato fisiográfico.....	53
19. Comportamiento de los 16 factores con respecto a su valor y variabilidad acumulada para el estrato fisiográfico laderas de colinas.....	63
20. Nivel de relación de los parámetros fisicoquímicos seleccionados por los factores F1 y F2 para el estrato fisiográfico laderas de colina.....	64
21. Distribución de los parámetros fisicoquímicos y los sectores seleccionados por los factores F1 y F2 para el estrato fisiográfico laderas de colinas.....	65
22. Comportamiento de los 16 factores con respecto a su valor y variabilidad acumulada para el estrato fisiográfico laderas de montañas.....	67
23. Nivel de relación de los parámetros fisicoquímicos seleccionados por los factores F1 y F2 para el estrato fisiográfico laderas de montañas.....	68

24.	Distribución de los parámetros fisicoquímicos y los sectores seleccionados por los factores F1 y F2 para el estrato fisiográfico laderas de Montañas.....	69
25.	Comportamiento de los 16 factores con respecto a su valor y variabilidad acumulada para el estrato fisiográfico Terraza.....	71
26.	Nivel de relación de los parámetros fisicoquímicos seleccionados por los factores F1 y F2 para el estrato fisiográfico Terraza.....	72
27.	Distribución de los parámetros fisicoquímicos y los sectores seleccionados por los factores F1 y F2 para el estrato fisiográfico Terraza.....	73

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo por objetivo determinar el índice de calidad ambiental del suelo por estratos fisiográficos en el distrito de Santo Domingo de Anda – Huánuco, 2021, y la metodología empleada fue de nivel descriptivo, diseño no experimental de tipo transversal – descriptivo – correlacional – causal, y como análisis estadístico se empleó el análisis de componentes principales; para el trabajo de campo se procedió a la obtención de muestras de suelos de acuerdo al mapa fisiográfico de la zona, información empleada de la Zonificación Económica y Ecológica del Gobierno Regional de Huánuco, y fueron distribuidas 45 puntos aleatoriamente en tres estrados (12 muestras en estrato Laderas de Montañas, 18 muestras en estrato Laderas de Colinas y 15 Muestras en estrato Terraza), posteriormente se ubicaron los puntos con un GPS y se realizaron las calicatas de 1mx1mx1m y se sacaron las muestras respectivas para ser analizadas los parámetros fisicoquímicos en el laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, y luego se determinó el índice de calidad de suelo para el distrito de Santo Domingo de Anda en suelos tangibles por estratos; y como conclusión se ha tenido que los parámetros físicos del suelo como es el porcentaje de arcilla son altos en todos los estratos mientras que los porcentajes de limo y arena son regulares por estrato fisiográfico, también se determinaron los parámetros químicos del suelo como son los pHs, materia orgánica, nitrógeno, fosforo, potasio, cadmio, capacidad de intercambio catiónico efectivo (CICE), calcio, magnesio, aluminio, hidrogeno, cadmio, bases y ácidos cambiables y porcentaje de saturación de aluminio por estrato fisiográfico, encontrando suelos ácidos en los tres estrados así como bajo porcentaje de materia orgánica y finalmente se determinó que el índice de calidad ambiental del suelo para el estrato fisiográfico Laderas de Colina es de 31,597, estrato fisiográfico Laderas de Montañas es de 33,206, y para el estrato fisiográfico Terraza es de 30,094, siendo calificadas todos los estratos como calidad de suelo de regular.

Palabras claves: Calidad de suelo, estratos, fisiografía, cadmio, componentes principales

ABSTRACT

The objective of this research work was to determine the environmental quality index of the soil by physiographic strata in the district of Santo Domingo de Anda - Huánuco, 2021, and the methodology used was descriptive, non-experimental design of a cross-sectional - descriptive - type. correlational - causal, and as statistical analysis the analysis of principal components was used; For the field work, soil samples were obtained according to the physiographic map of the area, information used from the Economic and Ecological Zoning of the Regional Government of Huánuco, and 45 points were randomly distributed in three stages (12 samples in Laderas de Montañas stratum, 18 samples in the Laderas de Colinas stratum and 15 samples in the Terraza stratum), later the points were located with a GPS and the 1mx1mx1m test pits were made and the respective samples were taken to be analyzed for the physicochemical parameters in the laboratory. of soils of the Faculty of Agronomy of the National Agrarian University of La Selva, and then the soil quality index for the district of Santo Domingo de Anda was determined in tangible soils by strata; and as a conclusion, it has been found that the physical parameters of the soil, such as the percentage of clay, are high in all strata, while the percentages of silt and sand are regular by physiographic stratum, the chemical parameters of the soil, such as pHs, were also determined. , organic matter, nitrogen, phosphorus, potassium, cadmium, effective cation exchange capacity (ECCe), calcium, magnesium, aluminum, hydrogen, cadmium, exchangeable bases and acids, and percentage of aluminum saturation by physiographic stratum, finding acid soils in the three strata as well as a low percentage of organic matter and finally it was determined that the soil environmental quality index for the hillsides slopes physiographic stratum is 31,597, the Mountain slopes physiographic stratum is 33,206, and for the Terrace physiographic stratum it is 30,094 , all the strata being classified as regular soil quality.

Keywords: Soil quality, strata, physiography, cadmium, main components

I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años, la forestación y la agricultura no fueron manejados adecuadamente; ocasionando progresivamente la pérdida de la capacidad productiva del suelo (degradación de suelo); en la actualidad, la degradación del suelo ha sufrido un incremento drástico, por lo que las extensiones de paisajes con tierras forestales están siendo afectados, cambiando así la estructura de la tierra a consecuencia del inadecuado manejo técnico del ser humano, que puede suponer a un desarrollo óptimo en sus cultivos. En el distrito de Santo Domingo de Anda, la deforestación tiene un aproximado de 20 000 hectáreas; siendo actualmente una de las amenazas ambientales principales en la que vive no solo este distrito sino todo el departamento de Huánuco, la indiscriminada tala de árboles dirige a la degradación de los suelos, reducción o descenso del agua en los cauces de ríos, baja calidad de agua en los ríos, incremento de catástrofes naturales (deslizamientos y derrumbes y/o remoción de masas), así como las propiedades químicas y físicas del suelo se perturban en todos sus niveles, estas acciones ocasionan que de manera directa e indirectamente afecten y comprometan la diversidad de la mesofauna, microfauna, fauna y flora silvestre, a través de la cadena alimentaria o trófica. Así mismo, la ausencia de información científica, no permite aclarar objetivamente el comportamiento biogeoquímico del suelo por estratos fisiográficos en el distrito, debido a que estos intervienen en la biocenosis y biotopo del suelo; en la actualidad se encuentran metodologías para establecer el nivel de la calidad del suelo, con la finalidad de crear reformas y políticas con este bien natural; además, se puede proponer decisiones en las que permitan implementar proyectos ambientales (restauración de los ecosistemas) y proyectos productivos ecológicos que ayuden a fortalecer los suelos, usando tecnologías limpias (abonos orgánicos, entre otros); de forma que la investigación contribuya sustancialmente a brindar información del estado del suelo en un estrato fisiográfico ladera de montañas empinadas en el distrito en estudio. Es por eso, que esta investigación plantea el siguiente problema: ¿Cuál es el nivel del índice de calidad ambiental del suelo por estratos fisiográficos en el distrito de Santo Domingo de Anda – Huánuco, 2021?, y la hipótesis es que el índice de calidad ambiental del suelo es baja por estratos fisiográficos en el distrito de Santo Domingo de Anda – Huánuco, 2021; la investigación cuenta con los siguientes objetivos:

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Determinar el índice de calidad ambiental del suelo por estratos fisiográficos en el distrito de Santo Domingo de Anda – Huánuco, 2021

1.1.2. Objetivos específicos

- Determinar los parámetros fisicoquímicos del suelo: textura, pH, materia orgánica, nitrógeno, fosforo, potasio, cadmio, capacidad de intercambio catiónico efectivo (CICe), calcio, magnesio, aluminio, hidrogeno, cadmio, bases y ácidos cambiabes y porcentaje de saturación de aluminio
- Determinar el índice de calidad ambiental del suelo en los estratos fisiográficos: laderas de colina, laderas de montaña y terraza.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes sobre índice de calidad ambiental en el distrito de Santo Domingo de Anda

2.1.1. Índice de calidad ambiental del suelo en el distrito de José Crespo y Castillo – Huánuco

El trabajo tuvo como objetivo evaluar el índice de calidad ambiental del suelo en el distrito. El método de la investigación, consistió en definir los perfiles modales del suelo en relación al Soil Taxonomy, determinar las propiedades fisicoquímicas del suelo en relación al Soil Taxonomy, así como, contrastar el tipo de calidad ambiental de suelo para el cadmio y estimar el índice de la calidad de suelo utilizando la evaluación de componentes primordiales. Los perfiles de las unidades de suelo en relación con el Soil Taxonomy fue: Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents, Typic Dystrudepts -Lithic Udorthents, Fluventic Eutrudepts, Lithic Udorthents, Typic Eutrudepts - Typic Eutrudepts, Typic Udifluents, Typic Dystrudepts, Typic Endoaquents, y Typic Udorthents; los parámetros químicos - físicos del suelo determinados: fosforo disponible, cadmio disponible, calcio, hidrogeno, textura, potasio disponible, nitrógeno, materia orgánica, aluminio, pH, entre otros; concluyendo que el cadmio disponible se halla de acuerdo al estándar de calidad ambiental Peruano, Decreto Supremo N°011-2017-MINAM; y el índice de la calidad ambiental fue 41,48%, considerando como suelo regular para este distrito (León, 2021).

2.1.2. Calidad y uso sustentable del suelo en el Valle del Monzón, Huánuco – Perú

La investigación tuvo como objetivo estudiar la calidad y uso sustentable del suelo de un ex cocal (suelo muy ácido) y un sistema agroforestal. Se determinó el impacto de estos sistemas en los suelos del Valle de Monzón calculando los indicadores químicos y físicos como: pH, conductividad eléctrica, fósforo disponible, nitrógeno total, densidad aparente, la textura, magnesio intercambiable, materia orgánica, calcio y capacidad de intercambio catiónico. Se determinó que el suelo del sistema agroforestal presentaba calidad “bueno” y el ex cocal presentaba “calidad marginal”, esto de acuerdo al Subíndice de Uso Sustentable del Suelo. Finalmente, el sistema agroforestal presentaba mejor calidad y escenarios beneficiosos para las

actividades agrícolas en comparación al suelo del ex cocal (Panaifo et al, 2021)

2.1.3. Calidad de suelo mediante indicadores e índices en el centro de investigación y producción Tulumayo de la Universidad Nacional Agraria de la Selva - Tingo María

El trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar los indicadores químicos, físicos y biológicos, e índices de calidad en el centro de investigación y producción (CIPTALD) Tulumayo; en el que se determinó cuatro unidades fisiográficas: terraza baja no inundable, terraza baja, terraza media y terraza alta. Los indicadores físicos fueron: densidad aparente, textura, profundidad del horizonte A, infiltración; los indicadores químicos fueron: fósforo, potasio y nitrógeno, capacidad de intercambio catiónico, pH; el indicador biológico fue: materia orgánica. Para los índices de calidad de suelos, el autor utilizó la escala de Cantu et al. (2007) que considera cinco clases de calidad de suelos de 1 al 5. Finalmente, el estudio determinó que los indicadores de los suelos tienen fertilidad media y los índices de calidad de suelos se encuentran en: clase 3 o calidad moderada (Robles, 2020)

2.1.4. Calidad del suelo en diferentes sistemas de uso en selva alta de Huánuco, Perú

La investigación tuvo como objetivo comparar y determinar la calidad del suelo, mediante el Subíndice de Uso Sustentable del Suelo en distintos sistemas de uso en la Selva Alta de Huánuco (Río Espino). La investigación aplicó una metodología descriptiva, no experimental y comparativa, que evaluaron distintos sistemas: bosque secundario, sistema agroforestal y cocal. En cada sistema se evaluaron los siguientes indicadores: K, temperatura, pH, materia orgánica, infiltración, resistencia a la penetración, nitrógeno total, Ca, textura, densidad aparente, entre otros. Se determinó que la calidad de suelo del sistema agroforestal fue aceptable, y el cocal presentó calidad marginal y el bosque secundario fue sensible. Finalmente, los autores concluyen que el método del Subíndice de Uso Sustentable del Suelo, el sistema agroforestal tuvo mayores índices de calidad y los indicadores casualmente se alejaban de valores adecuados, distinto al cocal que tuvo un índice menor y que sus indicadores fueron lejanos a los valores anhelados; mostrando que el Subíndice de Uso Sustentable del Suelo (SUSS) fue una metodología sencilla pero eficaz a la hora de medir cambios en la calidad del suelo en relación al uso (Azañero et al., 2020).

2.1.5. Evaluación de indicadores de calidad del suelo y carbono orgánico en dos

sistemas de uso de la tierra en el distrito Rupa Rupa – Tingo María

El trabajo tuvo como finalidad estudiar a los indicadores del carbono orgánico y de la calidad del suelo en sistemas de uso (*Brachiaria decumbens* (pastura mejorada) y *Paspalum conjugatum* (pastura natural)) situadas en el caserío Merced de Locro. Se realizó la recopilación de muestras, cogiendo 5 submuestras (1,0 kg) sistemáticas del medio de cada cuadrante. A fin de obtener diferentes datos de las 2 unidades a explorar en función a las variables dependientes se usó la prueba (LSD Fisher) para la inferencia basados en 2 muestras. Se determinó que los suelos *B. decumbens* presentó mayor valor de densidad aparente frente a los suelos *P. conjugatum*. En cuanto a la materia orgánica, los suelos con *B. decumbens* presentó nivel bajo a comparación del *P. conjugatum*. Para los tenores de nitrógeno, el resultado anterior coincide. El autor concluye que existió resultado positivo del sistema de *B. decumbens* sobre el de *P. conjugatum*. A diferencia del potasio, fosforo y CIC no hubo diferencias en la estadística entre estos sistemas. Finalmente, el autor concluye que los suelos de *B. decumbens* presentó mayor valor a diferencia de los suelos *P. conjugatum*. Con respecto al almacenamiento de carbono en el suelo, el sistema de *P. conjugatum* presentó mayor tasa de almacenamiento a diferencia del sistema *B. decumbens*; y el almacenamiento de carbono bajo el suelo, el sistema de *P. conjugatum* tuvo mayor almacenamiento a diferencia del otro sistema (Daza, 2018).

2.1.6. Cambios de las propiedades fisicoquímicas del suelo en las laderas del Cerro Concacucho – Lima

El trabajo de investigación se realizó en las laderas del cerro Concacucho Ñaña – Lima, el cual tuvo como objetivo evaluar el efecto de la forestación en las propiedades fisicoquímicas de suelos áridos. La investigación, analizó parámetros y calculó el índice de calidad del suelo en contraste con la zona control. Las variables en estudio fueron: potasio (K), materia orgánica (MO), fósforo (P), conductividad eléctrica (CE), el pH, carbono orgánico (% CO), densidad aparente (Da) y las bases cambiables. En el primer lote, la forestación (ICS = 0,61) presentó un impacto mejor en el índice de calidad del suelo a diferencia del lote segundo (ICS = 0,49). Finalmente, el análisis estadístico demostró que la Da ($p = 0,043$) y el P ($p = 0,012$) presentaron diferencias significativas a diferencia de los restantes indicadores (La Rosa, 2018).

2.1.7. Correlación entre variables físicas y químicas para la determinación del nivel de fertilidad de suelos – Piura

Las conclusiones de la investigación mostraron que la correlación del pH y el contenido

de carbonatos del suelo fue moderada, y que hubo un 36% de grado de asociación en estas dos variables. Así mismo, existió una alta relación entre el % de arcillas presentes en el suelo y la capacidad de intercambio catiónico, mostrando un 88% de grado de asociación entre estas variables. Se determinó que la correlación entre la capacidad de intercambio catiónico y el contenido de materia orgánica, no fue impactante, el cual tuvo un 0,0027, debido a que los suelos presentaron niveles de materia orgánica muy bajos. En cambio, la correlación que existe entre la capacidad de intercambio catiónico del suelo y el contenido de potasio disponible del suelo es alto, debido a que tuvo un 80% de grado de asociación entre estas variables.

En los suelos más significativos los indicadores de fertilidad fueron: materia orgánica (M.O), carbonatos (CO_3Ca), reacción del suelo (pH), fósforo (P), nitrógeno (N), potasio (K), conductividad eléctrica (CE), y capacidad de intercambio catiónico (CIC). Los suelos en estudio, mostraron niveles bajos y medios de fertilidad. Finalmente, los niveles encontrados de fertilidad, permitieron calcular las medidas de restauración del suelo, haciéndolo productivo, lo que se interpreta en prácticas de manejo de suelos y dosis de fertilización (Juárez, 2018).

2.1.8. Estudio fisicoquímico del suelo del sistema de andenería del centro poblado Caca – Lima

El estudio fisicoquímico del suelo permitió examinar la fertilidad y sirvió para encontrar lugares convenientes para ciertos cultivos, así como para mejorar y conservar la productividad de los suelos. La investigación tuvo como propósito examinar a los indicadores fisicoquímicos que calculan la fertilidad utilizando niveles de calidad del suelo (sistema de andenería), y su finalidad fue presentar indicadores que expliquen la variabilidad para la restauración de la capa arable en andenes olvidados. El autor, tomó muestras de suelos: en época de sembrío y de cosecha, de acuerdo a un patrón de muestreo de rejillas regulares y colectó nueve muestras superficiales de 0 - 30 centímetros de fondo. Para determinar los indicadores físicos y químicos utilizó métodos analíticos referenciados y normalizados, y para hallar los elementos químicos del suelo, utilizó el análisis de fluorescencia de rayos X. Los indicadores físicos evaluados fueron: humedad, densidad aparente, textura; los indicadores químicos fueron: nitrógeno total, Azufre disponible (sulfatos), carbonatos, conductividad eléctrica, potencial de hidrógeno, nitrógeno disponible, fósforo disponible, materia orgánica, micronutrientes, saturación de bases y capacidad de intercambio catiónico. Los suelos determinaron los siguientes resultados: los suelos presentaron textura franca arcillo arenosa y franca arenosa, buena compactación, contenidos altos de micronutrientes disponibles, macronutrientes moderados, salinidad baja;

presentó suelos considerablemente ácidos por la existencia de componentes que generan acidez y la lixiviación de cationes básicos (Ruiz, 2016).

2.1.9. Calidad de suelos en diferentes sistemas de uso en el predio Tulumayo – UNAS – Tingo María

La investigación determinó la calidad del suelo en diferentes sistemas (cultivo anual, cultivo permanente, pasturas, purma), y a su vez obtener información para entender sus efectos en los diferentes sistemas de manejo del suelo, para lo cual se evaluó indicadores biológicos, químicos y físicos. Para indicadores físicos del suelo se determinó: densidad aparente, capacidad de retención de agua, estabilidad de agregados, temperatura del suelo textura, infiltración, estructura, etc. Para indicadores químicos se determinó: potasio disponible, nitrógeno total, fósforo disponible, materia orgánica, reacción del suelo, capacidad de intercambio catiónico. Para indicadores biológicos se determinó: número de lombrices, biomasa microbiana, respiración edáfica. Los resultados de la calidad de suelos de los sistemas de uso, fue lo siguiente: suelos - bosque secundario (purma de quince años) fueron de mejor calidad, continuado por el cultivo permanente (cítrico), pastura (brizanta) y cultivo anual (maíz) que fueron suelos de menor calidad (Correa, 2012).

2.1.10. Calidad de suelos en diferentes sistemas de uso en Supte San Jorge - Tingo María

El trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar si los sistemas de uso modifican la calidad de los suelos en las propiedades químicas, biológicas y físicas, haciendo que el proceso de degradación sea insostenible para las especies bióticas. El investigador extrajo de cada sistema muestras de suelo y el análisis lo realizó en la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) – Laboratorio de Conservación de Suelos y Agua, y más muestras lo determinaron in situ, utilizando para cada tratamiento (diseño al azar con 3 repeticiones). Los sistemas de uso del suelo que se evaluaron fueron: cacao, usos con bosque, pasto y plátano, presentaron texturas francas arcillosos; el maíz presentó texturas francas; y la coca presentó texturas arcillosas. El sistema (suelo degradado) tuvo mayor resistencia a la penetración. Los sistemas de suelos degradados presentaron valores desventajosos de inestabilidad estructural. El sistema de uso con maíz presentó en el suelo mayor contenido de fósforo. El sistema de uso con cacao presentó un alto nivel de materia orgánica. La mayor densidad de macro organismos fue el sistema de plátano. (Hosokay, 2012).

2.1.11. Indicadores de la calidad de la tierra y su uso para la agricultura sostenible y el desarrollo rural

En el mundo hay intranquilidad en los cambios negativos que está sucediendo en la calidad de la tierra, en el que no existe fiscalización e inspección adecuada para verificar que está sucediendo, en qué ritmo y de qué manera. El mejoramiento se atribuye a programas y proyectos de desarrollo, en algunas ocasiones estimados de manera aproximativa o como un deseo, en vez de ser alcanzados por el adecuado uso de indicadores o a consecuencia del uso de planes de supervisión y análisis.

Los foros internacionales y los debates en la FAO contribuyeron a discusiones acerca de indicadores para el desarrollo sostenible. A causa de las disciplinas e intereses, aún no hay aprobación para las específicas características de los indicadores de sostenibilidad, así como de las virtudes y defectos. El conocer cómo utilizar estos indicadores ayudaría detectar actividades triunfantes y problemas o, al contrario, a confusión o equivocadas interpretaciones (FAO, 1996).

2.2. Calidad ambiental

Según el Ministerio del Ambiente y Energía MINAE (2004), la situación de equilibrio natural especifica los procesos físicos, biológicos y geoquímicos, sus complejas y distintas interacciones; es una medida de condición y relación con su entorno y los requisitos de uno o más especies, que a lo largo del tiempo cuenta con un lugar, en un sistema ambiental general en un ámbito geográfico, con o sin la más mínima intervención del hombre. Esta última comprendiéndose, que es consecuencia de las actividades del hombre (Decreto Supremo N° 31849-MINAE-S-MOPT-MAG-MEIC-2004).

La calidad y salud del suelo tienen concepciones similares, y no son consideradas parecidos (Doran y Parkin, 1994). Debe entenderse a la calidad como el beneficio del suelo para una finalidad específica durante un tiempo largo (Carter et al., 1997). Las propiedades dinámicas del suelo y sus estados, como: contenido de materia orgánica, variedad de organismos, productos microbianos durante un período específico instituyen la salud de los suelos (Romig et al., 1995).

La ISO 14001 permite al estado y a las empresas a comprometerse en la conservación y/o protección del medio ambiente en la gestión e identificación de riesgos ambientales, mostrando así cumplir con las normas ambientales relacionadas a los procesos y actividades desarrolladas por la organización; es así que se espera la identificación de estos requisitos a fin

de tener una gestión eficaz del riesgo y un equilibrio con el medio ambiente, considerándose una conservación y/o protección sostenible en relación a las normativas legales y socio económicas, basándose en la metodología Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PDCA).

2.2.1. Índice de calidad ambiental

Los indicadores de calidad ambiental (ICA o ICO) es la manifestación de un número de parámetros que ayudan a dar valor a recursos de determinados usos, evaluando sus condiciones de tal manera se pueda demostrar y cuantificar la salud de la población de forma objetiva, los cuales son presentados en formas de números y rangos; estos abarcan parámetros microbiológicos y fisicoquímicos (Carvajal et al., 2007).

2.2.2. Medición de la calidad de suelo

Para capturar la holística naturaleza de la salud o calidad de los suelos, los parámetros deben ser medidos. Los componentes que contiene la calidad de los suelos es el físico, químico y biológico del suelo y sus interacciones. No todos los parámetros tienen las mismas situaciones o relevancias para todo tipo de suelos o situación. Un mínimo grupo de indicadores, de cada componente es seleccionado sobre la base de su aptitud a fin de señalar la calidad de los suelos para su función en climas y usos determinados. Aquellos indicadores del equipo para evaluar la calidad de los suelos son selectos primeros a fin de determinar la calidad agrícola. Si los sistemas actuales de manejo conservan, perfeccionan o degradan los suelos, los equipamientos son usados como herramienta de investigación a fin de identificar la dirección general de la calidad de los suelos. La interpretación adecuada de los resultados y el uso del equipo están sujetos a las interpretaciones de los indicadores con interacción a uso de las tierras y fines ambientales (Luters et al., 2000).

2.2.3. Calidad de suelo

La concepción de la calidad de los suelos surgió en Estados Unidos de Norte América en el año 1990 (Acevedo et al., 2005). De igual manera, la calidad de los suelos fue denominada como "capacidad de función de un suelo particular, para sostener la producción vegetal o animal" (Karlen et al., 1997). En la calidad de los suelos se incluyen conceptos de capacidad productora de los suelos y protección ambiental. Las específicas funciones al que se refiere la concepción de la calidad del suelo mencionado por Acevedo et al. (2005) son: Atraer, conservar y liberar nutrientes y demás componentes químicos; Atraer, conservar y liberar agua a las

vegetaciones y cargar las napas profundas; Proteger un ambiente edáfico ideal para las actividades biológicas de los suelos; realizar un uso adecuado de zonas de protección del paisaje y campos.

La calidad de los suelos tiene variaciones en un tiempo corto, según las prácticas y uso de empleo; con el fin de proteger y conservar se debe realizar prácticas sostenibles (Guzmán et al., 2000). La mejora, optimización o manutención de la calidad de los suelos crea utilidades económicas en la buena calidad del agua y aire, productividad, eficiencia mayor en la utilización de pesticidas y nutrientes, descenso de gases de efecto invernadero, citados por Acevedo et al. (2005).

El plan nacional de evaluación de la calidad de los suelos de Estados Unidos, realizó una relación de suelos, en el que incluyó información sobre propiedades edáficas, clasificación, usos, componentes de erosión, etc. Después introdujeron la calidad de los suelos en su política medioambiental y eligieron indicadores según las condiciones agroecológicas (Altieri, 1997).

2.2.4. Indicadores de calidad de suelo

La calidad de los suelos se evalúa usando indicadores en el que demuestren modificaciones en la capacidad del suelo y su función, citado por Acevedo et al. (2005). Los indicadores dependen del ambiente considerado, en el que se determinan caracteres que ayuden como indicador de sustentabilidad. Los constantemente usados indicadores directos pertenecen a las propiedades biológicas, químicas y físicas del suelo. La productiva capacidad del suelo es estudiada de manera indirecta con el rendimiento de sistemas agrícolas, ganaderos y forestales. NRCS (2004), menciona que los indicadores deben de realizar estas consideraciones: Ser sensibles a los cambios climáticos y de manejo; medir las modificaciones en la función de los suelos; Ser alcanzable a los evaluadores y acoplables en escenarios de campo; Abarcar propiedades biológicas, químicas y físicas de los suelos; Ser factibles de medir.

Moscatelli et al. (2005), los indicadores de calidad de los suelos son considerados: contenido de fósforo asimilable, densidad aparente, profundidad del horizonte superficial, acidez, resistencia a la penetración, respiración microbiana, contenido de materia orgánica y tasa de infiltración. Los indicadores son también las variables cuantitativas (cantidad de nematodos, pH, tasa de infiltración, capacidad de intercambio catiónico, entre otros) y las variables cualitativas (aparición de canalículos de erosión, aparición de encharcamiento, afloramiento del subsuelo, entre otros).

2.2.4.1. Indicadores físicos

Hay gran cantidad de indicadores físicos de la calidad del suelo, que cambian conforme a las características que se encuentran en la zona de estudio. CHEN (2000) sugiere como indicadores a la profundidad, tasa de infiltración de agua, potencial de retener agua, densidad aparente, textura. Doran y Lincoln (1999) sugieren como indicadores a la temperatura, estructura, infiltración, estabilidad de agregados, textura, entre otros.

Martínez (2003), estima como indicador importante de la calidad del suelo a la materia orgánica, siendo un elemento relevante de elegir de un conjunto de datos mínimos e indispensables para conceptualizar la calidad del suelo. Para retener el agua necesaria, conservar la composición y estructura del suelo, y actuar como reserva nutritiva, la materia orgánica del suelo es básica.

Los materiales frescos orgánicos, la descomposición de los residuos orgánicos de nitrógeno, humus, abonos orgánicos, entre otros, son producto de las formas minerales de nitrógeno en los suelos. Estas formas minerales son en general el nitrógeno nítrico NO_3^- y el nitrógeno amoniacal NH_3 . Los procesos minerales y biológicos suceden a causa de la predominación del micro y el macro organismos del suelo. A través del procedimiento método Kjeldhal clásico o Kjeldhal se realiza la determinación de nitrógeno total en el suelo (Calderón, 1999).

Las propiedades biológicas del suelo resultan muy dinámicas, y poseen la ventaja de señalar tempranamente suelos deteriorados o mejorados. Chen (2000) describe que la respiración edáfica, al nitrógeno potencialmente mineralizable, al carbono y nitrógeno de la biomasa microbiana son indicadores biológicos. También son considerados indicadores biológicos al rendimiento de los cultivos y a la población de lombrices de la tierra; así mismo, estos indicadores son importantes en la interpretación de la dinámica de la materia orgánica y durante el procesamiento de los desechos orgánicos; además, brindan respuesta rápida en las variaciones en la manipulación de los suelos y más sensitivas a la tensión ambiental Acevedo et al. (2005).

Delgado et al. (1999), a causa de la necesidad en calcular oportunamente el problema relacionado a la determinación por métodos directos y a la biomasa microbiana, se da más importancia al uso de los métodos indirectos para calcular la biomasa microbiana, realizándose diversas metodologías. Según Delgado et al. (1999), la tasa de emisión de dióxido de carbono por el suelo es medido con las metodologías de absorción en un álcali y de cilindro invertido.

2.3. Efectos de diferentes sistemas de uso en la calidad del suelo

Los componentes biológicos, químicos y físicos del suelo y sus interacciones, abarcan la calidad del suelo. Debido a esto, todos los parámetros son medidos, a fin de atraer salud al suelo y naturaleza holística de la calidad. No obstante, para los parámetros no presentan igual importancia todos los tipos de suelos (Doran y Lincoln 1999). La mejora de la calidad del suelo se puede observar en la disminución o en el aumento del valor de algunas características y/o particularidades.

2.4. Estándares de calidad ambiental para suelo

El estado es el que tiene la responsabilidad de la regulación y promoción del uso sustentable del suelo, prevención o reducción del daño, degradación por contaminación o erosión. Los Estándares de Calidad Ambiental para el Suelo (ECAs), componen de indicadores los cuales miden el grado acumulación de parámetros químicos que se encuentran en el suelo, y que no presenta peligro impactante para el bienestar y salud de los seres humanos y del ambiente.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución del trabajo de investigación

La investigación se realizó en el estrato fisiográfico laderas de colinas, laderas de montañas y planicie y/o terraza en el departamento de Huánuco, provincia de Leoncio Prado, distrito de Santo Domingo de Anda; los estratos abarcan un área de 12 666,59 hectáreas (44,704% del área del DSDA), un perímetro de 57 875,01mL.

3.1.1. Ubicación política de la zona de estudio

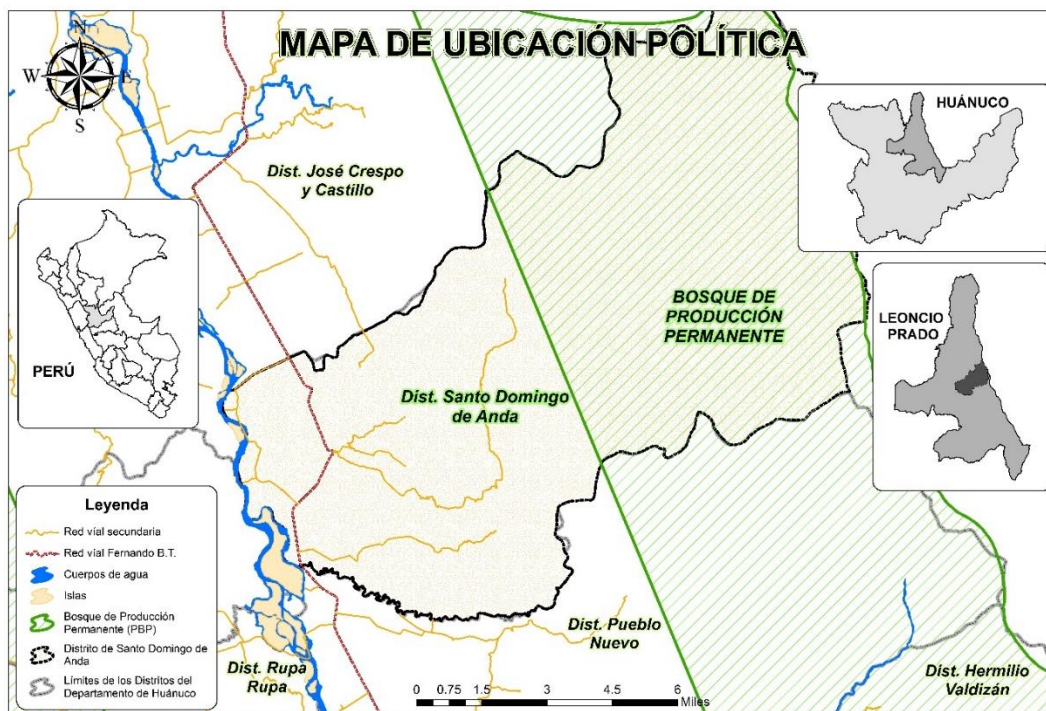


Figura 1. Mapa de ubicación política del distrito de Santo Domingo de Anda

Ubicación de la zona de estudio:

Región : Huánuco
Provincia : Leoncio Prado
Distrito : Santo Domingo de Anda

3.1.2. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo

Geográficamente el distrito de Santo Domingo de Anda está ubicado:

Tabla 1. Coordenadas geográficas en UTM del distrito de Santo Domingo de Anda

ID	Coordenadas			Sector	Fisiografía
	Este (m)	Norte (m)	Altitud (msnm)		
1	388661	8999871	722	José Carlos Mariátegui	Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas
2	384504	9002362	566	Pampa hermosa	Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas
3	388407	8997419	723	José Carlos Mariátegui	Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas
4	387417	8999341	695	José Carlos Mariátegui	Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas
5	383466	9004933	675	Cerro azul	Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas
6	383242	9003451	581	Montero	Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas
7	390361	8996832	566	Pedro Vilca	Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas
8	387930	8998388	620	José Carlos Mariátegui	Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas
9	389904	8999434	679	José Carlos Mariátegui	Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas
10	389371	9000654	796	José Carlos Mariátegui	Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas
11	389123	8998596	646	José Carlos Mariátegui	Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas
12	387151	9000160	670	San pablo	Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas
13	389612	8997318	715	Montero	Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas
14	386055	8998380	589	Árabe	Laderas de Colinas Moderadamente Inclinadas
15	387267	8997444	693	San pablo	Laderas de Colinas Moderadamente Inclinadas
16	384732	9000852	651	Pampa hermosa	Laderas de Colinas Moderadamente Inclinadas
17	385501	9000083	783	Árabe	Laderas de Colinas Moderadamente Inclinadas
18	385436	9001317	649	Pampa hermosa	Laderas de Colinas Moderadamente Inclinadas
19	388755	9002160	747	San pablo	Laderas de Montañas Empinadas

20	389107	9003832	701	Montero	Laderas de Montañas Empinadas
21	386636	9002728	673	José Carlos Mariátegui	Laderas de Montañas Empinadas
22	388540	9005771	875	Montero	Laderas de Montañas Empinadas
23	389869	9005030	965	Montero	Laderas de Montañas Empinadas
24	387285	9004615	626	Pampa hermosa	Laderas de Montañas Empinadas
25	387718	9003176	627	Montero	Laderas de Montañas Empinadas
26	390415	9002883	697	Río seco	Laderas de Montañas Empinadas
27	390814	9000949	637	Río seco	Laderas de Montañas Moderadamente Empinadas
28	389666	9007103	965	Montero	Laderas de Montañas Moderadamente Empinadas
29	384874	9005383	674	Cerro azul	Pie de Montaña Fuertemente Inclinado
30	385428	9003790	724	Montero	Pie de Montaña Fuertemente Inclinado
31	384222	8999205	593	Árabe	Terraza Aluvial Media Ligeramente Inclinada
32	383244	9000350	703	Árabe	Terraza Aluvial Media Ligeramente Inclinada
33	383117	8999578	639	Árabe	Terraza Aluvial Media Ligeramente Inclinada
34	385160	8998740	561	Árabe	Terraza Aluvial Media Ligeramente Inclinada
35	382146	9000497	572	Árabe	Terraza Aluvial Media Ligeramente Inclinada
36	385210	8997506	606	Villa rica	Terraza Aluvial Media Ligeramente Inclinada
37	384450	8997600	626	Villa rica	Terraza Aluvial Media Ligeramente Inclinada
38	384625	8997604	606	Villa rica	Terraza Aluvial Media Ligeramente Inclinada
39	380734	9001384	596	Árabe	Terraza Aluvial Media Moderadamente Inclinada
40	382007	9002450	606	Alto Pacae	Terraza Aluvial Media Moderadamente Inclinada
41	381709	9001523	666	Pampa hermosa	Terraza Aluvial Media Moderadamente Inclinada
42	382797	9002018	601	Árabe	Terraza Fluvial Baja Inundable Plana a casi Plana
43	380264	9000431	604	Árabe	Terraza Fluvial Baja Inundable Plana a casi Plana
44	379490	9004002	918	Pampa hermosa	Terraza Fluvial Baja Inundable Plana a casi Plana
45	380088	9002650	592	Árabe	Terraza Fluvial Baja Inundable Plana a casi Plana

3.2. Características generales de la zona

3.2.1. Clima

El distrito de Santo Domingo de Anda, el clima es tropical, templado-húmedo y semi-cálido, con características diferenciadas a causa de la variación de las temperaturas y el volumen de precipitación pluvial en Rupa Rupa o Selva Alta.

3.2.2. Temperatura

En el distrito de Santo Domingo de Anda, en el espacio llamado “las selvas”, la variación térmica es alta y llega a alcanzar rápidamente los 24,5°C de diferencia con máx. (Máximo) de 38°C., y mín. (mínimo) de 21°C, lo que se entiende que cuenta con periodos climáticos más marcados.

3.2.3. Precipitación

En el distrito de Santo Domingo de Anda, la precipitación promedio anual es de 3 179 mm., para un periodo de 34 años, también en épocas de invierno muestra precipitaciones que pasan los 3 860 mm. El invierno es el tiempo con mayor precipitación, el que se presenta a mediados del mes de octubre a mediados del mes de abril, y que se detiene por un tiempo corto de sequía a mediados del mes de enero hasta principios del mes de febrero. La época de menos precipitación es en verano, que abarca a inicios del mes de mayo a mediados del mes de octubre.

3.2.4. Zonas de vida

El distrito de Santo Domingo de Anda cuenta con las zonas de vida siguientes: Bosque muy Húmedo Premontano Tropical, que favorece al rápido crecimiento de considerable vegetación (arbustiva y arbórea), y a un clima cálido húmedo-lluvioso con considerables precipitaciones pluviales durante cinco meses del año; Bosque pluvial Premontano tropical; Bosque muy Húmedo Premontano Tropical (Transicional a bosque pluvial Premontano tropical); Bosque húmedo tropical (transicional a bosque muy Húmedo Premontano Tropical).

3.3. Materiales y equipos

3.3.1. Materiales

Para el desarrollo del estudio se consideró lo siguiente: pico, machete, pala recta y/o cuchara, envases y bolsas de polietileno para recolección de muestras de suelo, botas y materiales de protección individual, etiquetas o micas, marcador o plumón indeleble, libreta de

apuntes, wincha de 3 m. y/o 5 m.

3.3.2. Software

Software QGIS 3,4,2; Google Earth Pro; Excel y Software Microsoft Word.

3.3.3. Equipos

Para el desarrollo del estudio se consideró los siguientes equipos: Laptop Asus Intel(R) Core(TM) i7, GPS GARMIN Gpsmap 64s, Cámara digital Samsung W700 con zoom óptico de 7x e Impresora Multifuncional HP Smart Tank 533 Plus ADF.

3.4. Metodología

3.4.1. Análisis del estudio

1) Nivel de investigación

La investigación es descriptiva (Hernández et al., 2014), debido a que no hubo manipulación de las variables en estudio, y solo se basó en la observación y/o determinación de los parámetros fisicoquímicos del suelo a fin de determinar la variable índice de calidad del suelo en el estrato fisiográfico laderas de montaña empinada del distrito de Santo Domingo de Anda (SDA).

2) Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicada (Hernández et al., 2014), porque se utilizó las ciencias básicas de la física y química para determinar los parámetros fisicoquímicos del suelo en el estrato fisiográfico del distrito.

3) Variable de investigación

La variable X o de caracterización del estudio de investigación es calidad ambiental del suelo, contando con dos dimensiones: parámetros físicos y parámetros químicos.

La variable Y o de interés del trabajo de investigación es el estrato fisiográfico, teniendo como dimensiones: laderas de colinas, laderas de montañas y terraza.

Las variables intervinientes son: el distrito de Santo Domingo de Anda, los métodos de análisis de laboratorio a emplearse, el clima (precipitación, temperatura, humedad relativa, etc.), los sistemas de cultivos desarrollados en la zona de estudio, los tipos de suelo del distrito, etc.

4) Diseño e investigación

El diseño de investigación es no experimental de tipo transversal o transeccional

descriptivo y correlacional - causal.

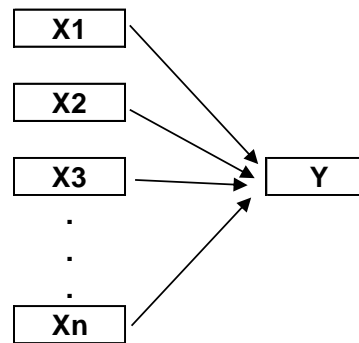


Figura 2. Esquema del diseño de investigación

5) Análisis estadístico

Se trató de un trabajo de investigación cuantitativa, transversal, no experimental y correlacional - causal, en el cual se empleó el método de “análisis de componentes principales” (ACP), particularmente, el análisis correlacional de los parámetros fisicoquímicos del suelo. En este método se empleó el contraste de esfericidad de Barlett a fin de probar que las últimas raíces características que no comprenden a los componentes principales son no significativas. A través del análisis de componentes principales se trató de encontrar un conjunto de combinaciones lineales de los parámetros, con el fin de facilitar la estructura de los datos en componentes principales. Éstas explicaron gran parte de la información que abarcan estos parámetros y estuvieron incorrelacionadas, para que la información no se repita. El análisis de componentes principales tuvo su base teórico en el análisis estadístico multivariante con enfoque en las matrices de varianzas-covarianzas, matrices de correlaciones y matemáticamente en el álgebra matricial de formas características cuadráticas, eigenvectores o vectores y eigenvalores o raíces características, así como, en el método langrangiano para maximizar varianzas. Se ingresaron los datos en una matriz, que en sus filas tuvo a los parámetros y en las columnas a los puntos de muestreo. A través de la matriz y usando el paquete estadístico SPSS, se realizó el análisis y procesamiento de los indicadores agrupándolos en componentes principales.

3.4.2. Obtención de muestras de suelo en el distrito

1) Preparación del mapa fisiográfico y reconocimiento de la zona

El mapa fisiográfico del distrito de Santo Domingo de Anda se realizó a partir de la zonificación económica y ecológica de Huánuco (ZEE-GRH, 2017), una vez elaborado el mapa se seleccionó el estrato fisiográfico ladera de montaña, laderas de colina y terraza,

posteriormente se realizó la inspección de la zona en campo, reconociendo la topografía del área en el ámbito de la zona en estudio.

2) Tamaño de muestra y la distribución y/o ubicación de las calicatas

Para el tamaño o la cantidad de muestras se utilizó la fórmula presentada por Hernández et al. (2014), para ello se recogió muestras pilotos (8 muestras por estrato fisiográfico), la cual permitió determinar el tamaño de muestra; una vez determinada la cantidad de puntos a muestrear, se realizó la aleatorización en los tres estratos fisiográficos: ladera de montaña, laderas de colina y terraza en el distrito de Santo Domingo de Anda, para ello se usó el software Qgis 3,8,3; por lo que las calicatas estuvieron distribuidas aleatoriamente en el estrato de estudio; la población estuvo representada por la cantidad total de grillas de 01 hectárea en el área de trabajo.

$$n = \frac{NZ^2S^2}{(N - 1)e^2 + Z^2S^2}$$

Donde:

- n : Tamaño de muestra (Estrato fisiográfico laderas de colina = 15 grillas de 01Ha; laderas de montaña = 10 grillas de 01Ha; Planicie y/o terraza = 12 grillas de 01Ha)
- N : Población en grillas de 1ha (Estrato fisiográfico laderas de colina = 4 112 grillas de 01Ha; laderas de montaña = 5 568 grillas de 01Ha; Planicie y/o terraza = 2 898 grillas de 01Ha)
- Z : Distribución normalizada (nivel de confianza del 95%, Z=1.96)
- S² : Varianza (Estrato fisiográfico laderas de colina = 98,6; laderas de montaña = 65,8; Planicie y/o terraza = 81,1)
- E : Precisión o error de estimación (5%)
- n_{aj} : Tamaño de muestra ajustada a las pérdidas (proporción ajuntada a las pérdidas = 15%) (Estrato fisiográfico laderas de colina = 18 grillas de 01Ha; laderas de montaña = 12 grillas de 01Ha; Planicie y/o terraza = 15 grillas de 01Ha)

3) Realización de calicatas

Las calicatas fueron realizadas en las zonas determinadas a partir de la aleatorización del estrato fisiográfico: Laderas de Colinas, ladera de montaña y planicie y/o terraza, y estas fueron representativas en la zona de estudio. Las calicatas tuvieron las dimensiones siguientes: 1m de largo x 1m de ancho x 1m de profundidad. Realizada la lectura, se volvió a rellenar el mismo, con el fin de no afectar a los que circulan por la zona y a los animales del lugar.

4) Toma de muestras de suelo

Además, se realizó un recorrido por el área de estudio: estrato fisiográfico ladera de colina, ladera de montaña y terraza, haciendo una inspección total. Se usó el patrón de muestreo al azar en “zigzag”, el cual constó en realizar submuestras en todo el campo continuando un camino en zigzag, seguidamente se procedió a mezclar muy bien hasta alcanzar una muestra compuesta de aprox. (aproximadamente) 01 kilogramo para luego enviarla a analizar al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) (Schweizer, 2011).

4.1) Toma de muestra

Encontrado ya los puntos a muestrear, a través del muestreo aleatorio simple, se continuó limpiando la cubierta del suelo para retirar las submuestras, los que se obtuvo insertando el barreno muestreador a 20 cm de profundidad. Después de haber obtenido las submuestras en un balde (20 submuestras por zona) se procedió a mezclar uniformemente y se utilizó el método del cuarteo, colocando todo el suelo encima de un plástico limpio, para luego dividirlo en 04 partes iguales y separar una de ellas o dos opuestas, volviendo a realizar el procedimiento hasta conseguir 01 kilogramo del suelo (Schweizer, 2011).

4.2) Identificación de muestras

Cada una de la muestra compuesta se trasladó a una bolsa plástica hermética limpia y resistente, con la precaución de no mezclar ni contaminar muestras diferentes. Se utilizó marcador permanente y etiqueta para identificarlas

3.4.3. Propiedades fisicoquímicas del suelo del distrito de Santo Domingo de Anda

Los análisis físicos y químicos del suelo se muestran a continuación, habiéndose realizado en el Laboratorio de Análisis de Suelos de la Facultad de Agronomía y el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Recursos Naturales Renovables - Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tabla 2. Análisis físicos y sus métodos respectivos

Parámetro	Método
Porcentaje de arena	Hidrómetro
Porcentaje de arcilla	Hidrómetro
Porcentaje de limo	Hidrómetro
Clase textural	Triángulo textural

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva y USDA (1995)

Tabla 3. Análisis químicos y sus métodos respectivos

Parámetro	Método
pH	Potenciómetro
Materia orgánica	Walkley y Black
Nitrógeno	Micro Kjeldahl
Fosforo	Tolsen modificado
Potasio	Acetato de amonio

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva y USDA (1995)

Los datos alcanzados se registraron en la tabla siguiente:

Tabla 4. Análisis fisicoquímico de los suelos

Parámetro	Unidad	Valores
pH	1:1	
Materia orgánica	%	
Nitrógeno	%	
Fosforo	Ppm	
Potasio	Ppm	
Cadmio	Ppm	
Calcio	Cmol(+)Kg	
Magnesio	Cmol(+)Kg	
Aluminio	Cmol(+)Kg	
Hidrógeno	Cmol(+)Kg	
CiCe	Cmol(+)Kg	
Bas. Camb	%	
Ac. Camb	%	
Sat.Al	%	

La escala de interpretación se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 5. Escala para la interpretación de elementos químicos de los resultados de análisis de suelos

Elemento químico	Calidad del suelo		
	Bajo	Medio	Alto
M.O. (%)	< 2	2 - 4	> 4

N (%)	< 0.1	0.1 - 0.2	> 0.2
P (ppm)	< 7	7 - 14	> 14
K (ppm)	< 100	100 - 240	> 240

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelo de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) – Facultad de Agronomía de Tingo María

Tabla 6. Escala para la interpretación del pH de los resultados de análisis de suelos

Según Scheffer y Schachtschabel	pH (1:1)
Extremadamente ácido	< 4
Fuertemente ácido	4 – 4,9
Medianamente ácido	5 – 5,9
Ligeramente ácido	6 – 6,9
Neutro	7
Ligeramente alcalino	7,1 - 8
Medianamente alcalino	8,1 - 9
Fuertemente alcalino	9,1 - 10
Extremadamente alcalino	> 10

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelo de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) – Facultad de Agronomía de Tingo María

3.4.4. Índice de calidad ambiental de los suelos del distrito de Santo Domingo de Anda

Para calcular el índice de la calidad del suelo (ICS) se usó el procedimiento referido por Germán (2017), en el que se seleccionó a los indicadores de calidad del suelo y obtención del conjunto mínimo de indicadores (CMD) a través del análisis de componentes principales (ACP), para luego usar la fórmula del índice de la calidad del suelo. El Índice de calidad normalizada (Normalized quality index-QIN) se realizó en relación de los coeficientes de puntuación, valores que se consiguieron calculando la variación (%) del total de datos explicado por cada componente principal, dividiendo por el total (%) de la varianza acumulada (%) explicada de todos los componentes principales, multiplicando por los valores promedios de cada indicador que conforman el CMD.

$$\text{Índice de calidad normalizada (Q/N)=QI}_N = (\sum W_i * C_s) \dots (1)$$

Donde:

W_i= Indicador seleccionado

C_s= Coeficiente de puntuación

A continuación, se presentan los rangos de niveles para el índice de calidad del suelo:

Tabla 7. Niveles del ICS en función de QI_N

Puntuación	Niveles
$QIN \leq 20$	Muy baja calidad
$20,9 \leq QIN \leq 38,6$	Baja calidad
$38,7 \leq QIN \leq 53,8$	Moderada calidad
$53,9 \leq QIN \leq 61,4$	Alta calidad
$QIN \geq 61,5$	Muy alta calidad

Fuente: Sánchez et al. (2015)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Parámetros físicos y químicos del suelo por estratos fisiográficos

4.1.1. Análisis mecánico

En el análisis mecánico se presenta el porcentaje (%) de limo, arcilla y arena según el estrato fisiográfico, apreciándose que el porcentaje mayor de arena se localiza en el estrato de laderas de montañas moderadamente empinadas (56,96% con coeficiente de variación (CV%) de 34,8%), el porcentaje mayor de arcilla se localiza en el estrato fisiográfico laderas de colinas moderadamente empinadas, y el porcentaje mayor de limo se localiza en el estrato fisiográfico laderas de colinas moderadamente inclinadas.

Tabla 8. Análisis mecánico según el estrato fisiográfico

Estrato fisiográfico	Estadística descriptiva	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)
Laderas de Colinas	X	37,42	35,76	26,82
Moderadamente Empinadas	S	12,81	12,41	4,63
	CV%	34,2%	34,7%	17,3%
	X	40,96	25,36	33,68
Laderas de Colinas Moderadamente Inclinadas	S	9,17	7,40	7,13
	CV%	22,4%	29,2%	21,2%
	X	37,21	32,26	30,53
Laderas de Montañas Empinadas	S	9,88	6,30	5,95
	CV%	26,6%	19,5%	19,5%
	X	56,96	20,76	22,28
Laderas de Montañas Moderadamente Empinadas	S	19,80	9,90	9,90
	CV%	34,8%	47,7%	44,4%
	X	51,96	27,76	20,28
Pie de Montaña Fuertemente Inclinado	S	1,41	2,83	1,41
	CV%	2,7%	10,2%	7,0%

Terraza Aluvial Media	X	37,71	31,26	31,03
Ligeramente Inclinada	S	9,50	7,62	5,28
	CV%	25,2%	24,4%	17,0%
Terraza Aluvial Media	X	43,63	29,09	27,28
Moderadamente Inclinada	S	11,02	14,74	4,00
	CV%	25,2%	50,7%	14,7%
Terraza Fluvial Baja	X	41,96	27,76	30,28
Inundable Plana a casi Plana	S	18,65	13,95	8,25
	CV%	44,5%	50,3%	27,2%

X: Promedio, S: Desviación estándar, CV%: Coeficiente de variación

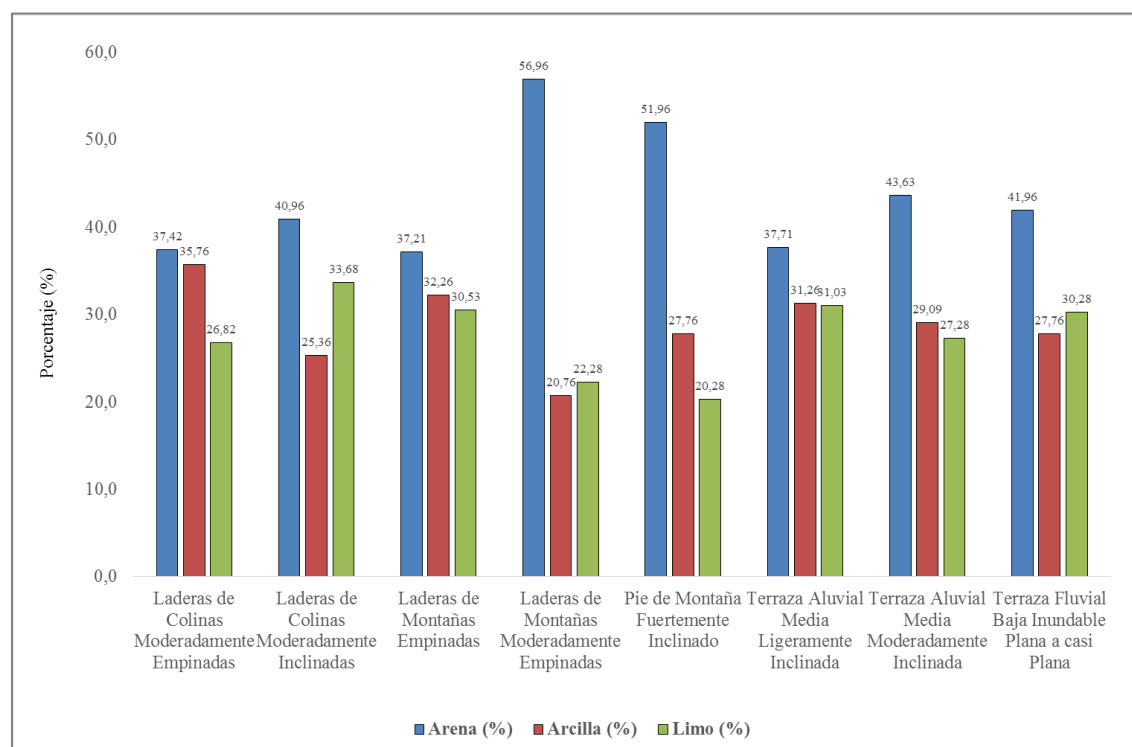


Figura 3. Análisis mecánico de suelo según su estrato fisiográfico

4.1.2. Análisis de pH

Según los niveles diferentes de pH en los suelos del distrito de Santo Domingo de Anda, el suelo con mayor pH se presenta en el estrato fisiográfico terraza fluvial baja inundable plana a casi plana (6,91 y con un coeficiente de variación de 16,7%) el cual se localiza en el rango como ligeramente ácido, y el suelo con menor pH se presenta en el

estrato fisiográfico terraza aluvial media ligeramente inclinada (4,48 y con un coeficiente de variación de 8,8%), localizándose en el rango como fuertemente ácido.

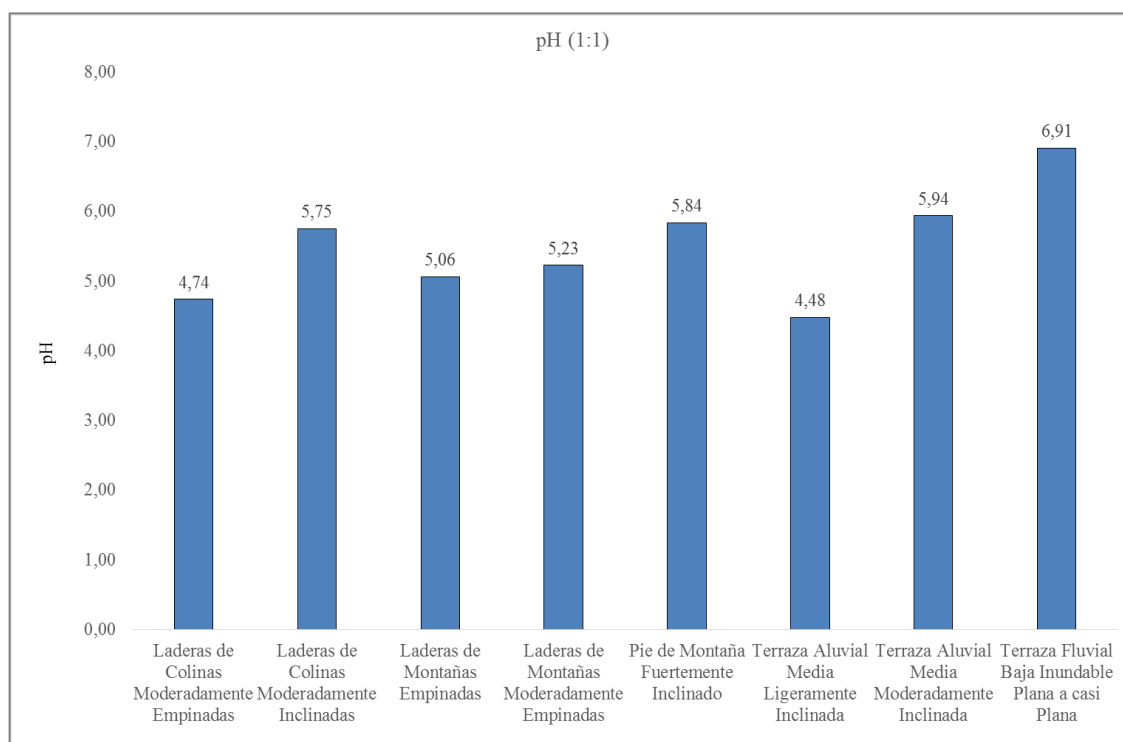


Figura 4. Análisis del pH del suelo según su estrato fisiográfico

Tabla 9. Análisis del pH según el estrato fisiográfico

Estrato fisiográfico	Estadística descriptiva	pH (1:1)
Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas	X	4,74
	S	0,56
	CV%	11,8%
Laderas de Colinas Moderadamente Inclinadas	X	5,75
	S	0,92
	CV%	15,9%
Laderas de Montañas Empinadas	X	5,06
	S	1,09
	CV%	21,6%
Laderas de Montañas Moderadamente Empinadas	X	5,23
	S	0,18

	CV%	3,4%
	X	5,84
Pie de Montaña Fuertemente Inclinado	S	1,45
	CV%	24,8%
	X	4,48
Terraza Aluvial Media Ligeramente Inclineda	S	0,40
	CV%	8,8%
	X	5,94
Terraza Aluvial Media Moderadamente Inclineda	S	0,29
	CV%	4,9%
	X	6,91
Terraza Fluvial Baja Inundable Plana a casi Plana	S	1,15
	CV%	16,7%

X: Promedio, S: Desviación estándar, CV%: Coeficiente de variación

4.1.3. Materia orgánica (%)

El mayor porcentaje de materia orgánica en el suelo según el estrato fisiográfico se encuentra en las laderas de colinas moderadamente inclinadas (1,97% y con un coeficiente de variación de 24,1%) y el menor porcentaje se encuentra en las laderas de colinas moderadamente empinadas (1,47% y con un coeficiente de variación de 12,5%); cabe mencionar que ninguno de los estratos analizados supera el 2%, concluyendo así que los suelos del distrito de Santo Domingo de Anda tienen baja calidad.

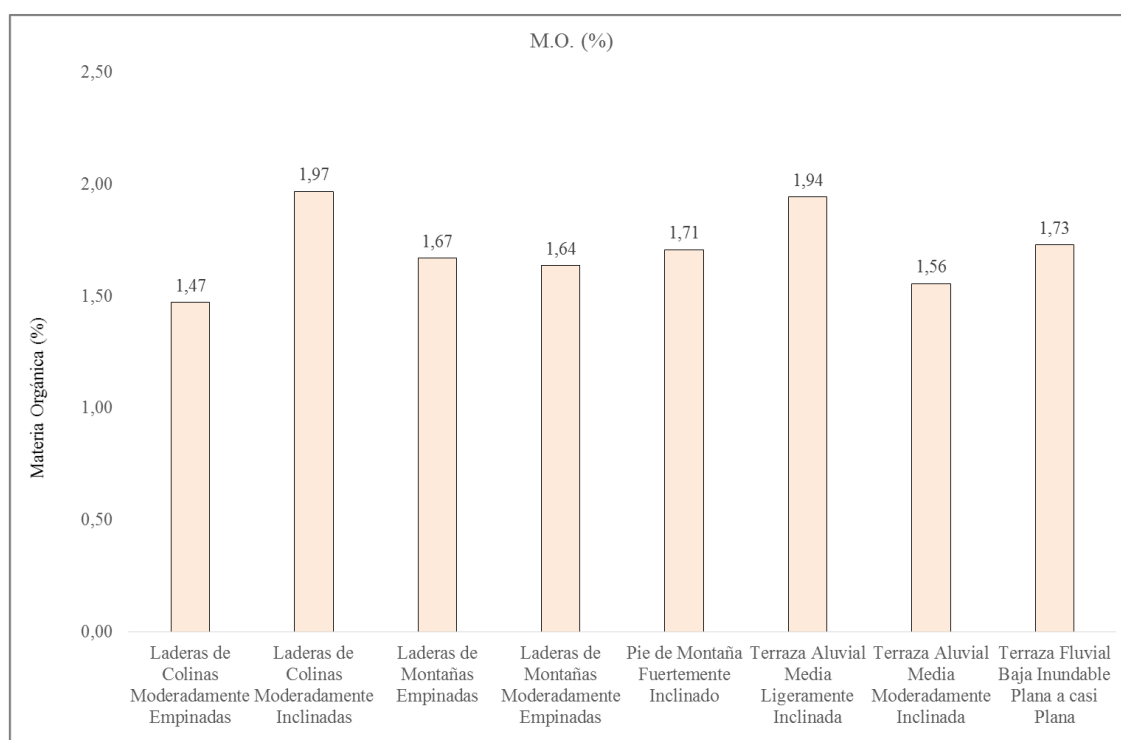


Figura 5. Materia orgánica según su estrato fisiográfico

Tabla 10. Análisis de la materia orgánica según el estrato fisiográfico

Estrato fisiográfico	Estadística descriptiva	M.O. (%)
Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas	X	1,47
	S	0,18
	CV%	12,5%
Laderas de Colinas Moderadamente Inclinas	X	1,97
	S	0,47
	CV%	24,1%
Laderas de Montañas Empinadas	X	1,67
	S	0,36
	CV%	21,5%
Laderas de Montañas Moderadamente Empinadas	X	1,64
	S	0,17
	CV%	10,6%
Pie de Montaña Fuertemente Inclinado	X	1,71

	S	0,25
	CV%	14,4%
	X	1,94
Terraza Aluvial Media Ligeramente Inclinada	S	0,37
	CV%	18,9%
	X	1,56
Terraza Aluvial Media Moderadamente Inclinada	S	0,36
	CV%	22,9%
	X	1,73
Terraza Fluvial Baja Inundable Plana a casi Plana	S	0,60
	CV%	34,8%

X: Promedio, S: Desviación estándar, CV%: Coeficiente de variación

4.1.4. Nitrógeno (%)

El valor máximo de nitrógeno se encuentra en dos estratos fisiográficos con un valor de 0.10% (laderas de colinas moderadamente inclinadas y terraza aluvial media ligeramente inclinada), y el mínimo valor se encuentra en el estrato laderas de colinas moderadamente empinadas (0,07% y con un coeficiente de variación de 12,5%); cabe mencionar que los valores se encuentran en dos rangos: < 0.1 (baja) y 0.1 - 0.2 (media), por lo que de acuerdo a la “escala para la interpretación de elementos químicos de los resultados de análisis de suelos” los suelos son de calidad baja y media.

Tabla 11. Análisis del nitrógeno según el estrato fisiográfico

Estrato fisiográfico	Estadística descriptiva	
		N (%)
Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas	X	0,07
	S	0,01
	CV%	12,5%
Laderas de Colinas Moderadamente Inclinadas	X	0,10
	S	0,02
	CV%	24,1%
Laderas de Montañas Empinadas	X	0,08

	S	0,02
	CV%	21,5%
	X	0,08
Laderas de Montañas Moderadamente Empinadas	S	0,01
	CV%	10,6%
	X	0,09
Pie de Montaña Fuertemente Inclinado	S	0,01
	CV%	14,4%
	X	0,10
Terraza Aluvial Media Ligeramente Inclineda	S	0,02
	CV%	18,9%
	X	0,08
Terraza Aluvial Media Moderadamente Inclineda	S	0,02
	CV%	22,9%
	X	0,09
Terraza Fluvial Baja Inundable Plana a casi Plana	S	0,03
	CV%	34,8%

X: Promedio, S: Desviación estándar, CV%: Coeficiente de variación

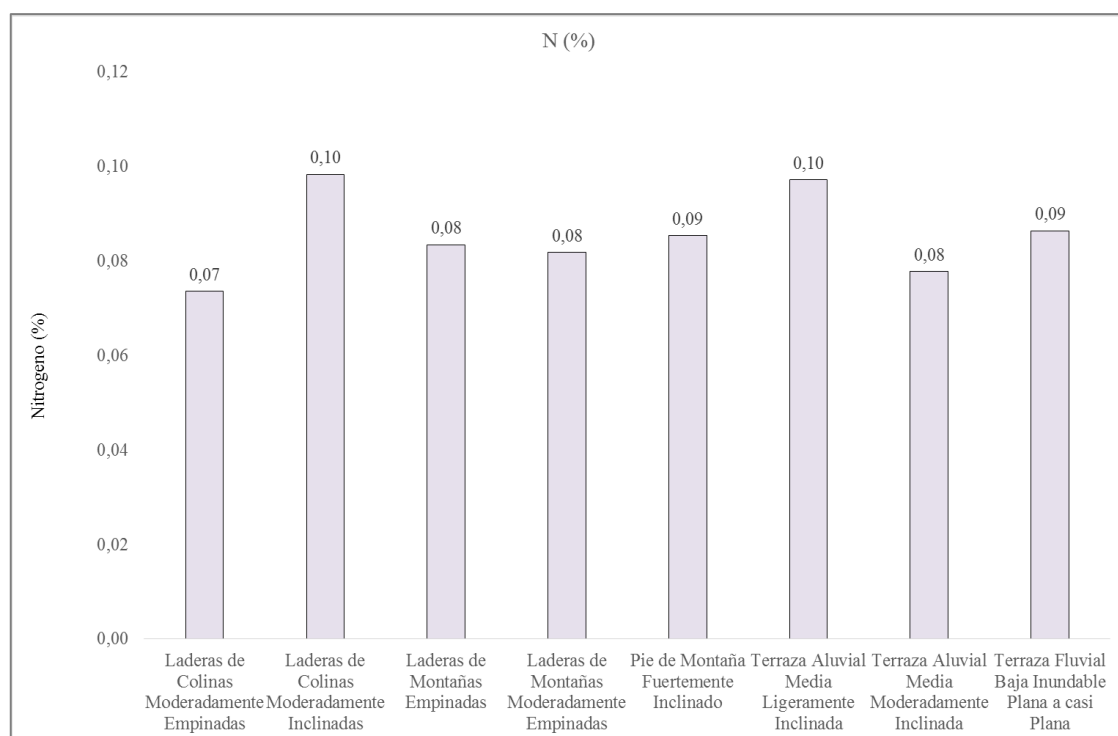


Figura 6. Nitrógeno según su estrato fisiográfico

4.1.5. Fosforo disponible (ppm)

El mayor contenido de fosforo disponible se encuentra en el estrato fisiográfico Terraza Fluvial Baja Inundable Plana a casi Plana (6,72 ppm y con un coeficiente de variación de 20,5%) y el menor porcentaje en el estrato Terraza Aluvial Media Ligeramente Inclinada (4,51 ppm y un coeficiente de variación de 11,1%); estos porcentajes se encuentran debajo del rango < 7 P (ppm), el cual se presenta en la tabla “escala para la interpretación de elementos químicos de los resultados de análisis de suelos” considerándose entonces a este suelo de baja calidad.

Tabla 12. Análisis del fosforo disponible según el estrato fisiográfico

Estrato fisiográfico	Estadística descriptiva	P (ppm)
	X	4,94
Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas	S	1,17
	CV%	23,6%
	X	5,59
Laderas de Colinas Moderadamente Inclinadas	S	0,80
	CV%	14,4%
	X	5,01
Laderas de Montañas Empinadas	S	0,86
	CV%	17,2%
	X	5,32
Laderas de Montañas Moderadamente Empinadas	S	0,14
	CV%	2,7%
	X	5,53
Pie de Montaña Fuertemente Inclinado	S	0,79
	CV%	14,2%
	X	4,51
Terraza Aluvial Media Ligeramente Inclinada	S	0,50
	CV%	11,1%
	X	6,03
Terraza Aluvial Media Moderadamente Inclinada	S	0,24

	CV%	4,0%
	X	6,72
Terraza Fluvial Baja Inundable Plana a casi Plana	S	1,38
	CV%	20,5%

X: Promedio, S: Desviación estándar, CV%: Coeficiente de variación

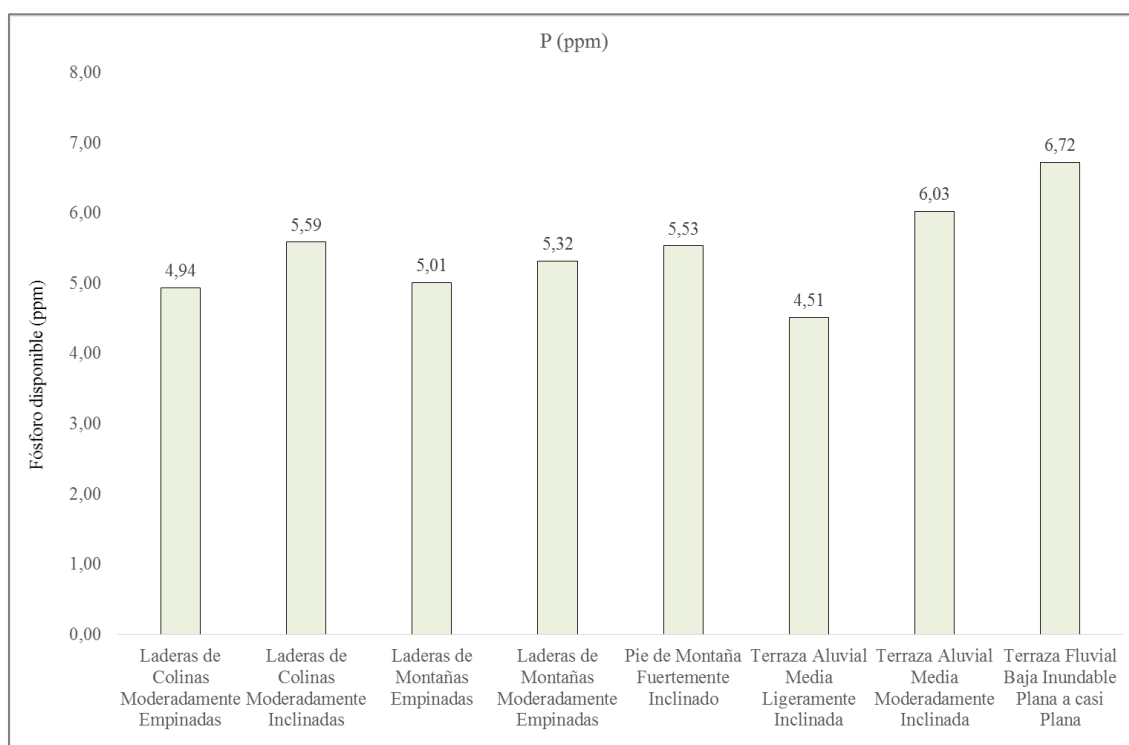


Figura 7. Fosforo disponible según su estrato fisiográfico

4.1.6. Potasio disponible (ppm)

El suelo con mayor contenido de potasio disponible estuvo en el estrato fisiográfico Terraza Fluvial Baja Inundable Plana a casi Plana (108,54 ppm y con un porcentaje de variación de 41,1%) y el menor porcentaje en el estrato Pie de Montaña Fuertemente Inclinado (67,12 ppm y un coeficiente de variación de 38,0%), estos porcentajes se encuentran en dos rangos: < 100 (bajo) y 100 – 240 (medio), el cual se presenta en la tabla “escala para la interpretación de elementos químicos de los resultados de análisis de suelos”, concluyendo que los suelos en el distrito de Santo Domingo de Anda tienen calidad baja y media.

Tabla 13. Análisis del potasio disponible según el estrato fisiográfico

Estrato Fisiográfico	Estadística descriptiva	K (ppm)
	X	70,37
Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas	S	18,48
	CV%	26,3%
	X	78,40
Laderas de Colinas Moderadamente Inclinas	S	42,92
	CV%	54,7%
	X	93,78
Laderas de Montañas Empinadas	S	42,76
	CV%	45,6%
	X	72,06
Laderas de Montañas Moderadamente Empinadas	S	10,95
	CV%	15,2%
	X	67,12
Pie de Montaña Fuertemente Inclinado	S	25,52
	CV%	38,0%
	X	69,69
Terraza Aluvial Media Ligeramente Inclina	S	23,06
	CV%	33,1%
	X	80,96
Terraza Aluvial Media Moderadamente Inclina	S	4,50
	CV%	5,6%
	X	108,54
Terraza Fluvial Baja Inundable Plana a casi Plana	S	44,65
	CV%	41,1%

X: Promedio, S: Desviación estándar, CV%: Coeficiente de variación

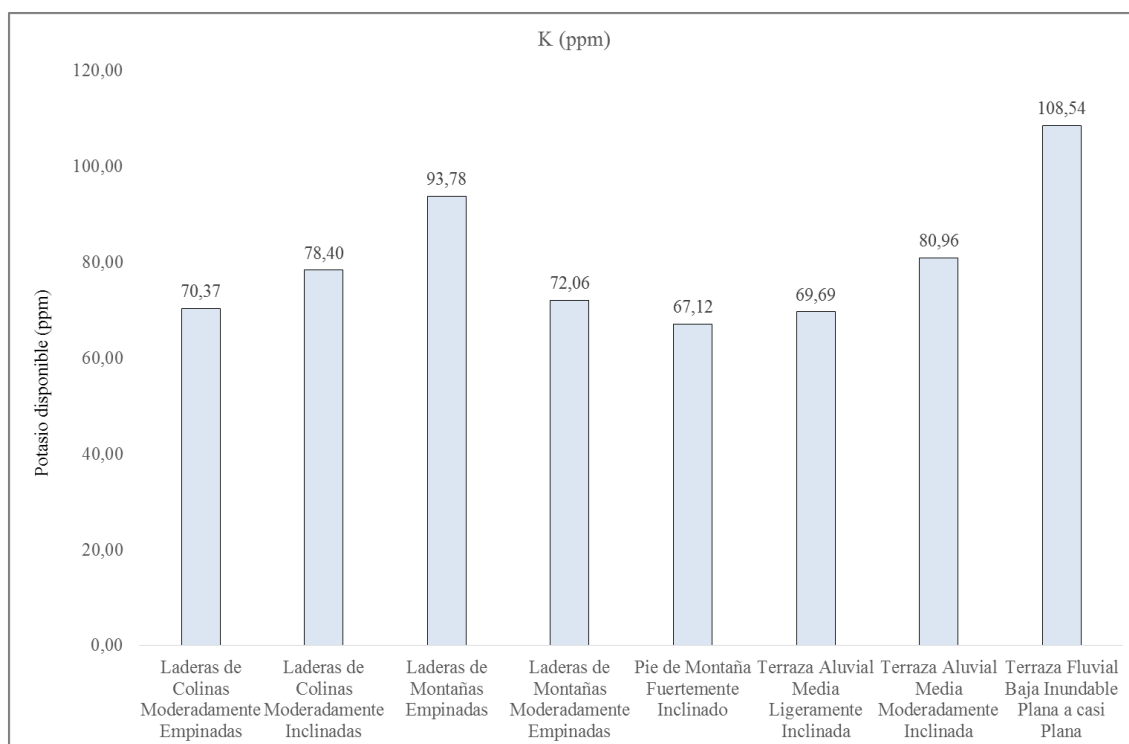


Figura 8. Potasio disponible según su estrato fisiográfico

4.1.7. Cadmio disponible (ppm)

El suelo con mayor contenido de cadmio disponible lo presenta el estrato fisiográfico Pie de montaña fuertemente inclinado (1,07 ppm y un coeficiente de variación de 136,7%) y el menor porcentaje se encuentra en tres estratos (Laderas de colinas moderadamente empinadas (0,04 ppm y con un coeficiente de variación de 69,8%), Laderas de montañas moderadamente empinadas (0,04 ppm y con un coeficiente de variación de 70,7%) y Terraza aluvial media ligeramente inclinada (0,04 ppm y con un coeficiente de variación de 66,3%).

Se ha realizado también el contraste de los estándares de calidad ambiental del suelo (ECA), considerándose para el análisis respectivo, los ECA para usos de suelos agrícolas en el distrito de Santo Domingo de Anda de 1.4 mg/kg de peso seco o ppm; es así que se aprecia en la Tabla, que ningún estrato fisiográfico sobrepasa el estándar que menciona el D.S. 011-2017-MINAM; lo cual quiere decir que los suelos del distrito por estratos fisiográficos son de buena calidad, es posible que sea así, debido a que en estos suelos se práctica la agroforestería, y como los suelos son ácidos a moderadamente ácidos la agricultura no es tan intensiva, esto ayuda a contrarrestar el uso excesivo de insumos

químicos como son los insecticidas, pesticidas, herbicidas, entre otros, y por ende para su conservación y/o protección del recurso suelo en el distrito.

Tabla 14. Análisis del cadmio disponible según el estrato fisiográfico

Estrato fisiográfico	Estadística descriptiva	Cd (ppm)
	X	0,04
Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas	S	0,03
	CV%	69,8%
	X	0,26
Laderas de Colinas Moderadamente Inclinadas	S	0,48
	CV%	186,4%
	X	0,09
Laderas de Montañas Empinadas	S	0,05
	CV%	58,6%
	X	0,04
Laderas de Montañas Moderadamente Empinadas	S	0,03
	CV%	70,7%
	X	1,07
Pie de Montaña Fuertemente Inclinado	S	1,47
	CV%	136,7%
	X	0,04
Terraza Aluvial Media Ligeramente Inclinada	S	0,02
	CV%	66,3%
	X	0,39
Terraza Aluvial Media Moderadamente Inclinada	S	0,39
	CV%	100,1%
	X	0,07
Terraza Fluvial Baja Inundable Plana a casi Plana	S	0,03
	CV%	47,2%

X: Promedio, S: Desviación estándar, CV%: Coeficiente de variación

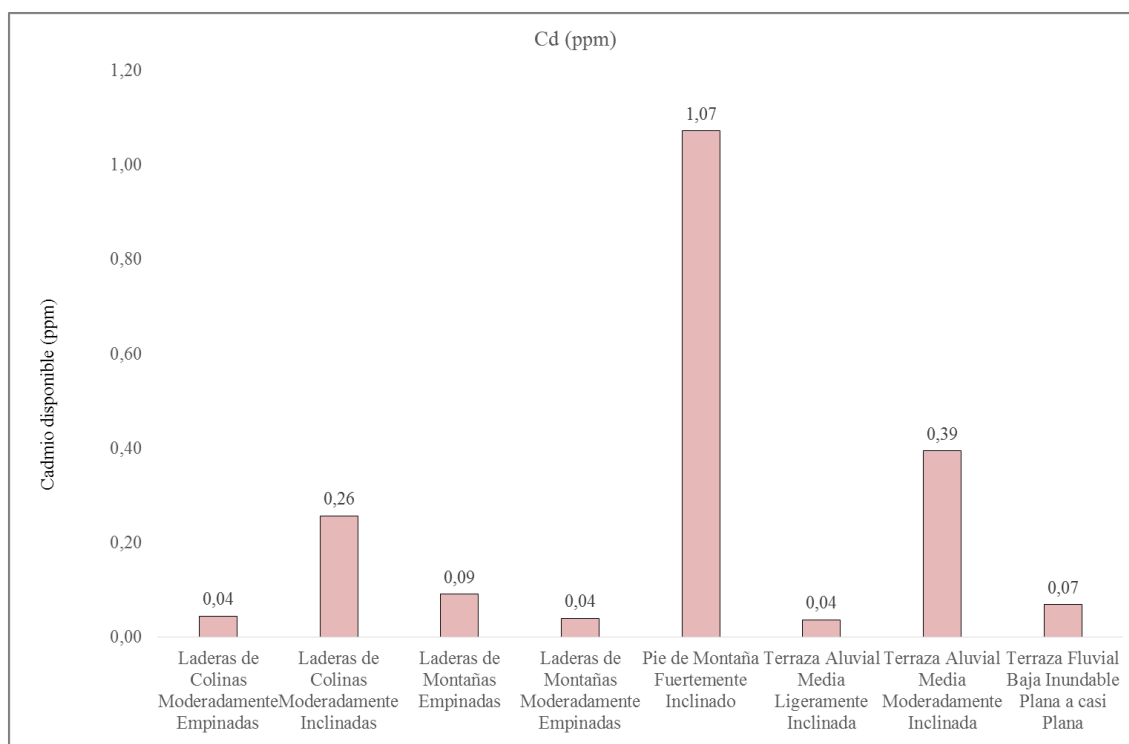


Figura 9. Cadmio disponible según su estrato fisiográfico

4.1.8. Análisis de parámetros de fertilidad de suelos

1) Capacidad de intercambio catiónico (CIC) (meq/100g)

En el suelo del distrito de Santo Domingo de Anda, el mayor contenido de capacidad de intercambio catiónico se encuentra en el estrato fisiográfico Laderas de montañas empinadas (8,64 meq/100g y un coeficiente de variación de 15,6%), el menor porcentaje en el estrato Terraza aluvial media moderadamente inclinada (5,16 meq/100g y un coeficiente de variación de 49,0%), y en los estratos Laderas de montañas moderadamente empinadas y Terraza aluvial media ligeramente inclinada no se encontró este parámetro. Es conveniente indicar que el indicador potencial del suelo es la capacidad de intercambio catiónico, esto con el fin de retener e intercambiar nutrientes con las demás plantas.

Tabla 15. Análisis de la capacidad de intercambio catiónico según el estrato fisiográfico

Estrato fisiográfico	Estadística descriptiva	CIC (meq/100g)
Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas	X	6,44

	S	-
	CV%	0,0%
	X	6,20
Laderas de Colinas Moderadamente Inclinas	S	3,09
	CV%	49,7%
	X	8,64
Laderas de Montañas Empinadas	S	1,35
	CV%	15,6%
	X	-
Laderas de Montañas Moderadamente Empinadas	S	-
	CV%	-
	X	8,55
Pie de Montaña Fuertemente Inclinado	S	-
	CV%	-
	X	-
Terraza Aluvial Media Ligeramente Inclina	S	-
	CV%	-
	X	5,16
Terraza Aluvial Media Moderadamente Inclina	S	2,53
	CV%	49,0%
	X	7,89
Terraza Fluvial Baja Inundable Plana a casi Plana	S	2,08
	CV%	26,4%

X: Promedio, S: Desviación estándar, CV%: Coeficiente de variación

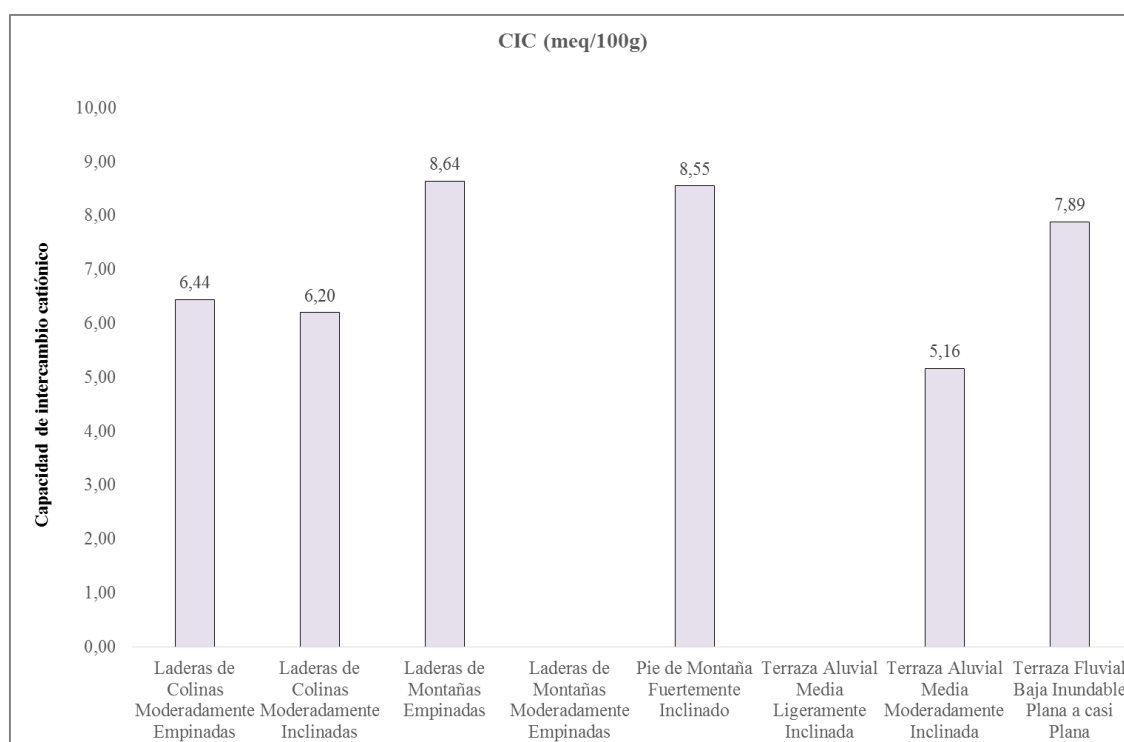


Figura 10. Capacidad de intercambio catiónico según su estrato fisiográfico

2) Calcio (Cmol(+)/Kg)

El máximo valor de calcio en el suelo del distrito de Santo Domingo de Anda se encuentra en el estrato fisiográfico Terraza fluvial baja inundable plana a casi plana (6,62 Cmol(+)/kg y un coeficiente de variación de 28,0%) y el menor valor en el estrato de Terraza aluvial media ligeramente inclinada (1,92 Cmol(+)/kg y un coeficiente de variación de 32,7%), el calcio es el que aporta significativamente a la capacidad de intercambio catiónico efectivo (CICE) y la capacidad de intercambio catiónico (CIC).

Tabla 16. Análisis del calcio según el estrato fisiográfico

Estrato fisiográfico	Estadística descriptiva	Ca Cmol(+)/kg
	X	2,90
Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas	S	1,44
	CV%	49,6%
Laderas de Colinas Moderadamente Inclinas	X	3,72
	S	2,71

	CV%	72,9%
	X	4,17
Laderas de Montañas Empinadas	S	2,76
	CV%	66,3%
	X	3,15
Laderas de Montañas Moderadamente Empinadas	S	0,88
	CV%	27,8%
	X	4,45
Pie de Montaña Fuertemente Inclinado	S	4,32
	CV%	96,9%
	X	1,92
Terraza Aluvial Media Ligeramente Inclineda	S	0,63
	CV%	32,7%
	X	4,21
Terraza Aluvial Media Moderadamente Inclineda	S	2,37
	CV%	56,2%
	X	6,62
Terraza Fluvial Baja Inundable Plana a casi Plana	S	1,85
	CV%	28,0%

X: Promedio, S: Desviación estándar, CV%: Coeficiente de variación

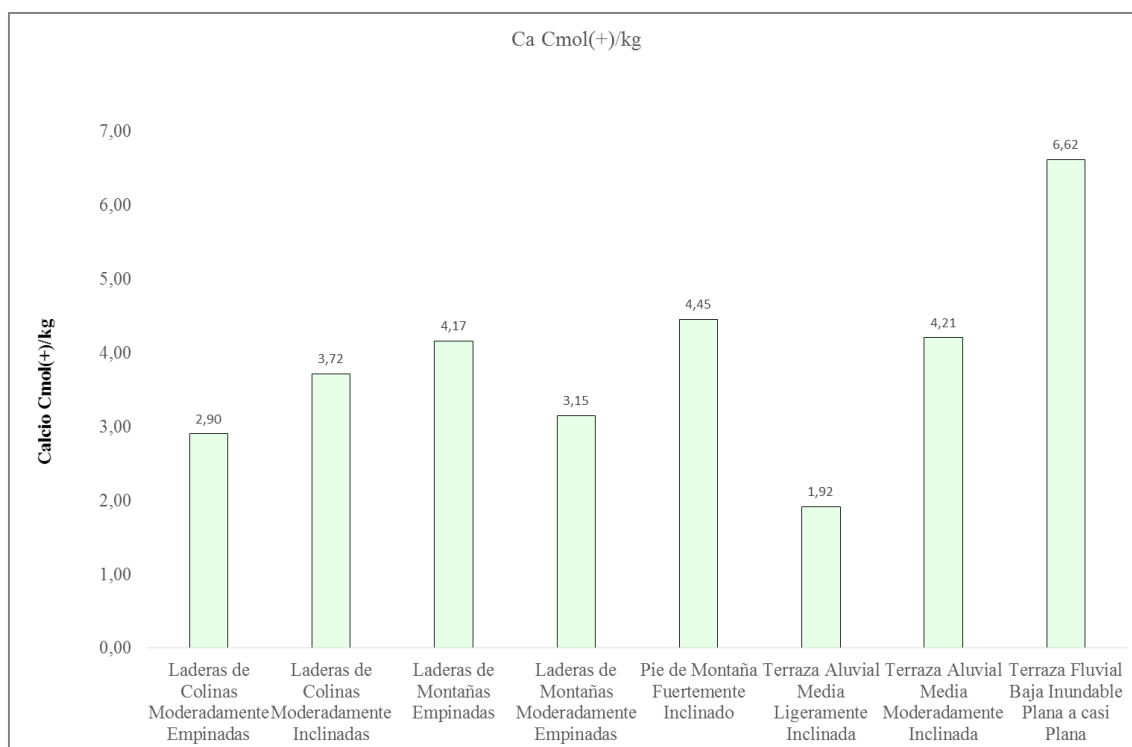


Figura 11. Calcio (Cmol(+)/Kg) según su estrato fisiográfico

3) Magnesio (Cmol(+)/Kg)

El suelo del distrito con mayor contenido de magnesio se encuentra en el estrato fisiográfico Terraza fluvial baja inundable plana a casi plana (0,90 Cmol(+)/kg y un coeficiente de variación de 17,5%) y el menor porcentaje en el estrato Terraza aluvial media ligeramente inclinada (0,27 Cmol(+)/kg y un coeficiente de variación de 35,6%), en el caso del magnesio así como del calcio, este elemento también aporta significativamente a la capacidad de intercambio catiónico efectivo (CICE) y a la capacidad de intercambio catiónico (CIC).

Tabla 17. Análisis del magnesio según el estrato fisiográfico

Estrato fisiográfico	Estadística descriptiva	Mg Cmol(+)/kg
	X	0,37
Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas	S	0,21
	CV%	57,0%
Laderas de Colinas Moderadamente Inclinas	X	0,50

	S	0,35
	CV%	70,8%
	X	0,53
Laderas de Montañas Empinadas	S	0,36
	CV%	68,2%
	X	0,35
Laderas de Montañas Moderadamente Empinadas	S	0,15
	CV%	41,6%
	X	0,45
Pie de Montaña Fuertemente Inclinado	S	0,37
	CV%	82,2%
	X	0,27
Terraza Aluvial Media Ligeramente Inclineda	S	0,10
	CV%	35,6%
	X	0,64
Terraza Aluvial Media Moderadamente Inclineda	S	0,18
	CV%	27,6%
	X	0,90
Terraza Fluvial Baja Inundable Plana a casi Plana	S	0,16
	CV%	17,5%

X: Promedio, S: Desviación estándar, CV%: Coeficiente de variación

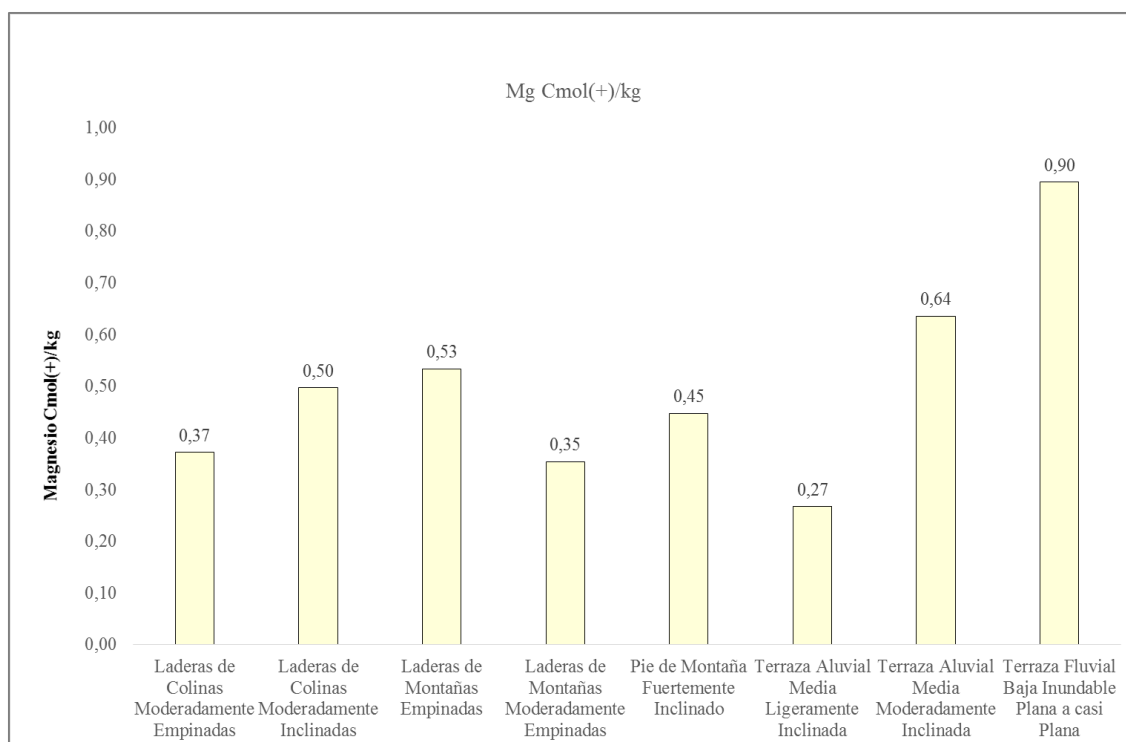


Figura 12. Magnesio (Cmol(+)/Kg) según su estrato fisiográfico

4) Potasio (Cmol(+)/Kg)

El valor máximo de potasio en el suelo se encuentra en el estrato fisiográfico Laderas de Montañas Empinadas (0,36 Cmol(+)/kg y un coeficiente de variación de 48,7%), el menor valor en Laderas de colinas moderadamente empinadas (0,12 Cmol(+)/kg y un coeficiente de variación de 0%), y en los estratos fisiográficos Laderas de montañas moderadamente empinadas y Terraza aluvial media ligeramente inclinada no se halla presencia de este parámetro.

Tabla 18. Análisis del potasio según el estrato fisiográfico

Estrato fisiográfico	Estadística descriptiva	K Cmol(+)/kg
Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas	X	0,12
	S	-
	CV%	0,0%
Laderas de Colinas Moderadamente Inclinas	X	0,28
	S	0,12

	CV%	43,6%
	X	0,36
Laderas de Montañas Empinadas	S	0,18
	CV%	48,7%
	X	-
Laderas de Montañas Moderadamente Empinadas	S	-
	CV%	-
	X	0,18
Pie de Montaña Fuertemente Inclinado	S	-
	CV%	-
	X	-
Terraza Aluvial Media Ligeramente Inclinada	S	-
	CV%	-
	X	0,19
Terraza Aluvial Media Moderadamente Inclinada	S	0,03
	CV%	13,7%
	X	0,24
Terraza Fluvial Baja Inundable Plana a casi Plana	S	0,13
	CV%	53,5%

X: Promedio, S: Desviación estándar, CV%: Coeficiente de variación

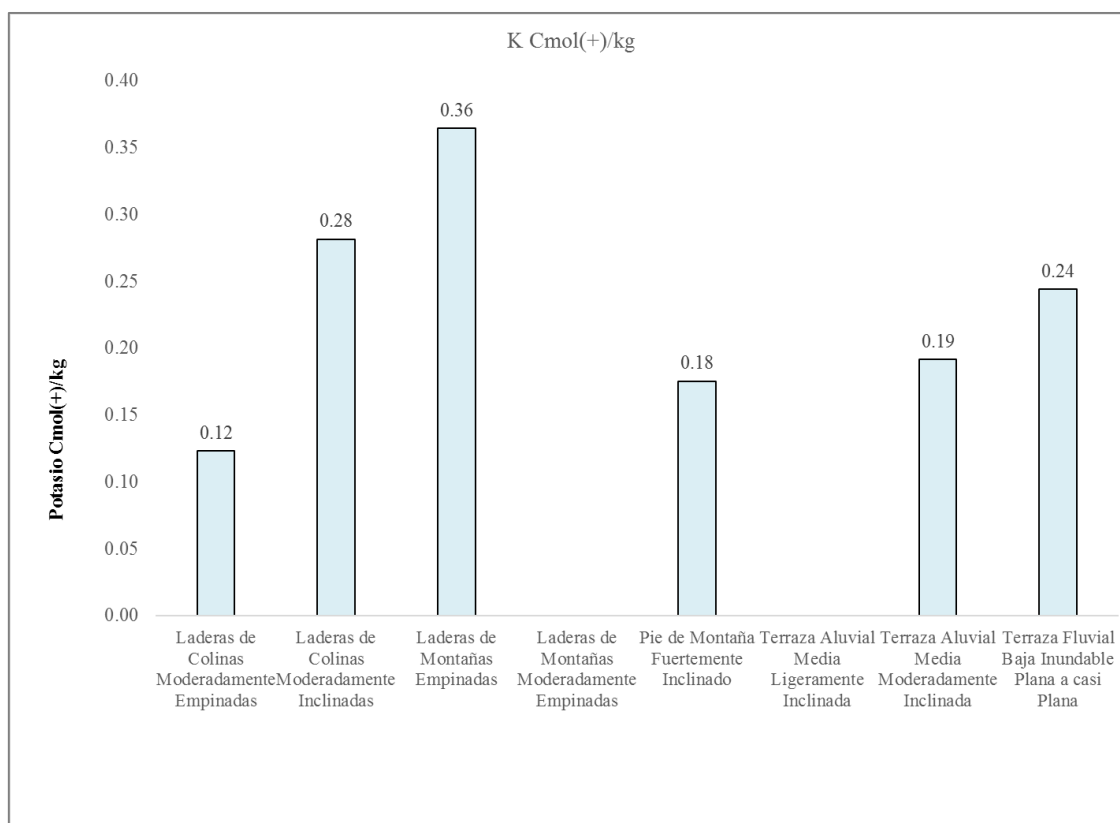


Figura 13. Potasio (Cmol(+)/Kg) según su estrato fisiográfico

5) Sodio (Cmol(+)/Kg)

En el suelo del distrito, el mayor contenido de sodio se encuentra en los estratos fisiográficos Laderas de montañas empinadas (0,16 Cmol(+)/kg y un coeficiente de variación de 6.3%) y Pie de montaña fuertemente inclinado (0.16 Cmol(+)/kg y un coeficiente de variación de 0%), el porcentaje menor se encuentra en el estrato Laderas de colinas moderadamente empinadas (0,10 Cmol(+)/kg y un coeficiente de variación de 0.0%), y en los estratos fisiográficos Laderas de montañas moderadamente empinadas y Terraza aluvial media ligeramente inclinada no existe presencia de este parámetro.

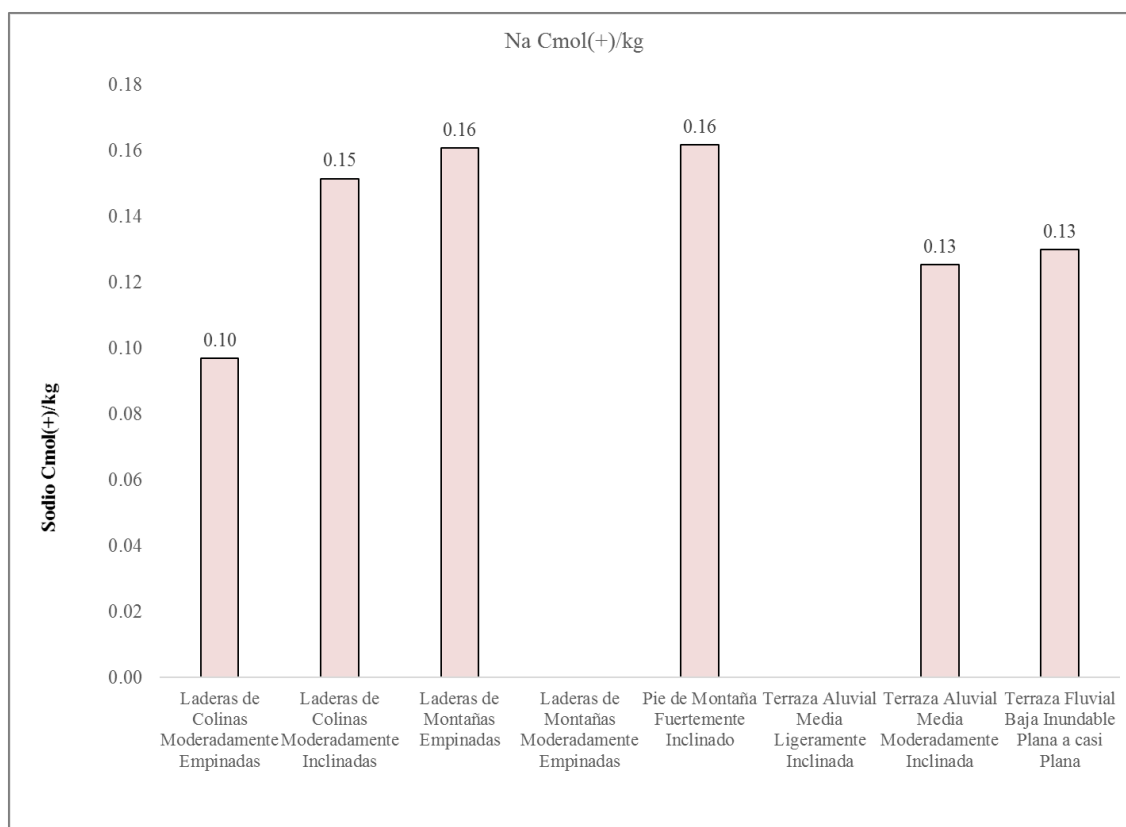


Figura 14. Sodio (Cmol(+)/Kg) según su estrato fisiográfico

Tabla 19. Análisis del sodio según el estrato fisiográfico

Estrato fisiográfico	Estadística descriptiva	Na Cmol(+)/kg
Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas	X	0.10
	S	-
	CV%	0.0%
Laderas de Colinas Moderadamente Inclinas	X	0.15
	S	0.05
	CV%	36.0%
Laderas de Montañas Empinadas	X	0.16
	S	0.01
	CV%	6.3%
Laderas de Montañas Moderadamente Empinadas	X	-
	S	-
	CV%	-

	X	0.16
Pie de Montaña Fuertemente Inclinado	S	-
	CV%	-
	X	-
Terraza Aluvial Media Ligeramente Inclineda	S	-
	CV%	-
	X	0.13
Terraza Aluvial Media Moderadamente Inclineda	S	0.01
	CV%	11.9%
	X	0.13
Terraza Fluvial Baja Inundable Plana a casi Plana	S	0.04
	CV%	29.4%

X: Promedio, S: Desviación estándar, CV%: Coeficiente de variación

6) Aluminio (Cmol(+)/Kg)

En el distrito de Santo Domingo de Anda, el suelo con mayor contenido de aluminio se encuentra en el estrato fisiográfico Laderas de colinas moderadamente empinadas (5,67 Cmol(+)/kg y un coeficiente de variación de 50.0%), el menor porcentaje en Laderas de montañas moderadamente empinadas (1,94 Cmol(+)/kg y un coeficiente de variación de 10.2%), y en dos estratos Terraza aluvial media moderadamente inclinada y Terraza fluvial baja inundable plana a casi plana no se encontraron este parámetro. Es necesario precisar que el elemento aluminio es el responsable de la acidez del suelo, y este a su vez está representada y/o materializada por el pH del suelo y este está relacionada con la estructura arcillosa del suelo en el distrito.

Tabla 20. Análisis del aluminio según el estrato fisiográfico

Estrato fisiográfico	Estadística descriptiva	Al Cmol(+)/kg
	X	5.67
Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas	S	2.83
	CV%	50.0%
Laderas de Colinas Moderadamente Inclinedas	X	4.32

	S	5.06
	CV%	117.2%
	X	4.29
Laderas de Montañas Empinadas	S	2.22
	CV%	51.8%
	X	1.94
Laderas de Montañas Moderadamente Empinadas	S	0.20
	CV%	10.2%
	X	4.51
Pie de Montaña Fuertemente Inclinado	S	-
	CV%	-
	X	4.18
Terraza Aluvial Media Ligeramente Inclineda	S	1.30
	CV%	31.0%
	X	-
Terraza Aluvial Media Moderadamente Inclineda	S	-
	CV%	-
	X	-
Terraza Fluvial Baja Inundable Plana a casi Plana	S	-
	CV%	-

X: Promedio, S: Desviación estándar, CV%: Coeficiente de variación

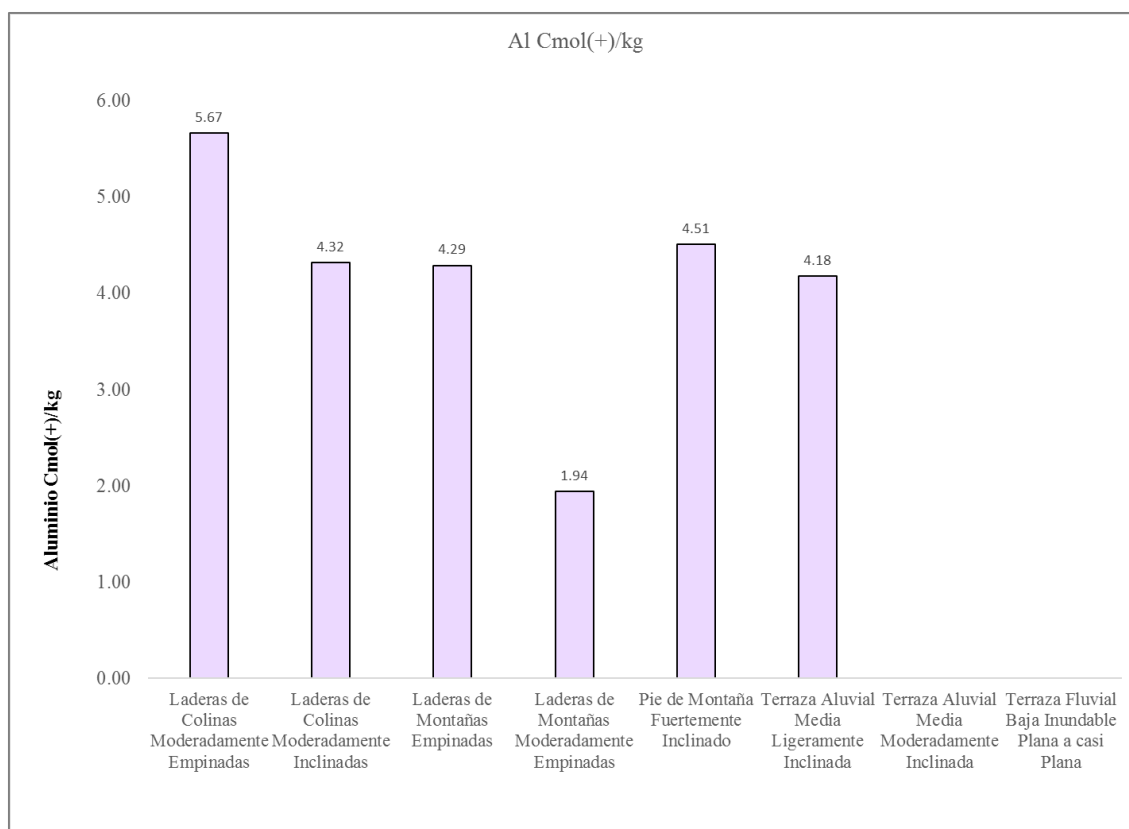


Figura 15. Aluminio (Cmol(+)/Kg) según su estrato fisiográfico

7) Hidrogeno (Cmol(+)/Kg)

El máximo valor de hidrogeno en el suelo del distrito se encontraron en el estrato fisiográfico Pie de montaña fuertemente inclinado (0,79 Cmol(+)/kg y un coeficiente de variación de 0%), el menor valor en Laderas de colinas moderadamente empinadas (0.43 Cmol(+)/kg y un coeficiente de variación de 93.9%), también se observa que no existe este parámetro en dos estratos: Terraza aluvial media moderadamente inclinada y Terraza fluvial baja inundable plana a casi plana.

Tabla 21. Análisis del hidrogeno según el estrato fisiográfico

Estrato fisiográfico	Estadística descriptiva	H Cmol(+)/kg
Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas	X	0.43
	S	0.40
	CV%	93.9%
Laderas de Colinas Moderadamente Inclinas	X	0.78
	S	0.45

	CV%	58.0%
	X	0.45
Laderas de Montañas Empinadas	S	0.32
	CV%	70.4%
	X	0.46
Laderas de Montañas Moderadamente Empinadas	S	0.37
	CV%	79.9%
	X	0.79
Pie de Montaña Fuertemente Inclinado	S	-
	CV%	-
	X	0.65
Terraza Aluvial Media Ligeramente Inclineda	S	0.61
	CV%	95.3%
	X	-
Terraza Aluvial Media Moderadamente Inclineda	S	-
	CV%	-
	X	-
Terraza Fluvial Baja Inundable Plana a casi Plana	S	-
	CV%	-

X: Promedio, S: Desviación estándar, CV%: Coeficiente de variación

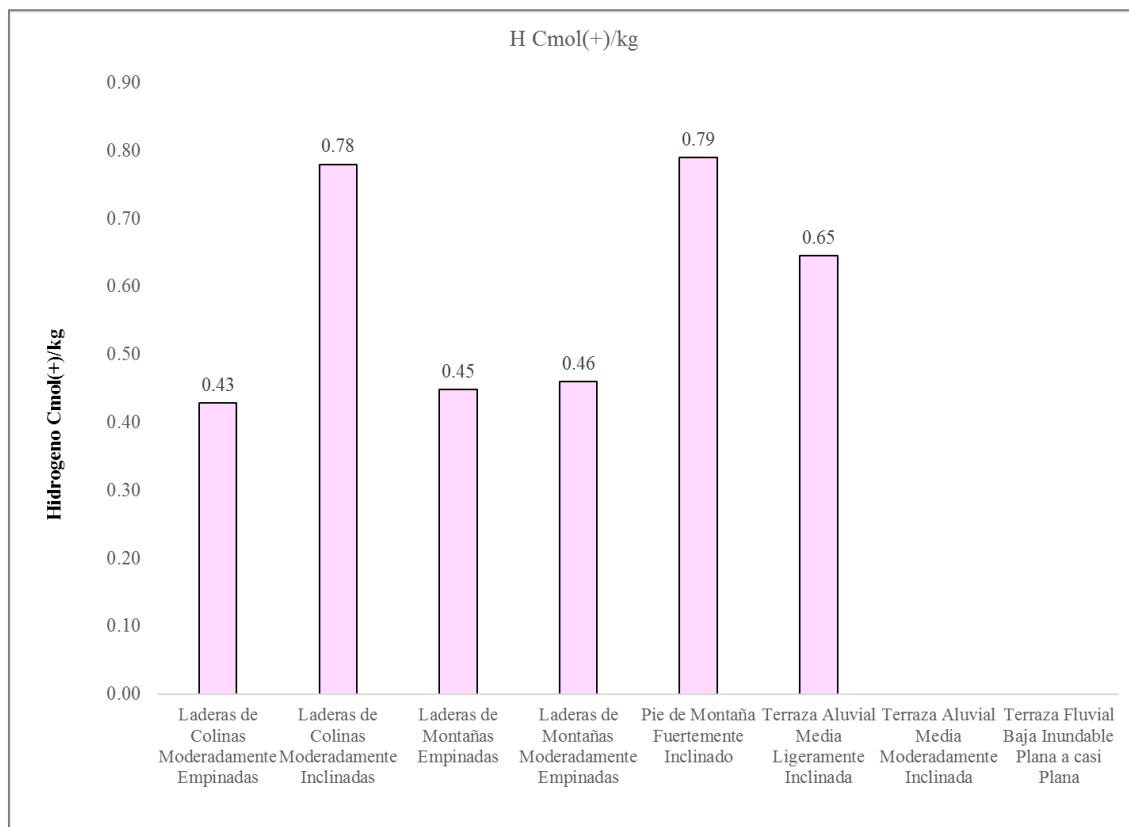


Figura 16. Hidrogeno (Cmol(+)/Kg) según su estrato fisiográfico

8) Capacidad de intercambio catiónico efectivo CICE (Cmol(+)/Kg)

En el análisis de capacidad de intercambio catiónico efectivo del suelo, se aprecia que el mayor porcentaje se encuentra en el estrato fisiográfico Laderas de colinas moderadamente empinadas (9,12 Cmol(+)/Kg y un coeficiente de variación de 32.7%), el menor porcentaje en Laderas de montañas moderadamente empinadas (5,90 Cmol(+)/Kg y un coeficiente de variación de 26.9%), así mismo, se observa que este parámetro no se encuentran en los estratos Terraza aluvial media moderadamente inclinada y Terraza fluvial baja inundable plana a casi plana.

Tabla 22. Análisis de capacidad de intercambio catiónico efectivo según el estrato fisiográfico

Estrato fisiográfico	Estadística descriptiva	CICE (Cmol(+)/Kg)
	X	9.12
Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas	S	2.99
	CV%	32.7%
	X	6.98
Laderas de Colinas Moderadamente Inclinadas	S	4.59
	CV%	65.8%
	X	7.39
Laderas de Montañas Empinadas	S	1.09
	CV%	14.7%
	X	5.90
Laderas de Montañas Moderadamente Empinadas	S	1.59
	CV%	26.9%
	X	6.89
Pie de Montaña Fuertemente Inclinado	S	
	CV%	
	X	7.01
Terraza Aluvial Media Ligeramente Inclinada	S	1.04
	CV%	14.9%
	X	
Terraza Aluvial Media Moderadamente Inclinada	S	

	CV%
	X
Terraza Fluvial Baja Inundable Plana a casi Plana	S
	CV%

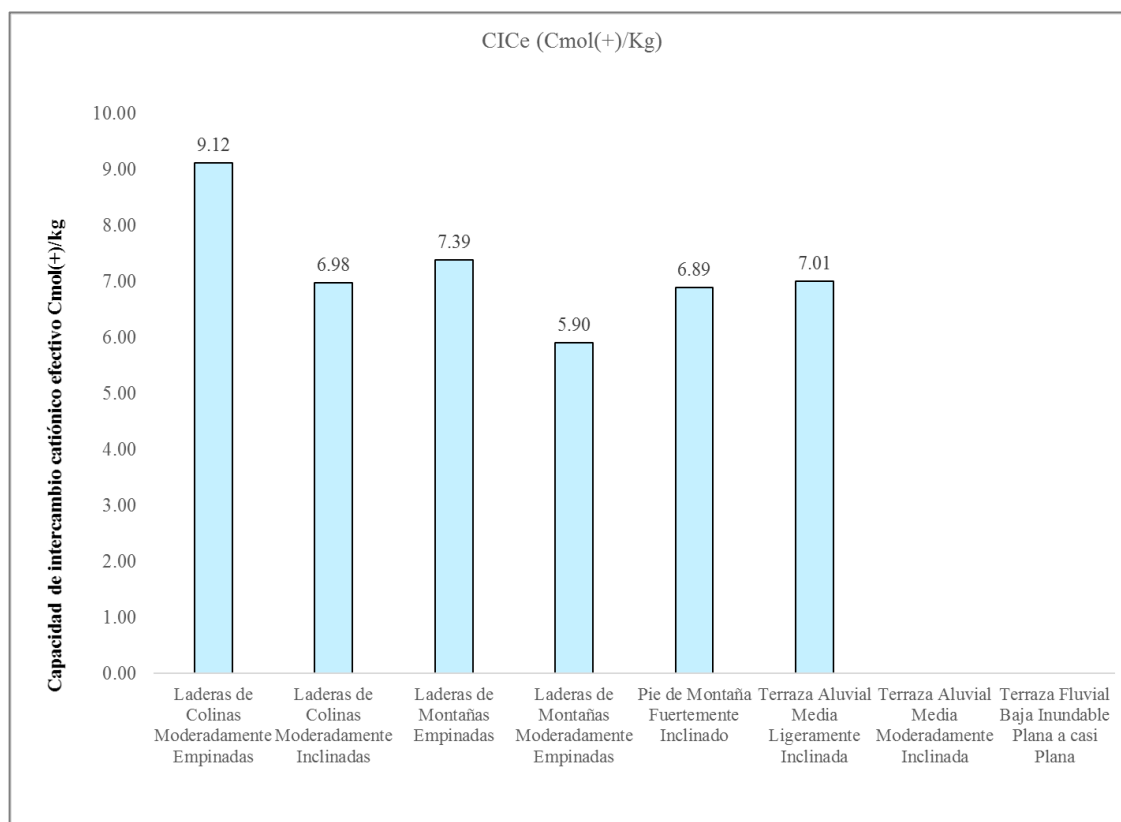


Figura 17. Capacidad de Intercambio Catiónico efectivo (Cmol(+)/Kg) según su estrato fisiográfico

9) Porcentaje de base cambiabile, acido cambiabile y saturación de aluminio

El valor máximo de la base cambiabile se encuentra en los estratos fisiográficos Terraza Aluvial Media Moderadamente Inclinada y Terraza Fluvial Baja Inundable Plana a casi Plana (100% y un coeficiente de variación de 0%), el cual se encuentra en un estado máximo los elementos del potasio, sodio, calcio y magnesio; el mínimo valor está dentro del estrato Terraza Aluvial Media Ligeramente Inclinada (32% y un coeficiente de variación de 37.0%); mientras que la saturación de aluminio y los ácidos cambiabiles tienen una relación inversa y/o indirecta con las bases cambiabiles, y su valor máximo se aprecia en el estrato fisiográfico Terraza Aluvial Media Ligeramente Inclinada y el

mínimo valor en el estrato fisiográfico Terraza Fluvial Baja Inundable Plana a casi Plana, y estas a su vez tienen una relación directa con el hidrogeno, el pH del suelo, y el contenido de arcilla del suelo.

Tabla 23. Análisis del porcentaje de base y acido cambiante y saturación de aluminio según el estrato fisiográfico

Estrato fisiográfico	Estadística descriptiva	Bas. Camb. (%)	Ac. Camb. (%)	Sat. Al (%)
Laderas de Colinas	X	40.10	59.90	55.78
Moderadamente Empinadas	S	26.92	26.92	26.00
	CV%	67.1%	44.9%	46.6%
	X	75.98	24.02	19.41
Laderas de Colinas	S	38.37	38.37	33.44
Moderadamente Inclinas	CV%	50.5%	159.7%	172.3%
	X	61.32	38.68	34.88
	S	38.34	38.34	35.14
Laderas de Montañas	CV%	62.5%	99.1%	100.7%
Empinadas	X	59.16	40.84	33.63
	S	1.41	1.41	5.69
	CV%	2.4%	3.4%	16.9%
Laderas de Montañas	X	61.54	38.46	32.72
Moderadamente Empinadas	S	54.38	54.38	46.28
	CV%	88.4%	141.4%	141.4%
	X	32.03	67.97	59.31
Terraza Aluvial Media	S	11.86	11.86	13.51
Ligeramente Inclinas	CV%	37.0%	17.5%	22.8%
	X	100.00	0.00	0.00
	S	0.00	0.00	0.00
Terraza Aluvial Media	CV%	0.0%		
Moderadamente Inclinas	X	100.00	0.00	0.00
	S	0.00	0.00	0.00
	CV%	0.0%		
Terraza Fluvial Baja	X	100.00	0.00	0.00
Inundable Plana a casi Plana	S	0.00	0.00	0.00
	CV%	0.0%		

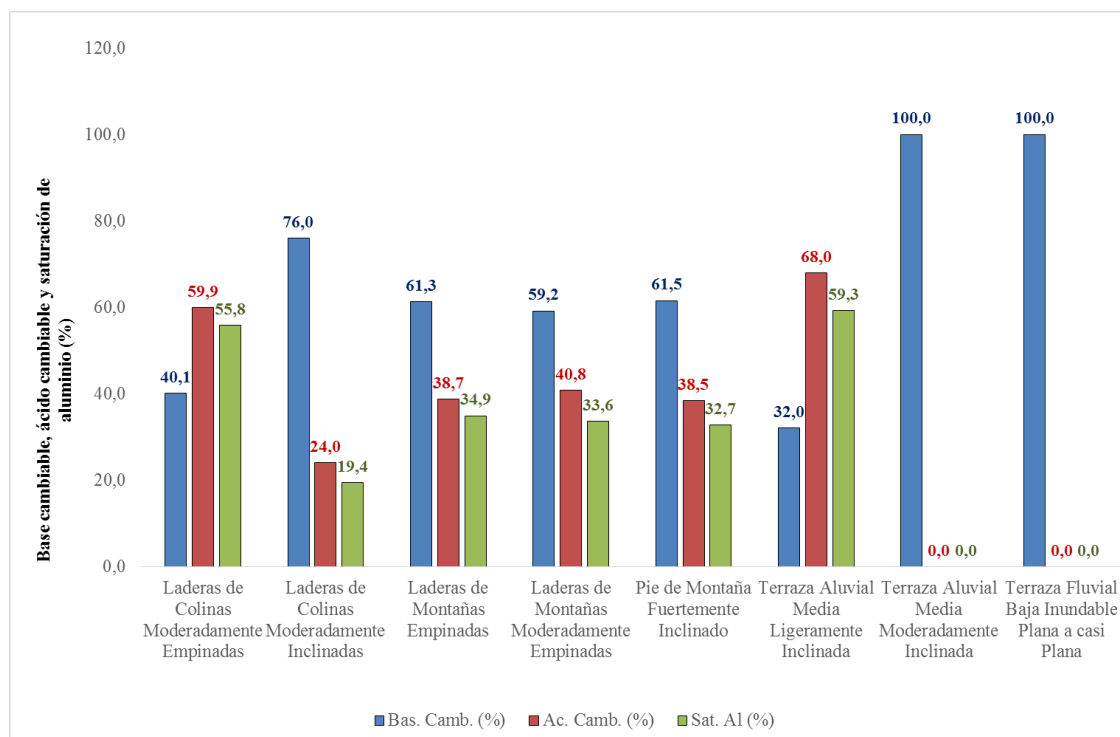


Figura 18. Análisis del porcentaje de Base y acido cambiable y saturación de Aluminio según estrato fisiográfico

4.2. Índice de calidad ambiental del suelo en el distrito de SDA por estratos fisiográficos

4.2.1. Estadística descriptiva de los parámetros fisicoquímicos del suelo

En los siguientes Tablas se presenta la información de la estadística descriptiva de los análisis de suelo por estrato fisiográfico: Laderas de colinas (en este estrato se encuentran los empinados, moderadamente empinados y moderadamente inclinados); Laderas de montañas (en este estrato se encuentra los empinados, moderadamente empinados y pie de montaña fuertemente inclinada); y terraza (en este estrato se encuentra terraza aluvial media ligeramente inclinada, terraza aluvial media moderadamente inclinada y terraza fluvial baja inundable plana a casi plana).

De acuerdo a los resultados se puede observar que en los estratos fisiográficos laderas de colina, laderas de montaña y terraza alcanzan una mayor desviación estándar típica los parámetros de arena, ácidos cambiables, potasio, saturación de aluminio, arcilla, y bases cambiables, también se aprecia que mayor contenido de arcilla (32,87%) se encuentra en el estrato de laderas de colina, así como menor pH (5,018), esto sucede porque en estos espacios se práctica la agricultura intensiva, y el uso de fertilizantes,

insecticidas y herbicidas contribuyen a la acidez del suelo, además en estos espacios se ha encontrado cultivos ilícitos (coca) asociados con cultivos de cacao; por ende el porcentaje de materia orgánica (1,609%) es menor, estos resultados básicamente se debe a la alta concentración de aluminio (4,26 Cmol(+)/kg) encontrado en este estrato y a la alta saturación del aluminio (45,68%), lo que conlleva a la alta acidez del suelo.

Tabla 24. Análisis de suelo para el estrato fisiográfico laderas de colinas

Parámetros	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
Arena (%)	14,9600	58,9600	38,4044	11,7585
Arcilla (%)	15,7600	65,7600	32,8711	12,0239
Limo (%)	19,2800	45,2800	28,7244	6,0897
pH	4,1800	6,9000	5,0183	0,7985
M.O. (%)	1,2213	2,7600	1,6089	0,3588
N (%)	0,0611	0,1380	0,0804	0,0179
P (ppm)	4,1070	8,0277	5,1172	1,0964
K (ppm)	41,0320	148,5099	72,6047	26,2320
Cd (ppm)	0,0120	1,1120	0,1031	0,2533
CIC (meq/100g)	0,0000	8,4684	1,3917	2,8810
Ca Cmol(+)/kg	0,4450	7,1930	3,1302	1,8264
Mg Cmol(+)/kg	0,0833	0,9567	0,4071	0,2537
K Cmol(+)/kg	0,0000	0,4215	0,0538	0,1166
Na Cmol(+)/kg	0,0000	0,2139	0,0306	0,0629
Al Cmol(+)/kg	0,0000	10,0900	4,2567	3,5150
H Cmol(+)/kg	0,0000	1,2000	0,3722	0,4137
CICe (Cmol(+)/Kg)	0,0000	12,9025	6,8589	4,6596
Bas. Camb. (%)	12,0149	100,0000	50,0666	33,6358
Ac. Camb. (%)	0,0000	87,9851	49,9334	33,6358
Sat. Al (%)	0,0000	82,7931	45,6768	31,9597

Tabla 25. Análisis de suelo para el estrato fisiográfico laderas de montañas

Parámetros	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
Arena (%)	20,9600	70,9600	42,9600	13,1287
Arcilla (%)	13,7600	41,7600	29,5933	7,4080
Limo (%)	15,2800	37,2800	27,4467	7,2593
pH	3,8600	7,1700	5,2183	1,0203
M.O. (%)	1,2213	2,1372	1,6697	0,3011
N (%)	0,0611	0,1069	0,0835	0,0151
P (ppm)	3,6269	6,2851	5,1485	0,7614
K (ppm)	40,9321	165,9522	85,7193	37,1189
Cd (ppm)	0,0200	2,1080	0,2457	0,5885
CIC (meq/100g)	0,0000	10,1905	2,8734	4,2832
Ca Cmol(+)/kg	1,2160	8,3590	4,0447	2,6095
Mg Cmol(+)/kg	0,1250	1,1250	0,4897	0,3221
K Cmol(+)/kg	0,0000	0,5344	0,1058	0,1805
Na Cmol(+)/kg	0,0000	0,1722	0,0537	0,0794
Al Cmol(+)/kg	0,0000	6,1000	2,4875	2,4411
H Cmol(+)/kg	0,0000	0,9000	0,3292	0,3416
CICe (Cmol+)/Kg)	0,0000	9,0103	4,6371	3,5604
Bas. Camb. (%)	18,5195	100,0000	60,9975	34,7132
Ac. Camb. (%)	0,0000	81,4805	39,0025	34,7132
Sat. Al (%)	0,0000	75,1734	34,3131	31,3695

Tabla 26. Análisis de suelo para el estrato fisiográfico terraza

Parámetros	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
Arena (%)	20,9600	60,9600	40,0267	11,9968
Arcilla (%)	15,7600	45,7600	29,8933	10,2111
Limo (%)	21,2800	41,2800	30,0800	5,7470
pH	3,7700	7,9100	5,4200	1,2530
M.O. (%)	1,1480	2,7845	1,8081	0,4352

N (%)	0,0574	0,1392	0,0904	0,0218
P (ppm)	3,7870	8,5078	5,4062	1,2554
K (ppm)	45,9299	152,8330	82,3022	31,3683
Cd (ppm)	0,0080	0,8320	0,1171	0,2089
CIC (meq/100g)	0,0000	10,0128	3,1361	3,8464
Ca Cmol(+)/kg	1,1235	8,4970	3,6305	2,4565
Mg Cmol(+)/kg	0,1667	1,0000	0,5083	0,3060
K Cmol(+)/kg	0,0000	0,3697	0,1034	0,1310
Na Cmol(+)/kg	0,0000	0,1757	0,0597	0,0686
Al Cmol(+)/kg	0,0000	6,5600	2,2293	2,3452
H Cmol(+)/kg	0,0000	1,9000	0,3440	0,5475
CICe (Cmol(+)/Kg)	0,0000	8,9940	3,7390	3,6946
Bas. Camb. (%)	16,6111	100,0000	63,7505	36,0867
Ac. Camb. (%)	0,0000	83,3889	36,2495	36,0867
Sat. Al (%)	0,0000	77,0801	31,6339	32,0838

4.2.2. Correlación de Pearson

Los indicadores o parámetros del trabajo de investigación son de tipo numérica y de naturaleza cuantitativa de escala continua, por lo que se ha desarrollado y determinado los coeficientes a partir de una matriz la correlación de Pearson, con el fin de conocer el nivel de relación y/o correlación ya sea directa e inversa de todos los indicadores por estratos fisiográficos; se puede apreciar en la Tabla que el estrato fisiográfico laderas de colinas la arena tiene relación inversa de media a fuerte con la arcilla, aluminio, hidrogeno, capacidad de intercambio catiónico efectivo (CICe), ácidos cambiables y la saturación del aluminio; mientras que la arcilla tiene una relación directa con el aluminio y la CICe; el limo guarda relación directa con el potasio; el pH tiene una relación directa con la materia orgánica, nitrógeno, fosforo, potasio, cadmio, capacidad de intercambio catiónico (CIC), calcio, magnesio, sodio y las bases cambiables, mientras tiene una relación inversa con aluminio, hidrogeno, CICe, ácidos cambiables y saturación de aluminio; la materia orgánica guarda relación directa con el pH, nitrógeno, cadmio, CIC, calcio, magnesio, potasio, sodio y las bases cambiables, mientras que tiene una relación inversa con el aluminio, CICe, ácidos cambiables y saturación de aluminio; el nitrógeno

tiene una relación directa con pH, materia orgánica, cadmio, CIC, calcio, magnesio, potasio, sodio y las bases cambiables y una relación inversa con el aluminio, CICE, ácidos cambiables y saturación de aluminio; el fosforo tiene una relación directa con el pH, potasio, CIC, calcio, magnesio, sodio y las bases cambiables, y una relación inversa con los ácidos cambiable y saturación de aluminio; el potasio tiene una relación directa con el limo, pH, fosforo, CIC, calcio, magnesio, sodio y las bases cambiables, mientras que tiene una relación inversa con ácidos cambiables y saturación de aluminio; el cadmio tiene una relación directa con el pH, materia orgánica, nitrógeno, CIC y magnesio y una relación inversa significativa con ningunos de los parámetros o indicadores estudiados.

En el estrato fisiográfico laderas de montaña se observa en la Tabla que la arena tiene una relación indirecta con los parámetros arcilla, limo y con los demás parámetros no son significativos; en cambio la arcilla si presenta una relación directa con el limo y con los demás indicadores el nivel de relación es baja; pero el limo guarda una relación directa con la arcilla y una relación inversa con la arena; pero el pH tiene una relación directa con la materia orgánica, nitrógeno, fosforo, potasio, capacidad de intercambio catiónico (CIC), calcio, magnesio, sodio y las bases cambiables, mientras tiene una relación inversa con aluminio, hidrogeno, CICE, ácidos cambiables y saturación de aluminio; la materia orgánica guarda relación directa con el pH, nitrógeno, fosforo, calcio, magnesio y las bases cambiables, mientras que tiene una relación inversa con el aluminio, ácidos cambiables y levemente con saturación de aluminio; el nitrógeno tiene una relación directa con pH, materia orgánica, fósforo, calcio, magnesio y la bases cambiables y una relación inversa ligeramente con el aluminio, hidrogeno, ácidos cambiables y saturación de aluminio; el fosforo tiene una relación directa con el pH, materia orgánica, nitrógeno, potasio, CIC, calcio, magnesio, sodio y las bases cambiables, y una relación inversa con el aluminio, hidrogeno, CICE, los ácidos cambiable y saturación de aluminio; el potasio tiene una relación directa con el limo, pH, fosforo, CIC, calcio, magnesio, sodio y las bases cambiables, mientras que tiene una relación inversa con el aluminio, CICE, ácidos cambiables y saturación de aluminio; y el cadmio tiene una relación directa ligeramente con el pH, mientras con los demás parámetros no tiene ninguna relación inversa y directa significativa.

Y en el estrato fisiográfico de terraza se observa en la Tabla que la arena tiene una relación indirecta con los parámetros arcilla, limo y con los demás parámetros sus

relaciones no son significativas; en cambio la arcilla si presenta una relación indirecta con la arena y con los demás indicadores el nivel de relación es baja; pero el limo guarda una relación indirecta con la arena y no hay relación significativa con los demás parámetros estudiados; pero el pH tiene una relación directa con el fosforo, capacidad de intercambio catiónico (CIC), calcio, magnesio, potasio, sodio y las bases cambiables, mientras tiene una relación inversa con aluminio, ligeramente con el hidrogeno, CICE, ácidos cambiables y saturación de aluminio; la materia orgánica guarda relación directa con el nitrógeno, mientras con los demás parámetros estudiados guarda relación no significativa estadísticamente; el nitrógeno tiene una relación directa la materia orgánica, y con los demás parámetros no guarda ninguna relación significativa estadísticamente; el fosforo tiene una relación directa con el pH, potasio, CIC, calcio, magnesio, sodio y las bases cambiables, y una relación inversa con el aluminio, CICE, los ácidos cambiable y saturación de aluminio; el potasio tiene una relación directa con el fosforo, CIC, calcio, magnesio, potasio y sodio, mientras que no tiene ninguna relación inversa significativa estadísticamente con los parámetros estudiados; y el cadmio no tiene relación directa e indirecta significativa estadísticamente con ninguno de los parámetros estudiados.

Tabla 27. Matriz de correlación de Pearson de los análisis de suelos para el estrato fisiográfico laderas de colinas

Variables	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	pH	M.O. (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	Cd (ppm)	CIC (meq/100g)	Ca Cmol(+)/kg	Mg Cmol(+)/kg	K Cmol(+)/kg	Na Cmol(+)/kg	Al Cmol(+)/kg	H Cmol(+)/kg	CICe (Cmol(+)/Kg)	Bas. Camb. (%)	Ac. Camb. (%)	Sat. Al (%)
Arena (%)	1,000	-0,869	-0,215	0,215	0,155	0,155	-0,006	-0,108	0,092	0,264	0,056	0,225	0,109	0,169	-0,527	-0,417	-0,559	0,408	-0,408	-0,406
Arcilla (%)	-0,869	1,000	-0,296	-0,290	-0,191	-0,191	-0,130	-0,163	-0,065	-0,377	-0,085	-0,250	-0,374	-0,393	0,549	0,331	0,616	-0,458	0,458	0,468
Limo (%)	-0,215	-0,296	1,000	0,157	0,077	0,077	0,267	0,532	-0,048	0,235	0,060	0,060	0,528	0,449	-0,067	0,151	-0,136	0,117	-0,117	-0,140
pH	0,215	-0,290	0,157	1,000	0,867	0,867	0,658	0,505	0,561	0,938	0,768	0,826	0,801	0,869	-0,658	-0,534	-0,746	0,833	-0,833	-0,803
M.O. (%)	0,155	-0,191	0,077	0,867	1,000	1,000	0,401	0,291	0,795	0,833	0,637	0,673	0,623	0,701	-0,550	-0,300	-0,645	0,652	-0,652	-0,651
N (%)	0,155	-0,191	0,077	0,867	1,000	1,000	0,401	0,291	0,795	0,833	0,637	0,673	0,623	0,701	-0,550	-0,300	-0,645	0,652	-0,652	-0,651
P (ppm)	-0,006	-0,130	0,267	0,658	0,401	0,401	1,000	0,543	0,133	0,580	0,516	0,582	0,540	0,576	-0,413	-0,447	-0,454	0,553	-0,553	-0,520
K (ppm)	-0,108	-0,163	0,532	0,505	0,291	0,291	0,543	1,000	0,019	0,610	0,537	0,582	0,731	0,722	-0,282	-0,170	-0,335	0,489	-0,489	-0,471
Cd (ppm)	0,092	-0,065	-0,048	0,561	0,795	0,795	0,133	0,019	1,000	0,586	0,553	0,525	0,278	0,361	-0,302	-0,166	-0,348	0,375	-0,375	-0,369
CIC (meq/100g)	0,264	-0,377	0,235	0,938	0,833	0,833	0,580	0,610	0,586	1,000	0,749	0,849	0,846	0,919	-0,619	-0,460	-0,753	0,759	-0,759	-0,731
Ca Cmol(+)/kg	0,056	-0,085	0,060	0,768	0,637	0,637	0,516	0,537	0,553	0,749	1,000	0,920	0,556	0,625	-0,510	-0,304	-0,410	0,741	-0,741	-0,728
Mg Cmol(+)/kg	0,225	-0,250	0,060	0,826	0,673	0,673	0,582	0,582	0,525	0,849	0,920	1,000	0,613	0,703	-0,566	-0,389	-0,547	0,756	-0,756	-0,736
K Cmol(+)/kg	0,109	-0,374	0,528	0,801	0,623	0,623	0,540	0,731	0,278	0,846	0,556	0,613	1,000	0,987	-0,591	-0,439	-0,719	0,725	-0,725	-0,698
Na Cmol(+)/kg	0,169	-0,393	0,449	0,869	0,701	0,701	0,576	0,722	0,361	0,919	0,625	0,703	0,987	1,000	-0,624	-0,464	-0,759	0,765	-0,765	-0,737
Al Cmol(+)/kg	-0,527	0,549	-0,067	-0,658	-0,550	-0,550	-0,413	-0,282	-0,302	-0,619	-0,510	-0,566	-0,591	-0,624	1,000	0,506	0,928	-0,871	0,871	0,877
H Cmol(+)/kg	-0,417	0,331	0,151	-0,534	-0,300	-0,300	-0,447	-0,170	-0,166	-0,460	-0,304	-0,389	-0,439	-0,464	0,506	1,000	0,597	-0,527	0,527	0,428
CICe (Cmol(+)/Kg)	-0,559	0,616	-0,136	-0,746	-0,645	-0,645	-0,454	-0,335	-0,348	-0,753	-0,410	-0,547	-0,719	-0,759	0,928	0,597	1,000	-0,813	0,813	0,799
Bas. Camb. (%)	0,408	-0,458	0,117	0,833	0,652	0,652	0,553	0,489	0,375	0,759	0,741	0,756	0,725	0,765	-0,871	-0,527	-0,813	1,000	-1,000	-0,992
Ac. Camb. (%)	-0,408	0,458	-0,117	-0,833	-0,652	-0,652	-0,553	-0,489	-0,375	-0,759	-0,741	-0,756	-0,725	-0,765	0,871	0,527	0,813	-1,000	1,000	0,992
Sat. Al (%)	-0,406	0,468	-0,140	-0,803	-0,651	-0,651	-0,520	-0,471	-0,369	-0,731	-0,728	-0,736	-0,698	-0,737	0,877	0,428	0,799	-0,992	0,992	1,000

Tabla 28. Matriz de correlación de Pearson de los análisis de suelos para el estrato fisiográfico laderas de montañas

Variables	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	pH	M.O. (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	Cd (ppm)	CIC (meq/100g)	Ca Cmol(+)/kg	Mg Cmol(+)/kg	K Cmol(+)/kg	Na Cmol(+)/kg	Al Cmol(+)/kg	H Cmol(+)/kg	CICe (Cmol(+)/Kg)	Bas. Camb. (%)	Ac. Camb. (%)	Sat. Al (%)
Arena (%)	1,000	-0,897	-0,893	-0,111	-0,110	-0,110	-0,072	-0,463	0,214	-0,383	-0,379	-0,438	-0,370	-0,405	0,214	0,264	0,288	-0,329	0,329	0,315
Arcilla (%)	-0,897	1,000	0,602	0,029	0,024	0,024	-0,045	0,254	-0,144	0,334	0,235	0,234	0,289	0,351	-0,060	-0,165	-0,243	0,137	-0,137	-0,120
Limo (%)	-0,893	0,602	1,000	0,171	0,175	0,175	0,177	0,578	-0,241	0,353	0,446	0,553	0,375	0,373	-0,326	-0,310	-0,274	0,455	-0,455	-0,447
pH	-0,111	0,029	0,171	1,000	0,637	0,637	0,919	0,701	0,556	0,847	0,928	0,875	0,771	0,825	-0,843	-0,630	-0,840	0,866	-0,866	-0,866
M.O. (%)	-0,110	0,024	0,175	0,637	1,000	1,000	0,676	0,388	0,266	0,410	0,594	0,663	0,392	0,381	-0,514	-0,606	-0,380	0,584	-0,584	-0,556
N (%)	-0,110	0,024	0,175	0,637	1,000	1,000	0,676	0,388	0,266	0,410	0,594	0,663	0,392	0,381	-0,514	-0,606	-0,380	0,584	-0,584	-0,556
P (ppm)	-0,072	-0,045	0,177	0,919	0,676	0,676	1,000	0,688	0,427	0,740	0,854	0,831	0,709	0,727	-0,840	-0,738	-0,784	0,862	-0,862	-0,847
K (ppm)	-0,463	0,254	0,578	0,701	0,388	0,388	0,688	1,000	0,048	0,693	0,776	0,856	0,845	0,663	-0,652	-0,538	-0,628	0,715	-0,715	-0,707
Cd (ppm)	0,214	-0,144	-0,241	0,556	0,266	0,266	0,427	0,048	1,000	0,468	0,472	0,275	0,177	0,477	-0,370	-0,346	-0,459	0,405	-0,405	-0,395
CIC (meq/100g)	-0,383	0,334	0,353	0,847	0,410	0,410	0,740	0,693	0,468	1,000	0,931	0,864	0,909	0,997	-0,746	-0,705	-0,953	0,822	-0,822	-0,801
Ca Cmol(+)/kg	-0,379	0,235	0,446	0,928	0,594	0,594	0,854	0,776	0,472	0,931	1,000	0,961	0,844	0,925	-0,891	-0,739	-0,919	0,954	-0,954	-0,944
Mg Cmol(+)/kg	-0,438	0,234	0,553	0,875	0,663	0,663	0,831	0,856	0,275	0,864	0,961	1,000	0,868	0,848	-0,839	-0,707	-0,825	0,917	-0,917	-0,906
K Cmol(+)/kg	-0,370	0,289	0,375	0,771	0,392	0,392	0,709	0,845	0,177	0,909	0,844	0,868	1,000	0,884	-0,651	-0,616	-0,832	0,718	-0,718	-0,699
Na Cmol(+)/kg	-0,405	0,351	0,373	0,825	0,381	0,381	0,727	0,663	0,477	0,997	0,925	0,848	0,884	1,000	-0,751	-0,711	-0,960	0,829	-0,829	-0,807
Al Cmol(+)/kg	0,214	-0,060	-0,326	-0,843	-0,514	-0,514	-0,840	-0,652	-0,370	-0,746	-0,891	-0,839	-0,651	-0,751	1,000	0,652	0,866	-0,970	0,970	0,982
H Cmol(+)/kg	0,264	-0,165	-0,310	-0,630	-0,606	-0,606	-0,738	-0,538	-0,346	-0,705	-0,739	-0,707	-0,616	-0,711	0,652	1,000	0,739	-0,760	0,760	0,691
CICe (Cmol(+)/Kg)	0,288	-0,243	-0,274	-0,840	-0,380	-0,380	-0,784	-0,628	-0,459	-0,953	-0,919	-0,825	-0,832	-0,960	0,866	0,739	1,000	-0,890	0,890	0,876
Bas. Camb. (%)	-0,329	0,137	0,455	0,866	0,584	0,584	0,862	0,715	0,405	0,822	0,954	0,917	0,718	0,829	-0,970	-0,760	-0,890	1,000	-1,000	-0,995
Ac. Camb. (%)	0,329	-0,137	-0,455	-0,866	-0,584	-0,584	-0,862	-0,715	-0,405	-0,822	-0,954	-0,917	-0,718	-0,829	0,970	0,760	0,890	-1,000	1,000	0,995
Sat. Al (%)	0,315	-0,120	-0,447	-0,866	-0,556	-0,556	-0,847	-0,707	-0,395	-0,801	-0,944	-0,906	-0,699	-0,807	0,982	0,691	0,876	-0,995	0,995	1,000

Tabla 29. Matriz de correlación de Pearson de los análisis de suelos para el estrato fisiográfico terraza

Variables	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	pH	M.O. (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	Cd (ppm)	CIC (meq/100g)	Ca Cmol(+)/kg	Mg Cmol(+)/kg	K Cmol(+)/kg	Na Cmol(+)/kg	Al Cmol(+)/kg	H Cmol(+)/kg	CICe (Cmol(+)/Kg)	Bas. Camb. (%)	Ac. Camb. (%)	Sat. Al (%)
Arena (%)	1,000	-0,878	-0,527	0,436	0,117	0,117	0,382	0,040	0,143	0,347	0,386	0,307	0,112	0,148	-0,234	-0,209	-0,252	0,206	-0,206	-0,188
Arcilla (%)	-0,878	1,000	0,056	-0,353	0,025	0,025	-0,318	0,056	-0,070	-0,267	-0,352	-0,261	-0,042	-0,086	0,238	0,112	0,186	-0,192	0,192	0,195
Limo (%)	-0,527	0,056	1,000	-0,282	-0,290	-0,290	-0,233	-0,184	-0,174	-0,251	-0,181	-0,177	-0,159	-0,156	0,067	0,238	0,195	-0,089	0,089	0,047
pH	0,436	-0,353	-0,282	1,000	-0,277	-0,277	0,948	0,496	0,237	0,932	0,926	0,934	0,780	0,791	-0,813	-0,433	-0,816	0,832	-0,832	-0,837
M.O. (%)	0,117	0,025	-0,290	-0,277	1,000	1,000	-0,317	-0,073	-0,021	-0,183	-0,108	-0,169	-0,343	-0,293	0,400	0,205	0,372	-0,378	0,378	0,380
N (%)	0,117	0,025	-0,290	-0,277	1,000	1,000	-0,317	-0,073	-0,021	-0,183	-0,108	-0,169	-0,343	-0,293	0,400	0,205	0,372	-0,378	0,378	0,380
P (ppm)	0,382	-0,318	-0,233	0,948	-0,317	-0,317	1,000	0,656	0,242	0,894	0,894	0,884	0,860	0,812	-0,776	-0,386	-0,768	0,794	-0,794	-0,803
K (ppm)	0,040	0,056	-0,184	0,496	-0,073	-0,073	0,656	1,000	0,000	0,544	0,541	0,527	0,731	0,599	-0,456	-0,343	-0,466	0,456	-0,456	-0,435
Cd (ppm)	0,143	-0,070	-0,174	0,237	-0,021	-0,021	0,242	0,000	1,000	0,408	0,375	0,350	0,254	0,427	-0,394	-0,251	-0,417	0,412	-0,412	-0,407
CIC (meq/100g)	0,347	-0,267	-0,251	0,932	-0,183	-0,183	0,894	0,544	0,408	1,000	0,959	0,970	0,868	0,909	-0,830	-0,549	-0,884	0,878	-0,878	-0,861
Ca Cmol(+)/kg	0,386	-0,352	-0,181	0,926	-0,108	-0,108	0,894	0,541	0,375	0,959	1,000	0,967	0,775	0,794	-0,769	-0,449	-0,765	0,790	-0,790	-0,786
Mg Cmol(+)/kg	0,307	-0,261	-0,177	0,934	-0,169	-0,169	0,884	0,527	0,350	0,970	0,967	1,000	0,835	0,872	-0,872	-0,473	-0,862	0,891	-0,891	-0,893
K Cmol(+)/kg	0,112	-0,042	-0,159	0,780	-0,343	-0,343	0,860	0,731	0,254	0,868	0,775	0,835	1,000	0,946	-0,803	-0,531	-0,855	0,849	-0,849	-0,833
Na Cmol(+)/kg	0,148	-0,086	-0,156	0,791	-0,293	-0,293	0,812	0,599	0,427	0,909	0,794	0,872	0,946	1,000	-0,886	-0,585	-0,943	0,936	-0,936	-0,919
Al Cmol(+)/kg	-0,234	0,238	0,067	-0,813	0,400	0,400	-0,776	-0,456	-0,394	-0,830	-0,769	-0,872	-0,803	-0,886	1,000	0,545	0,952	-0,977	0,977	0,979
H Cmol(+)/kg	-0,209	0,112	0,238	-0,433	0,205	0,205	-0,386	-0,343	-0,251	-0,549	-0,449	-0,473	-0,531	-0,585	0,545	1,000	0,698	-0,616	0,616	0,476
CICe (Cmol(+)/Kg)	-0,252	0,186	0,195	-0,816	0,372	0,372	-0,768	-0,466	-0,417	-0,884	-0,765	-0,862	-0,855	-0,943	0,952	0,698	1,000	-0,979	0,979	0,946
Bas. Camb. (%)	0,206	-0,192	-0,089	0,832	-0,378	-0,378	0,794	0,456	0,412	0,878	0,790	0,891	0,849	0,936	-0,977	-0,616	-0,979	1,000	-1,000	-0,986
Ac. Camb. (%)	-0,206	0,192	0,089	-0,832	0,378	0,378	-0,794	-0,456	-0,412	-0,878	-0,790	-0,891	-0,849	-0,936	0,977	0,616	0,979	-1,000	1,000	0,986
Sat. Al (%)	-0,188	0,195	0,047	-0,837	0,380	0,380	-0,803	-0,435	-0,407	-0,861	-0,786	-0,893	-0,833	-0,919	0,979	0,476	0,946	-0,986	0,986	1,000

4.2.3. Análisis de componente principal (ACP)

En la Tabla, se puede apreciar que para el estrato de ladera de colina, se generaron 20 factores de acuerdo al análisis metodológico de los componentes principales (ACP), de los cuales se ha trabajado con 06 factores, esto es con el fin de eliminar complejidades en el análisis de los resultados, por lo que tiene una variabilidad acumulada del 93,401%; la variabilidad indica en el presente trabajo el nivel de dispersión de los datos hacia el centro del plano cartesiano, donde se aprecia que el factor 01 tiene una variabilidad de 57,92% y esta va disminuyendo sucesivamente; por lo general se debe en que el primer factor toma la mayor cantidad de parámetros del suelo relacionados, y que como cada uno de ellos tiene su propia dimensión, esto hace que aumente la variabilidad, pero esto va disminuyendo con los demás factores hasta tener una variabilidad de 0,0%, esta información factorial se materializa en los vectores propios, así como en la carga factorial presentando valores entre -1 y +1, que mide el nivel de relación entre los parámetros.

Tabla 30. Valores propios y vectores propios de F1 al F6 para el estrato fisiográfico ladera de colinas

Valor propio	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Valor propio	11,5836	2,4015	2,0043	1,1927	0,8304	0,6678
Variabilidad (%)	57,9181	12,0074	10,0214	5,9633	4,1520	3,3392
% acumulado	57,9181	69,9256	79,9470	85,9102	90,0622	93,4013
Vectores propios	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Arena (%)	0,1048	-0,5546	-0,0220	0,1172	0,0711	0,3815
Arcilla (%)	-0,1361	0,4298	-0,2281	-0,3338	-0,1037	-0,3438
Limo (%)	0,0663	0,2223	0,4928	0,4327	0,0675	-0,0578
pH	0,2785	0,0957	-0,0863	-0,0226	-0,1510	0,0158
M.O. (%)	0,2389	0,1268	-0,2952	0,2572	-0,1032	-0,0923
N (%)	0,2389	0,1268	-0,2952	0,2572	-0,1032	-0,0923
P (ppm)	0,1849	0,1505	0,1706	-0,3379	-0,2720	0,0798
K (ppm)	0,1709	0,2723	0,3841	-0,0932	0,1222	0,2308

Cd (ppm)	0,1560	0,1287	-0,4633	0,3145	0,0016	0,1308
CIC (meq/100g)	0,2751	0,1053	-0,0301	0,1084	-0,1093	0,2154
Ca Cmol(+)/kg	0,2289	0,1940	-0,1412	-0,2487	0,3416	0,2425
Mg Cmol(+)/kg	0,2483	0,1184	-0,0976	-0,1937	0,2164	0,3969
K Cmol(+)/kg	0,2487	0,1263	0,2531	0,1384	-0,1664	-0,0945
Na Cmol(+)/kg	0,2652	0,1164	0,1831	0,1224	-0,1558	-0,0099
Al Cmol(+)/kg	-0,2377	0,2630	-0,0177	0,0587	-0,1269	0,3818
H Cmol(+)/kg	-0,1611	0,2252	-0,0010	0,3226	0,6356	-0,1370
CICe (Cmol(+)/Kg)	-0,2506	0,2406	-0,0467	-0,0970	0,1678	0,2569
Bas. Camb. (%)	0,2724	-0,1056	0,0199	-0,1670	0,2013	-0,1961
Ac. Camb. (%)	-0,2724	0,1056	-0,0199	0,1670	-0,2013	0,1961
Sat. Al (%)	-0,2666	0,1061	-0,0193	0,1227	-0,2998	0,2444

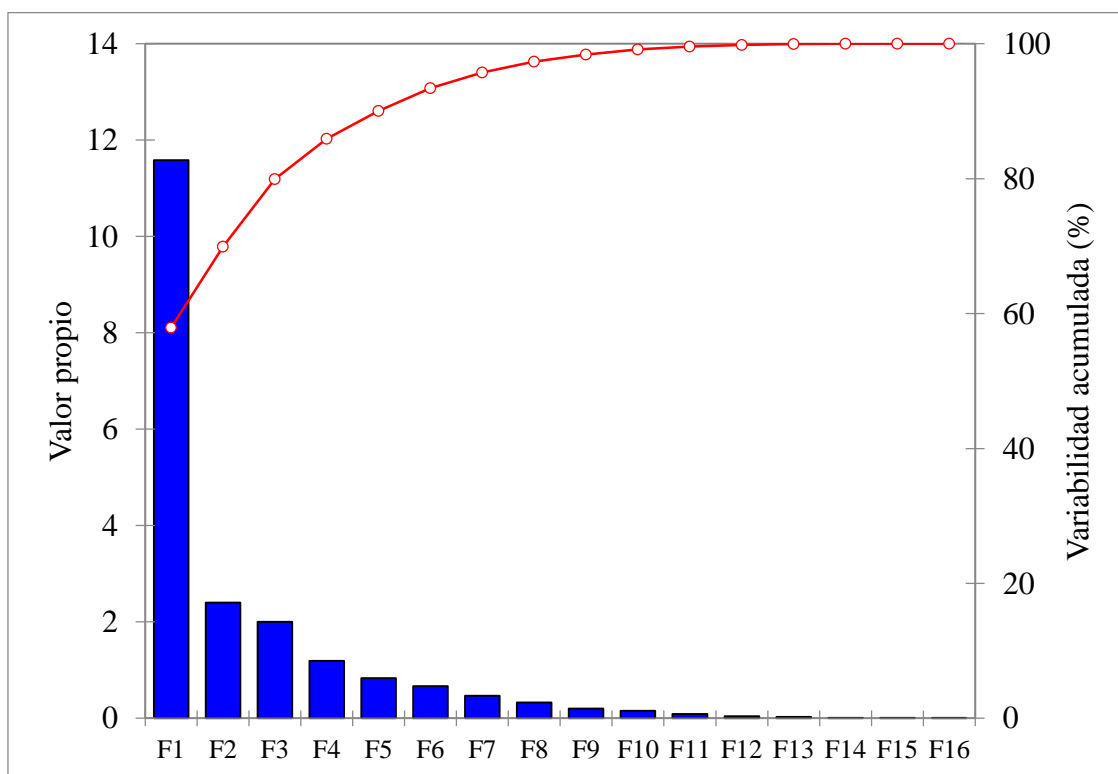


Figura 19. Comportamiento de los 16 factores con respecto a su valor y variabilidad acumulada para el estrato fisiográfico laderas de colinas

En la Figura 19 se puede apreciar el comportamiento de los valores propios de la cantidad de parámetros analizados, así como el comportamiento de la variabilidad acumulada en porcentajes, y se puede notar que el factor uno ha considerado 11,58 parámetros y el factor 2 ha considerado 2,4 parámetros, y así sucesivamente hasta el factor 16 con 0,0 parámetros, por ello teniendo una relación directa con la variabilidad; en la Figura 20 se observa el nivel de asociación y/o correlación de los parámetros fisicoquímicos seleccionados en los factores F1 y F2, estos teniendo una variabilidad acumulada de 69,93%, donde se observa que el % de arcilla, la capacidad de intercambio catiónico efectivo (Cmol(+)/kg), aluminio (Cmol(+)/kg), saturación de aluminio en %, ácidos cambiables en % tienen una relación relativamente inversa con los parámetros potasio (ppm), calcio (Cmol(+)/kg), magnesio (Cmol(+)/kg), potasio (Cmol(+)/kg), nitrógeno en %, materia orgánica en %, pH, capacidad de intercambio catiónico (meq/100g), sodio (Cmol(+)/kg), bases cambiables en % y arena en %; también se puede apreciar que los parámetros que se encuentran en el mismo cuadrante del plano cartesiano tienen una relación directa y los parámetros que tienen un ángulo de aproximadamente 90° no tienen ninguna asociación como es el caso de la arena con el potasio, calcio y magnesio.

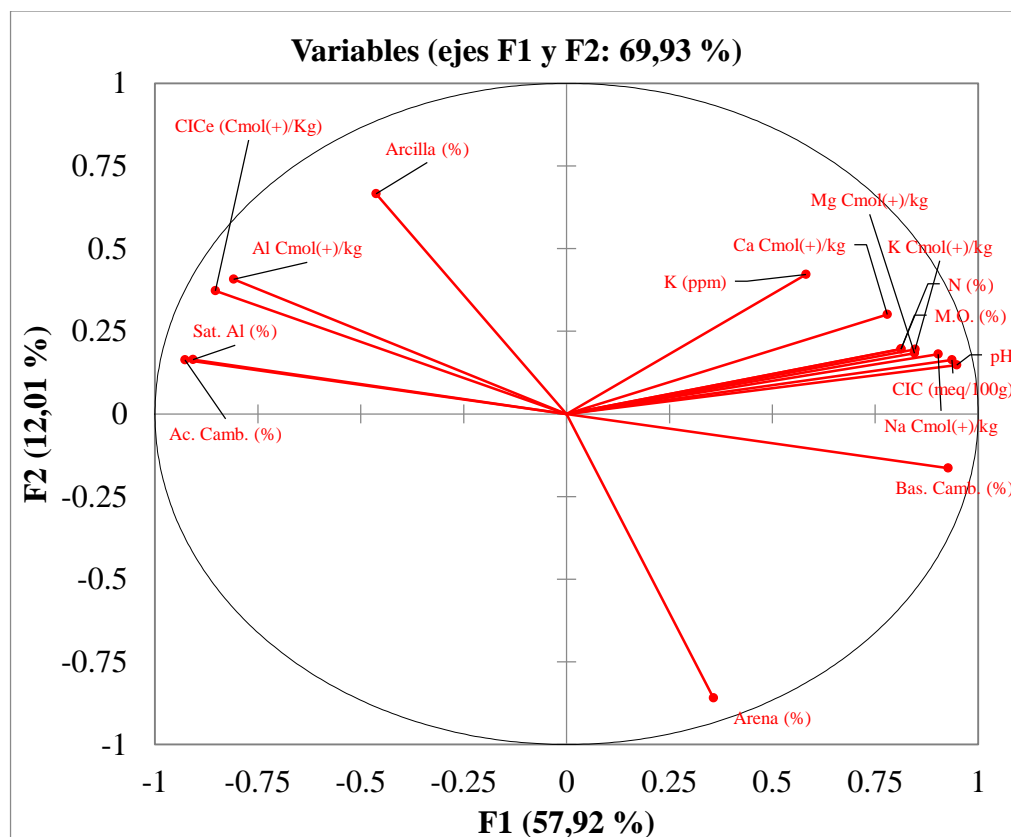


Figura 20. Nivel de relación de los parámetros fisicoquímicos seleccionados por los factores F1 y F2 para el estrato fisiográfico laderas de colina

En la Figura 21 se aprecia la relación que existe entre los sectores y sus respectivos 13,98 (F1 y F2) parámetros fisicoquímicos del suelo y con una variabilidad de 69,93%, donde el sector y/o caserío Pedro Vilca(7), José Carlos Mariátegui(8), Árabe (14 y 17) y Pampa Hermosa (16 y18) tienen resultados relativamente inversos a los demás caseríos evaluados en el estrato fisiográfico de laderas de colina, esto indica la heterogeneidad de los suelos en este estrato, también resaltar que estos caseríos tienen una relación relativamente directa con los parámetros fisicoquímicos de potasio, calcio, magnesio, nitrógeno, materia orgánica, pH, capacidad de intercambio catiónico, sodio, bases cambiables y arena.

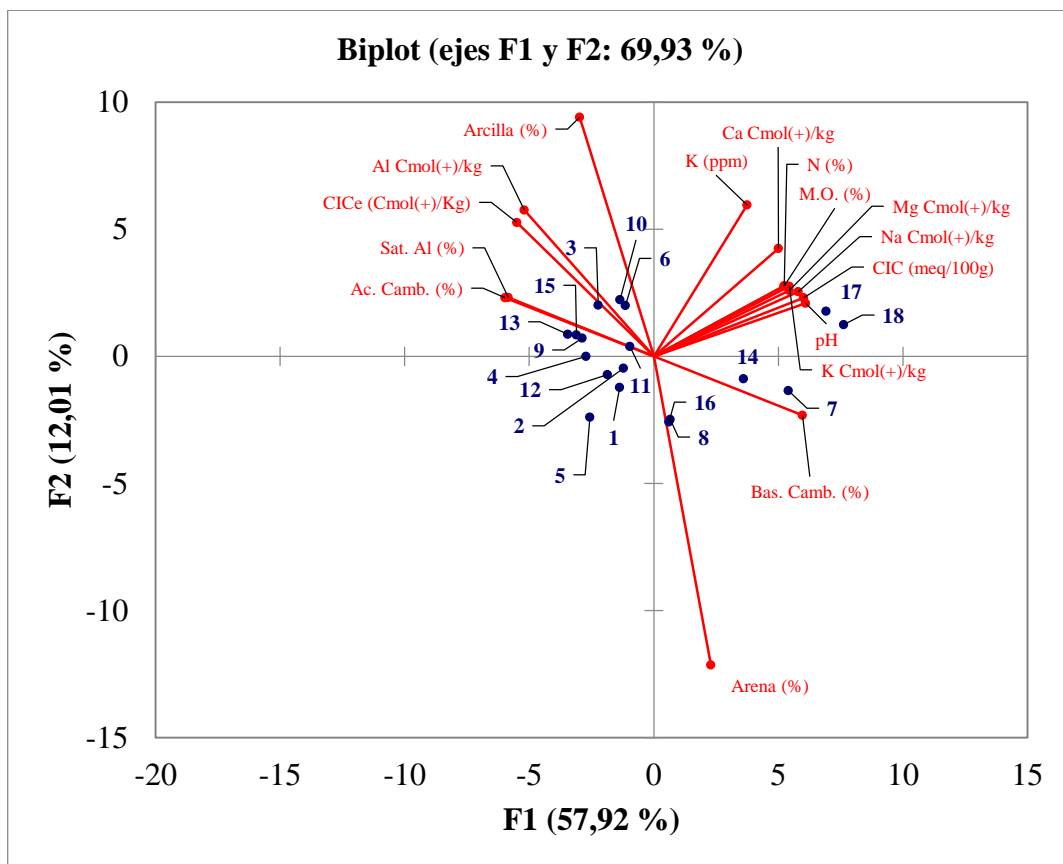


Figura 21. Distribución de los parámetros fisicoquímicos y los sectores seleccionados por los factores F1 y F2 para el estrato fisiográfico laderas de colinas

En la siguiente Tabla, se puede apreciar que para el estrato de ladera de montaña, se generaron 11 factores de acuerdo al análisis metodológico de los componentes principales (ACP), de los cuales se trabajaron con 06 factores, con el fin de eliminar complejidades en el análisis de los resultados, por lo que tiene una variabilidad acumulada del 96,747%; la variabilidad indica en el presente trabajo el nivel de dispersión de los datos hacia el centro del plano cartesiano, donde se aprecia que el factor 01 tiene una variabilidad de 64,905% y esta va

disminuyendo sucesivamente; por lo general se debe en que el primer factor toma la mayor cantidad de parámetros del suelo relacionados, y que como cada uno de ellos tiene su propia dimensión, esto hace que aumente la variabilidad, pero esto va disminuyendo con los demás factores hasta tener una variabilidad de 0,0%, esta información factorial se materializa en los vectores propios, así como en la carga factorial presentando valores entre -1 y +1, que mide el nivel de relación entre los parámetros.

Tabla 31. Valores propios y vectores propios de F1 al F6 para el estrato fisiográfico ladera de montañas

Valor propio	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Valor propio	12,9811	2,7883	1,4865	0,9280	0,7151	0,4504
Variabilidad (%)	64,9057	13,9414	7,4323	4,6398	3,5753	2,2521
% acumulado	64,9057	78,8471	86,2794	90,9192	94,4945	96,7466
Vectores propios	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Arena (%)	-0,1074	-0,5319	-0,0958	-0,1848	0,1266	-0,0756
Arcilla (%)	0,0670	0,4903	-0,0059	0,4568	0,0509	0,0172
Limo (%)	0,1258	0,4617	0,1792	-0,1319	-0,2810	0,1193
pH	0,2548	-0,1636	-0,0398	0,0018	0,1140	0,3061
M.O. (%)	0,1758	-0,1609	0,5610	0,2069	0,1206	0,0580
N (%)	0,1758	-0,1609	0,5610	0,2069	0,1206	0,0580
P (ppm)	0,2463	-0,1813	0,0765	-0,1072	0,0741	-0,0371
K (ppm)	0,2191	0,1569	0,0227	-0,3794	0,2903	0,2434
Cd (ppm)	0,1151	-0,3150	-0,2611	0,5439	-0,2260	0,3965
CIC (meq/100g)	0,2541	0,0410	-0,2459	0,1545	0,2102	-0,0249
Ca Cmol(+)/kg	0,2752	-0,0032	-0,0530	0,0243	-0,0197	0,1242
Mg Cmol(+)/kg	0,2686	0,0522	0,0951	-0,1166	0,0952	0,1463
K Cmol(+)/kg	0,2353	0,0927	-0,1550	-0,1278	0,5231	-0,0122

Na Cmol(+)/kg	0,2525	0,0526	-0,2651	0,1737	0,1391	-0,0660
Al Cmol(+)/kg	-0,2504	0,0824	0,0423	0,1990	0,3410	0,0479
H Cmol(+)/kg	-0,2193	0,0429	-0,1059	-0,1791	-0,0230	0,7432
CICe (Cmol+)/Kg)	-0,2548	0,0195	0,2707	-0,0619	0,0026	0,2363
Bas. Camb. (%)	0,2675	-0,0329	0,0026	-0,1029	-0,2788	-0,0628
Ac. Camb. (%)	-0,2675	0,0329	-0,0026	0,1029	0,2788	0,0628
Sat. Al (%)	-0,2629	0,0355	0,0131	0,1471	0,3171	-0,0333

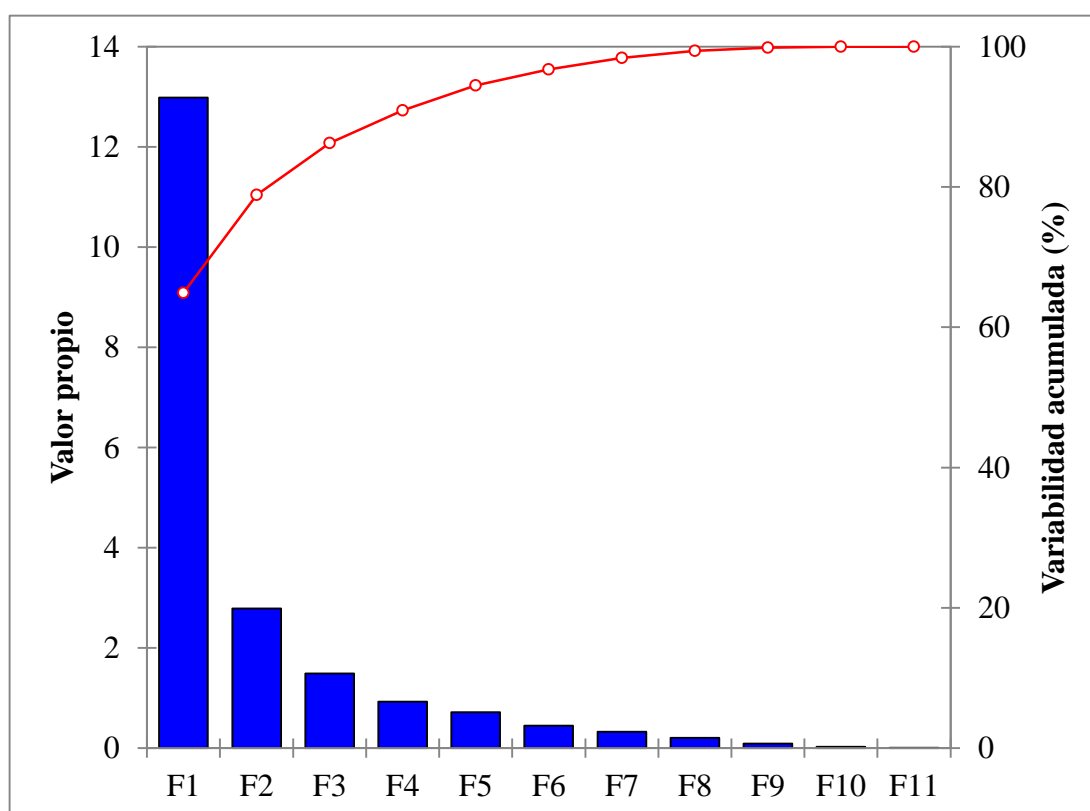


Figura 22. Comportamiento de los 16 factores con respecto a su valor y variabilidad acumulada para el estrato fisiográfico laderas de montañas

En la Figura 22 se puede apreciar el comportamiento de los valores propios de la cantidad de parámetros analizados, así como el comportamiento de la variabilidad acumulada en porcentajes, y se puede notar que el factor uno ha considerado 12,98 parámetros y el factor 2 ha considerado 2,78 parámetros, y así sucesivamente hasta el factor 11 con 0,0 parámetros, por ello teniendo una relación directa con la variabilidad; en la Figura 23 se observa el nivel de

asociación y/o correlación de los parámetros fisicoquímicos seleccionados en los factores F1 y F2, estos teniendo una variabilidad acumulada de 78,85%, donde se observa que el % de arena, la capacidad de intercambio catiónico efectivo (Cmol(+)/kg), aluminio (Cmol(+)/kg), hidrogeno (Cmol(+)/kg), saturación de aluminio en %, ácidos cambiables en % tienen una relación relativamente inversa con los parámetros de % de arcilla, % de limo, potasio (ppm), fósforo (ppm), calcio (Cmol(+)/kg), potasio (Cmol(+)/kg), magnesio (Cmol(+)/kg), pH, capacidad de intercambio catiónico (meq/100g), sodio (Cmol(+)/kg) y bases cambiables en %; también se puede apreciar que los parámetros que se encuentran en el mismo cuadrante del plano cartesiano tienen una relación directa a relativamente y los parámetros que tienen un ángulo de aproximadamente 90° no tienen ninguna asociación como es el caso de la arena con el pH, fósforo, bases cambiables, calcio, etc.

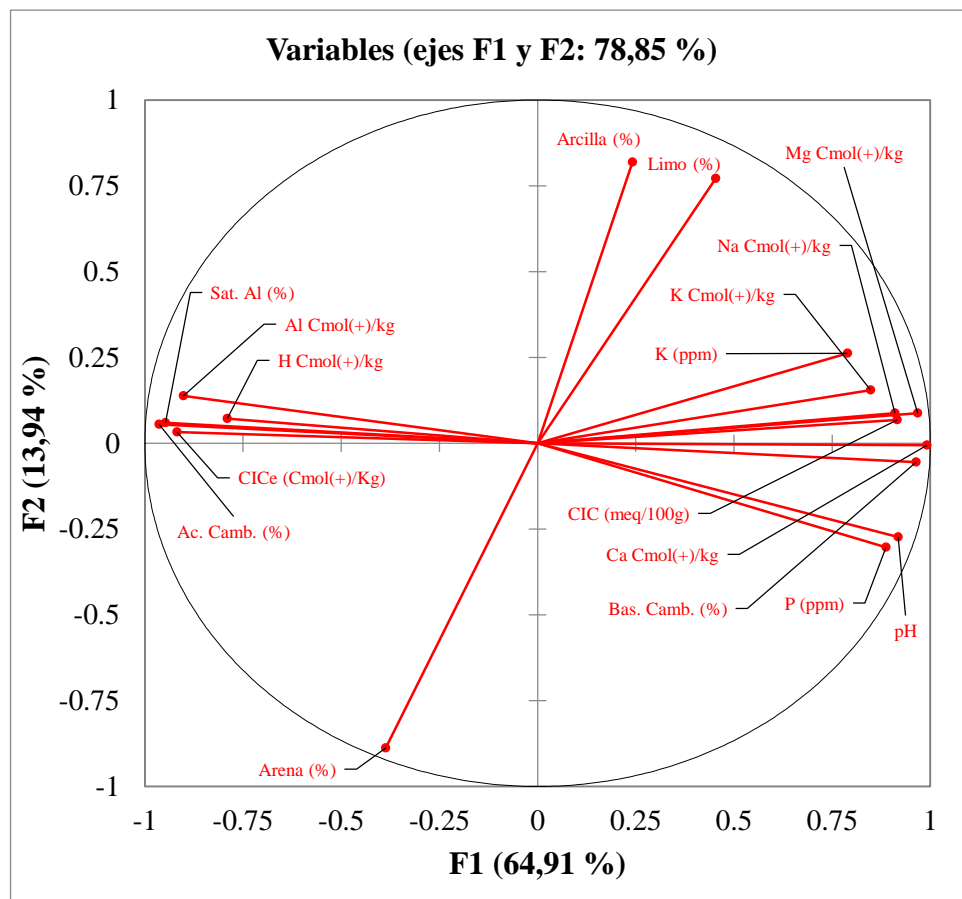


Figura 23. Nivel de relación de los parámetros fisicoquímicos seleccionados por los factores F1 y F2 para el estrato fisiográfico laderas de montañas

En la Figura 24 se aprecia la relación que existe entre los sectores y sus respectivos 15,77 (F1 y F2) parámetros fisicoquímicos del suelo y con una variabilidad de 78,85%, donde el sector

y/o caserío Montero (2, 4, 5 y 12) y Pampa Hermosa (6) tienen resultados relativamente inversos a los demás caseríos evaluados en el estrato fisiográfico de laderas de colina como son San Pablo (1), José Carlos Mariátegui (3), Montero (7 y 10), Río Seco (8 y 9) y Cerro Azul (11), esto indica la heterogeneidad de los suelos en este estrato, también resaltar que estos caseríos tiene una relación relativamente directa con los parámetros fisicoquímicos de % de arcilla, % de limo, potasio (ppm), fósforo (ppm), calcio (Cmol(+)/kg), potasio (Cmol(+)/kg), magnesio (Cmol(+)/kg), pH, capacidad de intercambio catiónico (meq/100g), sodio (Cmol(+)/kg) y bases cambiables en %.

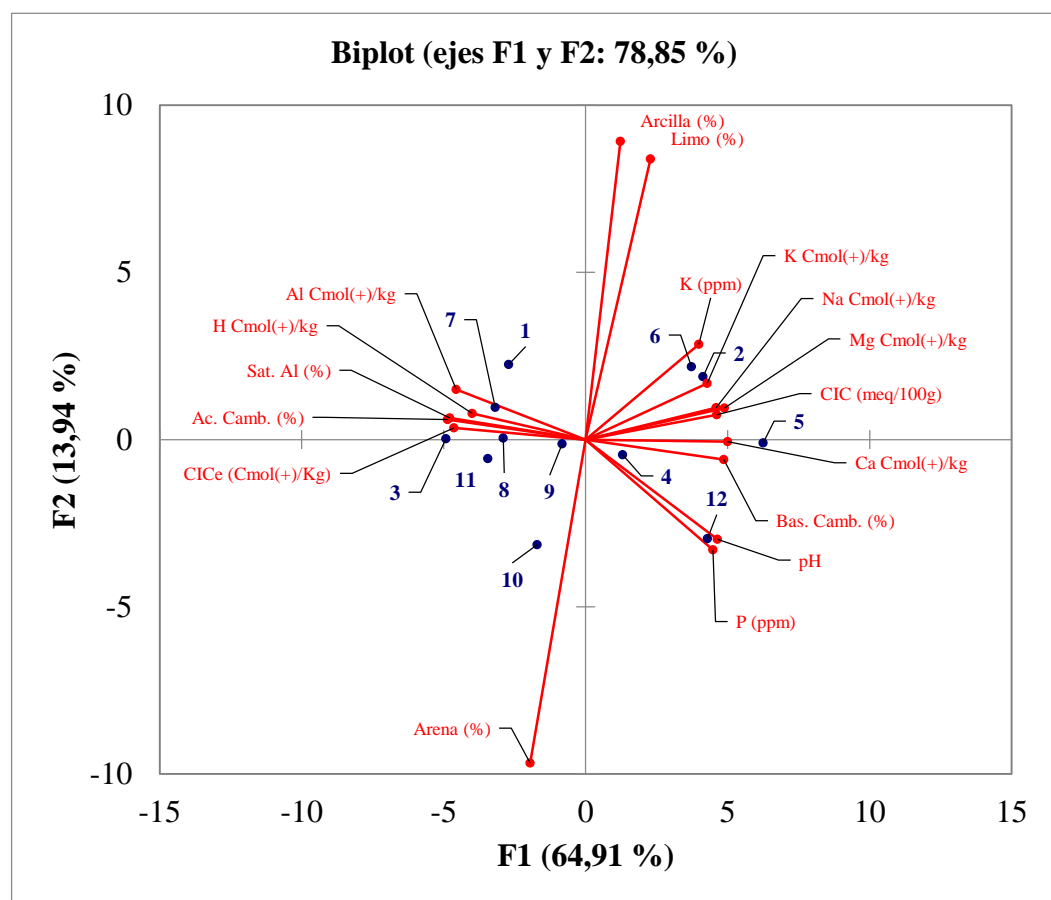


Figura 24. Distribución de los parámetros fisicoquímicos y los sectores seleccionados por los factores F1 y F2 para el estrato fisiográfico laderas de Montañas

En la siguiente Tabla, se puede apreciar que para el estrato de terraza, se generaron 14 factores de acuerdo al análisis metodológico de los componentes principales (ACP), de los cuales se trabajaron con 06 factores, con el fin de eliminar complejidades en el análisis de los resultados, por lo que tiene una variabilidad acumulada del 94,446%; la variabilidad indica en el presente trabajo el nivel de dispersión de los datos hacia el centro del plano cartesiano, donde

se aprecia que el factor 01 tiene una variabilidad de 59,372% y esta va disminuyendo sucesivamente hasta el factor 14; por lo general se debe en que el primer factor toma la mayor cantidad de parámetros del suelo relacionados, y que como cada uno de ellos tiene su propia dimensión, esto hace que aumente la variabilidad, pero esto va disminuyendo con los demás factores hasta tener una variabilidad de 0,0%, esta información factorial se materializa en los vectores propios, así como en la carga factorial presentando valores entre -1 y +1, que mide el nivel de relación entre los parámetros.

Tabla 32. Valores propios y vectores propios de F1 al F6 para el estrato fisiográfico Terraza

Valor propio	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Valor propio	11,8743	2,5205	1,6761	1,1793	0,9592	0,6797
Variabilidad (%)	59,3717	12,6023	8,3805	5,8963	4,7962	3,3987
% acumulado	59,3717	71,9740	80,3545	86,2509	91,0471	94,4458
Vectores propios	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Arena (%)	-0,0922	0,4583	-0,4436	-0,0365	-0,1615	0,0029
Arcilla (%)	0,0768	-0,3155	0,5852	0,0581	-0,1642	0,2234
Limo (%)	0,0559	-0,3962	-0,1137	-0,0270	0,6290	-0,4029
pH	-0,2666	0,0995	-0,0787	-0,1727	0,0678	0,1486
M.O. (%)	0,1020	0,4686	0,3717	0,0771	0,2241	-0,2145
N (%)	0,1020	0,4686	0,3717	0,0771	0,2241	-0,2145
P (ppm)	-0,2630	0,0604	-0,0367	-0,2794	0,0517	0,2307
K (ppm)	-0,1667	0,0138	0,3158	-0,4849	-0,1505	-0,0074
Cd (ppm)	-0,1159	0,0727	0,0553	0,6803	0,0794	0,4474
CIC (meq/100g)	-0,2775	0,0989	0,0602	-0,0211	0,0807	0,0542
Ca Cmol(+)/kg	-0,2597	0,1506	0,0245	-0,0964	0,2282	0,0671
Mg Cmol(+)/kg	-0,2748	0,0823	0,0600	-0,0488	0,1999	0,0211
K Cmol(+)/kg	-0,2635	-0,0771	0,1659	-0,1747	-0,0766	0,0346

Na Cmol(+)/kg	-0,2753	-0,0512	0,1474	0,0566	-0,0117	-0,0213
Al Cmol(+)/kg	0,2731	0,0784	0,0413	-0,1148	-0,0678	0,0938
H Cmol(+)/kg	0,1752	-0,0010	-0,0456	-0,2101	0,5184	0,5932
CICe (Cmol+)/Kg)	0,2783	0,0499	-0,0134	-0,1553	0,1150	0,1383
Bas. Camb. (%)	-0,2798	-0,0757	0,0074	0,1371	0,0323	-0,1239
Ac. Camb. (%)	0,2798	0,0757	-0,0074	-0,1371	-0,0323	0,1239
Sat. Al (%)	0,2753	0,0851	0,0054	-0,1096	-0,1467	0,0163

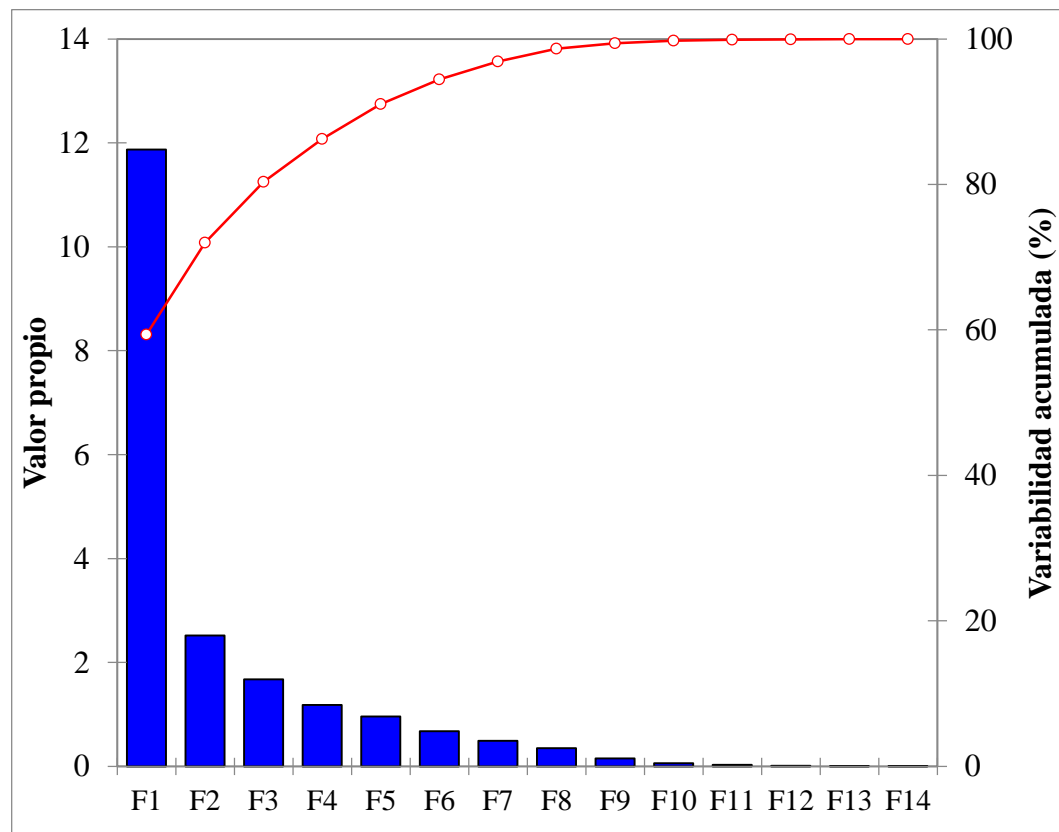


Figura 25. Comportamiento de los 16 factores con respecto a su valor y variabilidad acumulada para el estrato fisiográfico Terraza

En la Figura 25 se puede apreciar el comportamiento de los valores propios de la cantidad de parámetros analizados, así como el comportamiento de la variabilidad acumulada en porcentajes, y se puede notar que el factor uno ha considerado 11,87 parámetros y el factor 2 ha considerado 2,52 parámetros, y así sucesivamente hasta el factor 14 con 0,0 parámetros,

por ello teniendo una relación directa con la variabilidad; en la Figura 26 se observa el nivel de asociación y/o correlación de los parámetros fisicoquímicos seleccionados en los factores F1 y F2, estos teniendo una variabilidad acumulada de 71,97%, donde se observa que la materia orgánica en %, nitrógeno en %, capacidad de intercambio catiónico efectivo (Cmol(+)/kg), aluminio (Cmol(+)/kg), saturación de aluminio en %, ácidos cambiables en % tienen una relación relativamente inversa con los parámetros de % de arena, fósforo (ppm), calcio (Cmol(+)/kg), potasio (Cmol(+)/kg), magnesio (Cmol(+)/kg), pH, capacidad de intercambio catiónico (meq/100g), sodio (Cmol(+)/kg) y bases cambiables en %; también se puede apreciar que los parámetros que se encuentran en el mismo cuadrante del plano cartesiano tienen una relación directa a relativamente y los parámetros que tienen un ángulo de aproximadamente 90° no tienen ninguna asociación como es el caso de la arena con la saturación de aluminio, capacidad de intercambio catiónico, sodio, bases cambiables, etc.

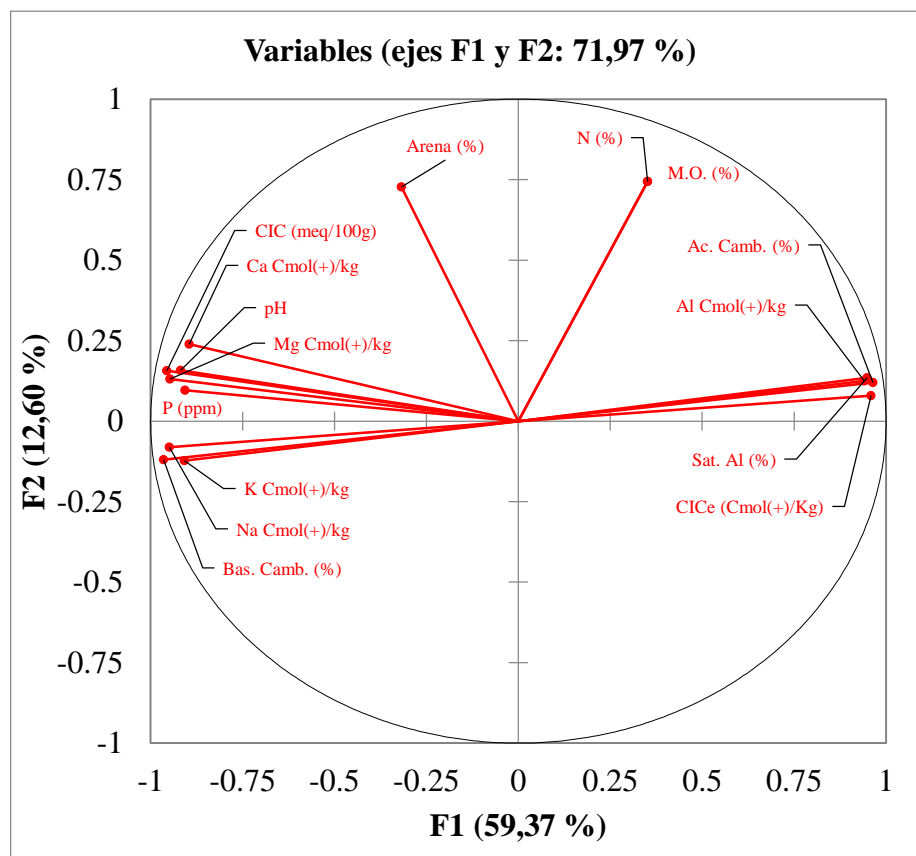


Figura 26. Nivel de relación de los parámetros fisicoquímicos seleccionados por los factores F1 y F2 para el estrato fisiográfico Terraza

En la Figura 27 se aprecia la relación que existe entre los sectores y sus respectivos 14,39 (F1 y F2) parámetros fisicoquímicos del suelo y con una variabilidad de 71,97%, donde el sector

y/o caserío Árabe (1, 2, 3, 4 y 5) y Villa Rica (6, 7 y 8) tienen resultados relativamente inversos a los demás caseríos evaluados en el estrato fisiográfico de laderas de colina como son Árabe parte baja (9, 12, 13 y 15), Alto Pacae (10) y Pampa Hermosa (11 y 14), esto indica la heterogeneidad de los suelos en este estrato, también resaltar que estos caseríos tiene una relación relativamente directa con los parámetros fisicoquímicos de % de arena, fosforo (ppm), calcio (Cmol(+)/kg), potasio (Cmol(+)/kg), magnesio (Cmol(+)/kg), pH, capacidad de intercambio catiónico (meq/100g), sodio (Cmol(+)/kg) y bases cambiables en %.

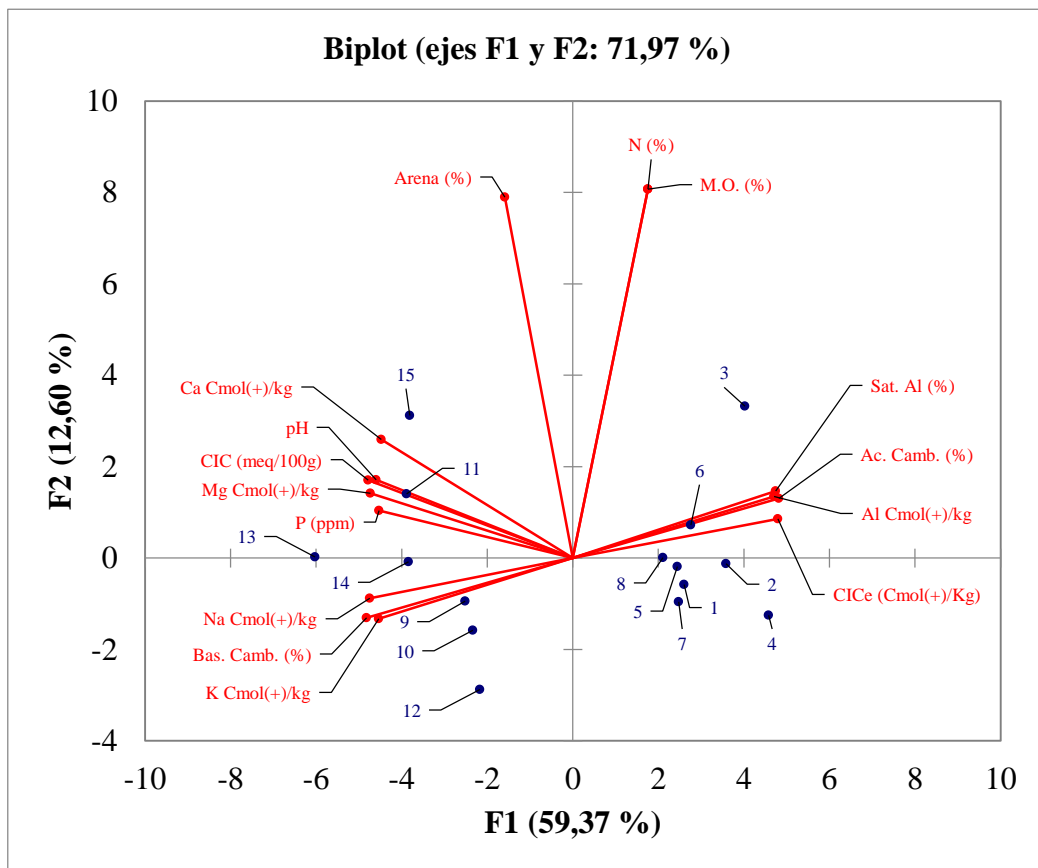


Figura 27. Distribución de los parámetros fisicoquímicos y los sectores seleccionados por los factores F1 y F2 para el estrato fisiográfico Terraza

4.2.4. Índice de calidad ambiental del suelo

L índice de calidad de suelo se ha determinado mediante el análisis de componentes principales, donde Sánchez et al. (2015) indica que este método permite o refleja relativamente la calidad de los suelos a partir de los parámetros físico, químico y biológico, siendo bastante confiable para su posterior análisis, corroborando este criterio con Barrezueta et al (2017) indicando que este método ordena e identifica los parámetros a partir de factores principales que influyen al modelo de calidad del suelo; así mismo Qui et al (2009) refiere que este método

refleja o representa a partir de los indicadores del suelo su nivel de calidad.

En la siguiente Tabla se observa el valor del índice de calidad ambiental del suelo para el estrato fisiográfico Ladera de Colina, siendo este de 31,597 y se observa de acuerdo a las calificaciones de los valores de índice de calidad ambiental del suelo por Sánchez et al. (2015), que se encuentra con la calificación de categoría Regular; En la tabla también se observa que los parámetros más influyentes en la calidad del suelo son el pH, capacidad de intercambio catiónico y sodio a un nivel del 62%, mientras que la arena y arcilla influyen en un 12,9%; el limo, la materia orgánica, el nitrógeno, el potasio disponible, el cadmio disponible y el potasio influyen en un 10,7%, el fosforo disponible influye en un 6,4%; mientras que el calcio, hidrogeno, bases cambiables, ácidos cambiables y saturación de aluminio influyen en un 4,4%; y finalmente el magnesio, el aluminio y la capacidad e intercambio catiónico efectivo influyen en un 3,6%.

Tabla 33. Resultado del análisis del índice de calidad ambiental del suelo del estrato fisiográfico Laderas de Colina

Factores	Indicador seleccionado	Coefficiente de puntuación	Media del Parámetro	Wi*Cs	QIN	Niveles
F1	pH	0,620	5,018	3,112	31,597	Regular calidad ambiental del suelo
	CIC (meq/100g)		1,392	0,863		
F2	Na Cmol(+)/kg	0,129	0,031	0,019		
	Arena (%)		38,404	4,937		
	Arcilla (%)		32,871	4,226		
	Limo (%)		28,724	3,082		
	M.O. (%)		1,609	0,173		
F3	N (%)	0,107	0,080	0,009		
	K (ppm)		72,605	7,790		
	Cd (ppm)		0,103	0,011		
	K Cmol(+)/kg		0,054	0,006		
F4	P (ppm)	0,064	5,117	0,327		
	Ca Cmol(+)/kg		3,130	0,139		
	H Cmol(+)/kg		0,372	0,017		
F5	Bas. Camb. (%)	0,044	50,067	2,226		
	Ac. Camb. (%)		49,933	2,220		
	Sat. Al (%)		45,677	2,030		
F6	Mg Cmol(+)/kg	0,036	0,407	0,015		
	Al Cmol(+)/kg		4,257	0,152		

CICe (Cmol(+)/Kg)	6,859	0,245
----------------------	-------	-------

Wi: indicador seleccionado; Cs: Coeficiente de puntuación; QIN: Índice de calidad normalizada

En la siguiente Tabla se observa el valor del índice de calidad ambiental del suelo para el estrato fisiográfico Ladera de Montaña, siendo este de 33,206 y se observa de acuerdo a las calificaciones de los valores de índice de calidad ambiental del suelo por Sánchez et al. (2015), que se encuentra con la calificación de categoría Regular; En la tabla también se observa que los parámetros más influyentes en la calidad del suelo son el pH, el fosforo disponible, la capacidad de intercambio catiónico, el calcio, el magnesio y el sodio a un nivel del 67,1%, mientras que la arena y limo influyen en un 14,4%; la materia orgánica, el nitrógeno y la capacidad de intercambio catiónico efectivo influyen en un 7,7%, la arcilla, el potasio disponible y el cadmio disponible influye en un 4,8%; mientras que el potasio, aluminio, bases cambiables, ácidos cambiables y saturación de aluminio influyen en un 3,7%; y finalmente el hidrogeno influye en un 2,3%.

Tabla 34. Resultado del análisis del índice de calidad ambiental del suelo del estrato fisiográfico Laderas de Montaña

Factores	Indicador seleccionado	Coeficiente de puntuación	Media del Parámetro	Wi*Cs	QIN	Niveles
F1	pH	0,671	5,218	3,501	33,206	Regular calidad ambiental del suelo
	P (ppm)		5,149	3,454		
	CIC (meq/100g)		2,873	1,928		
	Ca Cmol(+)/kg		4,045	2,713		
	Mg Cmol(+)/kg		0,490	0,329		
F2	Na Cmol(+)/kg	0,054	0,036			
	Arena (%)	0,144	42,960	6,191		
	Limo (%)		27,447	3,955		
M.O. (%)	1,670		0,128			
F3	N (%)	0,077	0,083	0,006		
	CICe (Cmol(+)/Kg)		4,637	0,356		
F4	Arcilla (%)	0,048	29,593	1,419		
	K (ppm)		85,719	4,111		
	Cd (ppm)		0,246	0,012		
F5	K Cmol(+)/kg	0,037	0,106	0,004		
	Al Cmol(+)/kg		2,488	0,092		

	Bas. Camb. (%)		60,997	2,254
	Ac. Camb. (%)		39,003	1,441
	Sat. Al (%)		34,313	1,268
F6	H Cmol(+)/kg	0,023	0,329	0,008

Wi: indicador seleccionado; Cs: Coeficiente de puntuación; QIN: Índice de calidad normalizada

En la siguiente Tabla se observa el valor del índice de calidad ambiental del suelo para el estrato fisiográfico de Terraza, siendo este de 30,094 y se observa de acuerdo a las calificaciones de los valores de índice de calidad ambiental del suelo por Sánchez et al. (2015), que se encuentra con la calificación de categoría Regular; En la tabla también se observa que los parámetros más influyentes en la calidad del suelo son el pH, la capacidad de intercambio catiónico, el calcio, el magnesio, el potasio, el sodio y el aluminio a un nivel del 62,9%, mientras que la arena, la materia orgánica y el nitrógeno influyen en un 13,3%; la arcilla influye en un 8,9%, el fosforo disponible, el potasio disponible y el cadmio disponible influye en un 6,2%; mientras que el limo y la saturación de aluminio influyen en un 5,1%; y finalmente el hidrogeno, la capacidad de intercambio catiónico efectivo, las bases cambiables y los ácidos cambiables influye en un 3,6%.

Tabla 35. Resultado del análisis del índice de calidad ambiental del suelo del estrato fisiográfico de Terraza

Factores	Indicador seleccionado	Coeficiente de puntuación	Media del Parámetro	Wi*Cs	QIN	Niveles
	pH		5,420	3,407		
	CIC (meq/100g)		3,136	1,971		
	Ca Cmol(+)/kg		3,631	2,282		
F1	Mg Cmol(+)/kg	0,629	0,508	0,320		
	K Cmol(+)/kg		0,103	0,065		
	Na Cmol(+)/kg		0,060	0,038		
	Al Cmol(+)/kg		2,229	1,401		
	Arena (%)		40,027	5,341	30,094	Regular
F2	M.O. (%)	0,133	1,808	0,241		calidad ambiental del suelo
	N (%)		0,090	0,012		
F3	Arcilla (%)	0,089	29,893	2,653		
	P (ppm)		5,406	0,338		
F4	K (ppm)	0,062	82,302	5,138		
	Cd (ppm)		0,117	0,007		

F5	Limo (%)	0,051	30,080	1,528
	Sat. Al (%)		31,634	1,606
	H Cmol(+)/kg		0,344	0,012
F6	CICe	0,036	3,739	0,135
	(Cmol(+)/Kg)		63,751	2,294
	Bas. Camb. (%)		36,249	1,304
	Ac. Camb. (%)			

Wi: indicador seleccionado; Cs: Coeficiente de puntuación; QIN: Índice de calidad normalizada

Una posible interpretación de los resultados es debido a que los suelos del estrato fisiográfico Laderas de Colinas, de Montañas y de Terraza son suelos utilizados intensivamente para la agricultura, especialmente los cultivos de cacao, plátano, cítricos y en las alturas cultivos de café y estos a su vez para su mantenimiento se utilizan también intensivamente herbicidas bastante tóxicos como el glifoklin, fuego, ente otros, cuyo ingrediente activo es el glifosato, este elemento químico, uno de sus características es sobre su movimiento y persistente, de acuerdo con la EPA (2014) el glifosato es adsorbido fuertemente por el suelo, aun en suelos con bajo contenido de arcillas y materia orgánica, cosa que los suelos estudiados en este estrato fisiográfico de Laderas de Colina se ha encontrado en promedio 32,87% de arcilla con un coeficiente de variación (CV) de 36,6% y 1,61% de materia orgánica con un CV de 22,3%, en el estrato fisiográfico de Laderas de Montaña se ha encontrado en promedio 29,59% de arcilla con un CV de 25,0% y 1,67% de materia orgánica con un CV de 18,0%, y en el estrato de Terraza se ha encontrado en promedio 29,89% de arcilla con un CV de 34,2% y 1,81% de materia orgánica con un CV de 24,1%; por lo que aunque es soluble en agua, se considera que este elemento es inmóvil o relativamente inmóvil, permaneciendo entonces en las capas superficiales del suelo, siendo poco propenso a la infiltración y/o percolación y teniendo un bajo potencial de escorrentía, pero contrariamente cuando se adsorbe a materiales coloidales o en partículas suspendidas en aguas de escorrentía; además Dinham (1998) indica que en algunas clases de suelo el glifosato es móvil, entonces siendo bastante móvil en el suelo; también es preciso indicar que este elemento es insignificante para las pérdidas por volatilización o foto descomposición, pero si es descompuesto por microorganismos, donde han reportado vida media de este elemento o tiempo que tarda en desaparecer la mitad del compuesto en el medio ambiente de dos a seis meses aproximadamente (EPA, 2014); además Zirena et al. (2018) indica que el glifosato es bastante resistente a la degradación debido al enlace carbono-fosforo del elemento inerte a la molécula (Chekan, Cogan y Nair, 2016), por lo que este elemento se acumula en el medio ambiente y afecta la calidad del suelo, afecta la calidad del agua y a la

calidad y/o desarrollo de las plantas, fauna y seres vivos en general; este comportamiento influye directa e indirectamente en los demás parámetros del suelo como es el caso de la estructura del suelo, el pH, el nitrógeno, el potasio, el fósforo entre otros elementos relacionados; en conclusión altera la calidad del suelo; pero también los agricultores en sus cultivos, emplean insecticidas y fungicidas para el control de algunas plagas que atacan al cultivo de cacao, cultivo de plátano, cultivo de coca, etc., entonces en su conjunto expresan la pérdida de la calidad del suelo, cosa que también reportan los mismos resultados de trabajo de investigación realizadas por la zona en estudio, como es el caso de Robles (2020), donde ha encontrado que la calidad de los suelos de las unidades fisiográficas del fundo de Tulumayo son de calidad moderada debido a que están influenciadas por el bajo nivel de materia orgánica, pH ácido, saturación de bases pobres; y lo mismo en el trabajo de la calidad de suelo por Soil taxonomy desarrollado en el distrito de José Crespo y Castillo por León (2021), donde ha encontrado que la calidad del suelo es regular, donde demuestra también que esto se debe al uso intensivo de los suelos, lo cual alteran la calidad de este; por lo tanto estos resultados reflejan a lo manifestado por García (2014) donde indica que las variables y/o indicadores que influyen en la calidad del suelo es el nivel de la productividad, este debe ser óptimo y no intensivo a tal punto de sobreexplotar este recurso natural tan importante para el medio ambiente; reducir el uso excesivo de insumos químicos, es importante esta práctica agrícola, porque permite atenuar los contaminantes al medio ambiente y también favorecer al desarrollo de la vegetación, de la fauna y de todas las personas o seres humanos, y utilizar con mayor frecuencia insumos orgánicos; además también en el trabajo de investigación de calidad y uso sustentable del suelo de un sistema agroforestal (SAF) y un ex cocal (suelo abandonado muy ácido) determinaron que la calidad de suelo de los sistemas de uso agroforestal presentó una calidad de “bueno” y el suelo del ex cocal calidad marginal (Panaifo et al, 2021), a su vez corroborando a Azañero et al. (2020), quienes presentan las mismas conclusiones de calidad de suelo en el Valle del Monzón; por lo que, en términos generales la zona de estudio presentan las mismas características, donde los parámetros de los suelos tienen similares resultados, influyendo estos indicadores a la baja calidad del suelo, y esto sucede debido a las malas prácticas silviculturales, producción de cultivos ilícitos, uso excesivo de agroquímicos, etc., que en su conjunto afecta la calidad del suelo, especialmente el pH ácido, que es el parámetro que influye significativamente estadísticamente como primer factor a la calidad de los suelos.

V. CONCLUSIONES

1. Se determinaron que los parámetros físicos del suelo como es el porcentaje arcilla es alta en comparación con los porcentajes de limo y arena por estrato fisiográfico Laderas de Colinas (18), Laderas de Montañas (12) y Terraza (15).
2. Se determinaron que los parámetros químicos del suelo como son los pHs son ácidos, el porcentaje de materia orgánica, nitrógeno, fosforo, potasio, cadmio son bajas, la capacidad de intercambio catiónico efectivo (CICe), calcio, magnesio, aluminio, hidrogeno, cadmio, bases y ácidos cambiabls y porcentaje de saturación de aluminio son bajas a medias por estrato fisiográfico Laderas de Colinas (18), Laderas de Montañas (12) y Terraza (15).
3. El índice de calidad ambiental del suelo para el estrato fisiográfico Laderas de Colina es de 31,597, estrato fisiográfico Laderas de Montañas es de 33,206, y para el estrato fisiográfico Terraza es de 30,094, siendo calificadas todos los estratos como calidad de suelo de regular.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Debido a que los suelos del distrito de Santo Domingo de Anda tienen una regular calidad ambiental, las autoridades de la municipalidad debe gestionar proyectos ambientales y/o productivos como sistemas agroforestales para mejorar la calidad de los suelos.
2. Para mejorar los procesos de recuperación y restauración de suelos en los estratos fisiográficos Laderas de Colinas, Laderas de Montañas y Terraza en el distrito de Santo Domingo de Anda, realizar plantaciones o instalaciones forestales con especies propias o endémicas de la zona, permitirá su pronta recuperación y/o restauración.
3. Involucrar a los indicadores y/o parámetros biológicos del suelo como los insectos del suelo, macrofauna, mesofauna, microorganismos, hongos, levaduras y la vegetación estos ayudaran a mejorar la representación de la calidad del suelo.
4. Trabajar juntamente con la población del distrito de Santo Domingo de Anda, concientizándolos en temas de buenas prácticas silviculturales, silvopastoriles, agroforestería, ayudará a disminuir la degradación de los suelos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, E., Carrasco, A., León, O., Silva, P., Castillo, G., Borie, G., Martínez, E., González, S., Ahumada, L. (2005). Criterios de calidad del suelo agrícola. [En línea]: USDA, (<http://soils.usda.gov/sqi/informe>, 22 Feb. 2006).
- Altieri, M. (1997). Agroecología; Bases científicas para una agricultura sustentable. Centro de Investigación, Educación y Desarrollo.
- Azañero L., Ñique M., y Florida N. (2020). Calidad del suelo en diferentes sistemas de uso en selva alta de Huánuco, Perú. *Tayacaja*, 3(1). 112-125. DOI: <https://doi.org/10.46908/rict.v3i1.75>
- Barrezueta, S., Paz, A., Chabla, C. (2017). Determinación de indicadores para calidad de suelos cultivados con cacao en provincia de El Oro-Ecuador. 3(1): 17-24.
- Calderón, F. (1999). Metodologías para el análisis químico del suelo. *Labs*. 6 Jun. 1999.
- Cantu M., Bedano J., y Schiavo H. (2007). Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices. Universidad Nacional de Río. Córdoba. Argentina.
- Carvajal, Y., Escobar, J., Samboni, N. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímico como indicadores de calidad y contaminación del agua. *SciELO*, 27(3), 172-181.
- Carter, R., Gregorich, E.G., Anderson, D.W., Doran, J.W., Janzen, H.H. Y Pierce, F.J. (1997). Concepts of soil quality and their significance. En *Soil quality for crop production and ecosystem health* (eds. Gregorich, E.G. y Carter, M.). Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Netherlands.
- Chekan R., Cogan, P., y Nair K. (2016). Molecular basis for resistance against phosphonate antibiotics and herbicides. *Med. Chem. Commun.*, 7(1), 28–36. DOI:10.1039/C5MD00351B.
- Chen, Z. 2000. Relationship between heavy metal concentrations in soils of Taiwan and uptake by crops. [En línea]: FFTC, (<http://www.fftc.agnet.org/>, 26 oct. 2019).
- Correa, J. (2012). Calidad de suelos en diferentes sistemas de uso en el predio Tulumayo – UNAS – Tingo María. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva].

Repositorio UNAS: <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/443>

- Daza, J. 2018. Evaluación de indicadores de calidad del suelo y carbono orgánico en dos sistemas de uso de la tierra en el distrito Rupa Rupa – Tingo María. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS: <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1562>
- Delgado, R., España, M. (1999). Evaluación de la biomasa microbiana por los métodos fumigación-incubación y fumigación-extracción y su relación con la disponibilidad de nitrógeno en suelos de Venezuela. Instituto de Investigaciones en Recursos Agroecológicas.
- Dinham, B. (1998). Resistance to glyphosate. En: Pesticides News 41: 5. The Pesticides Trust. PAN-Europe. London, UK.
- Doran, J., Lincoln, N. (1999). Guía para la evaluación de la calidad del suelo. [En línea]: USDA, (<http://soils.usda.gov/sqi>, Documento, 26 Oct. 2019).
- Doran, J.W. y Parkin, B.T. (1994). Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Soil Science Society of America, Inc. Special Publication. Number 35. Madison, Wisconsin, USA.
- Epa. (2014). Technical Fact Sheets on: Glyphosate. National Primary Drinking Water Regulations.
- Fao. 1996. Indicadores de la calidad de la tierra y su uso para la agricultura sostenible y el desarrollo rural. Departamento de Desarrollo Sostenible de la FAO, Roma (Italia). Boletín de tierras y aguas de la FAO 5.
- García, L. 2014. Determinación de la influencia del abono orgánico (tropimax) en las propiedades del suelo y en el crecimiento del pino chuncho (*Schizolobium amazonicum*). [Tesis. Universidad Nacional Agraria de la Selva].
- Germán, M. (2017). Manual de indicadores de calidad del suelo para las ecorregiones de Argentina. 1era edición. Entre Ríos: Ediciones INTA. Argentina. 151 p
- Guzmán, G., Gonzales, M., Sevilla, E. (2000). Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible. Dirección general de enseñanza superior e investigación científica.
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, M. (2014). Metodología de la investigación. Sexta edición. McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V. 632p.
- Hosokay, M. (2012). Calidad de suelos en diferentes sistemas de uso en Supte San Jorge – Tingo María. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio

UNAS: <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/453>.

Iso 14001. Norma Internacional sistema de gestión del medio ambiente. FAO.

Juárez, H. (2018). Correlación entre variables físicas y químicas para la determinación del nivel de fertilidad de suelos cultivados con banano en el Valle del Chira – Piura. [Tesis pregrado, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio UNP: <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1295>

Karlen, L., Mausbach, M., Doran, J., Cune, F., Harris, E. (1997). Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61:4-10.

La Rosa, E. (2018). Cambios de las propiedades fisicoquímicas del suelo en las laderas del cerro Concacucho post forestación en la Universidad Peruana Unión, Ñaña, Lima. [Tesis pregrado, Universidad Peruana Unión]. Repositorio UPU: <http://hdl.handle.net/20.500.12840/1176>

León J. (2021). Índice de calidad ambiental del suelo en el distrito de José Crespo y Castillo – Huánuco. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1955>

Luters, A. y Salazar, J. (2000). Soil quality test kit guide. Área de cartografía de suelos y evaluación de tierras. Instituto de suelos CRN-CNIA-INTA.

Martínez, E. (2003). Reacción del suelo (pH). *Rev. Batuco. Universidad de Chile.* 1-34.

Minae. 2004. D.S. N°31849-MINAE-S-MOPT-MAG-MEIC. [En línea]: MINAE, (<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/cos77492.pdf>, 26 oct 2019).

Moscatelli, G., Sobral, R., Nakama, V. (2005). Nueva tendencia para conocer el estado de los suelos. [En línea]: INTA, (<http://www.inta.gov.ar/>, Artículo, 26 oct. 2019).

National Resource Conservation Soil (2004). What is soil quality. [En línea]: USDA, ([http://soils.usda.gov/sailsoil quality/what is/](http://soils.usda.gov/sailsoil%20quality/what%20is/), documento, 26 oct. 2019).

Qi, Y., Darilek, J., Huang, B., Zhao, Y., Sun, W., Gu, Z. (2009). Evaluating soil quality indices in an agricultural region of Jiangsu Province, China. *Geoderma. Jiangsu, China.* 149(1): 325–334

Panaifo G. C., Ñique A. M., Levano C. J. (2021). Calidad y uso sustentable del suelo en el Valle del Monzón, Huánuco – Perú. *Revista Latinoamericana de Difusión Científica.* 3(5), 9-24. DOI: <https://doi.org/10.38186/difcie.3502>

Robles, M. (2020). Calidad de suelo mediante indicadores e índices en el Centro de Investigación y Producción Tulumayo (CIPTALD) de la Universidad Nacional Agraria

- de la Selva. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva].
- Romig, D.E., Garlynd, M.J., Harris, R.F. Y Mcsweeney, K. (1995). How farmers assess soil health and quality. *J. Soil Water Conservation* 50: 229-236.
- Ruiz, O G. 2016. Estudio fisicoquímico del suelo del sistema de andenería del centro poblado Cacara, provincia de Yauyos, Lima. [Tesis maestría, Universidad Católica del Perú]. Repositorio PUCP: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/7010>
- Sánchez A., Gil J., Delgado M., Marín P., Blanco, A. y Ortiz R. 2015. Establishing an index and identification of limiting parameters for characterizing soil quality in Mediterranean ecosystems. *Catena*, 131, 35–45. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.catena>
- Schweizer, S. (2011). Muestreo y análisis del suelo para diagnóstico de su fertilidad. [En línea]: Biblioteca virtual, (<http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/P33-9965.pdf>.)
- Zirena, F., Gosgot, W., Campos, C.N. & Zamalloa, W.A. (2018). Glifosato en cuerpos hídricos: problema ambiental. ISSN 2313-2957. *Rev. Investig. Altoandin.* vol.20 no.3 Puno. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S231329572018000300006&script=sci_arttext&tlng=en

VIII. ANEXOS

Anexo 01. Panel fotográfico del trabajo de campo


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Santo Domingo de Anda
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
2	04/03/2021	382797	9002018	601		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					Sembrio de naranja "valencia y comun", sector Arabe	

Figura 28. Calicata ubicada en sector Árabe


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Santo Domingo de Anda
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
4	14/03/2021	388391	8997132	723		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					Sector Jose Carlos Mareategui, calicata ubicado en un bosque secundario	

Figura 29. Calicata ubicada en el sector José Carlos Mariátegui


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORRREGIÓN	Selva alta
Provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
Distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Santo Domingo de Anda
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
8	08/03/2021	386055	8998380	589		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					Sector Arabe, calicata con un entorno de "purma".	

Figura 30. Calicata ubicada en el sector Árabe


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORRREGIÓN	Selva alta
Provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
Distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Santo Domingo de Anda
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
9	17/03/2021	387417	8999341	695		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					Sector "José Carlos Mariátegui", calicata ubicada cerca a un platanal	

Figura 31. Calicata ubicada en el sector José Carlos Mariátegui


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
Provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
Distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Santo Domingo de Anda
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
11	23/03/2021	383466	9004933	675		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					Sector " Cerro Azul", calicata ubicada dentro de un bosque secundario	

Figura 32. Calicata ubicada en el sector Cerro Azul


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
Provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
Distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Santo Domingo de Anda
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
12	24/03/2021	389091	9002262	747		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					Sector " San Pablo" , calica dentro de un bosque secundario	

Figura 33. Calicata ubicada en sector San Pablo


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
Provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
Distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Santo Domingo de Anda
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
13	05/03/2021	380264	9000431	604		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					Sector "Arabe", este lugar presenta características de vegetación ribereña "herbacia" a 50m del río Santo Domingo de Anda.	

Figura 34. Calicata ubicada en el sector Árabe


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
Provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
Distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Santo Domingo de Anda
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
14	19/03/2021	383242	9003451	581		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					Sector "Montero", la calicata se encuentra ubicada dentro de un cultivo de cacao y platano muy proximo a un bosque decudario	

Figura 35. Calicata ubicada en sector Montero


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
Provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
Distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Santo Domingo de Anda
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
18	05/03/2021	384222	8999205	593		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					Sector "Árabe", el presete lugar esta doreado de plantas de naranja y abundante grama.	

Figura 36. Calicata ubicada en el sector Árabe


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
Provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
Distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Santo Domingo de Anda
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
19	05/03/2021	383224	9000350	703		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					Sector "Árabe", calicata ubicada dentro de un bosque secundario.	

Figura 37. Calicata ubicada en el sector Árabe


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
Provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
Distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Santo de Domingo de Anda
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
21	14/03/2021	388358	8999760	722		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					Sector Jose Carlos Mareategui, calicata con un entorno de la familia de melastomataceae	

Figura 38. Calicata ubicada en el sector José Carlos Mariátegui


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
Provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
Distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Santo Domingo de Anda
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
22	18/03/2021	386636	9002728	673		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					Sector "José Carlos Mariategui", calicata dentro de un bosque secundario	

Figura 39. Calicata ubicada en el sector José Carlos Mariátegui


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
Provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
Distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Santo Domingo de Anda
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
24	15/03/2021	386636	9002728	673		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					Sector "San Pablo", calicata ubicada dentro de un bosque secundario.	

Figura 40. Calicata ubicada en el sector San Pablo


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
Provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
Distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Santo Domingo de Anda
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
28	24/03/2021	384732	9000852	651		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					Sector " Pampa Hermosa", calicata dentro de un bosque secundario muy proximo a un piñal	

Figura 41. Calicata ubicada en el sector Pampa Hermosa


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
Provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
Distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Santo Domingo de Anda
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
30	26/03/2021	388540	9005771	875		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					Sector "Montero" calicata ubicada dentro de un platanal.	

Figura 42. Calicata ubicada en el sector Montero


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
Provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
Distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Santo Domingo de Anda
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
31	05/03/2021	387930	8998388	620		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					Sector Jose Carlos Maeategui, calicata con entorno de cacao y platano	

Figura 43. Calicata ubicada en el sector José Carlos Mariátegui


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
Provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
Distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Santo Domingo de Anda
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
32	23/03/2021	380088	9002650	592		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					Sector "Arabe", proximo al Río Huallaga	

Figura 44. Calicata ubicada en el sector árabe


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
Provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
Distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Santo Domingo de Anda
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
34	26/03/2021	389869	9005030	965		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					Sector "Montero", calicata ubicada en un bosque secundario	

Figura 45. Calicata ubicada en el sector Montero


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
Provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
Distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Santo Domingo de Anda
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
36	11/03/2021	389904	8999434	679		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					Sector Jose Carlos Mareategui, calicata ubicado dentro de un bosque secundario.	

Figura 46. Calicata ubicada en el sector José Carlos Mariátegui


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
Provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
Distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Santo Domingo de Anda
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
37	11/03/2021	389371	9000654	796		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					Sector José Carlos Mareategui, calicata ubicada dentro en un bosque secundario	

Figura 47. Calicata ubicada en el sector José Mariátegui


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
Provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
Distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Santo Domingo de Anda
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
38	05/03/2021	389123	8998596	646		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					Sector Jose Carlos Mareategui, calicata ubicada proximo a un platanal, se encontró una napa freática a un profundidad de 0.7m	

Figura 48. Calicata ubicada en el sector José Carlos Mariátegui


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
Provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
Distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Santo Domingo de Anda
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
42	24/03/2021	387151	9000160	670		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					Sector "San Pablo" calicata dentro de un platanal	

Figura 49. Calicata ubicada en el sector San Pablo


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
Provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
Distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Santo Domingo de Anda
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
43	05/03/2021	389759	8997077	715		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					Sector "Montero", calicata ubicada proximo a un sector de cacao y platano.	

Figura 50. Calicata ubicada en el sector Montero


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
Provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
Distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Santo Domingo de Anda
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
46	23/03/2021	384610	9005442	674		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					Sector "Cerro Azul", calicata ubicada dentro de un pastizal	

Figura 51. Calicata ubicada en el sector Cerro Azul

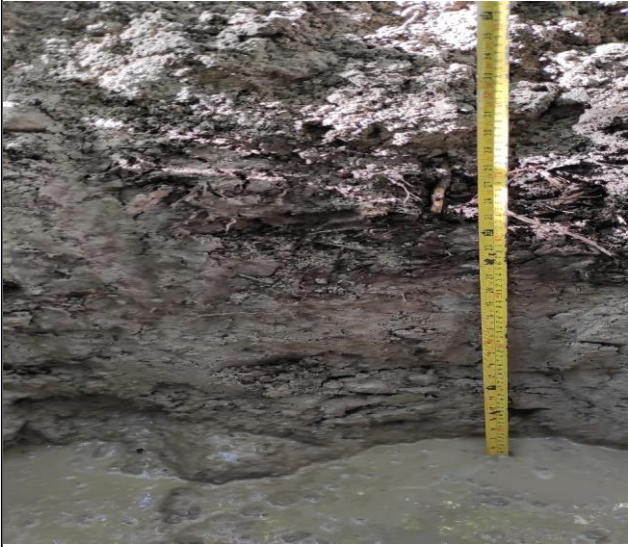
REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
Provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
Distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Santo Domingo de Anda
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
49	26/03/2021	389666	9007103	965		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					Sector "Montero", Calicata ubicada dentro de un bosque secundario, con presencia de napa freática a los 0.75m	

Figura 52. Calicata ubicada en el sector Montero


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
Provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
Distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Santo Domingo de Anda
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
50	05/03/2021	383117	8999578	639		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					Sector "Árabe" calicata ubicado dentro de un bosque secundario	

Figura 53. Calicata ubicada en el sector Árabe


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
Provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
Distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Santo Domingo de Anda
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
57	09/03/2021	385160	8998740	561		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					Sector "Arabe", calicata ubicada en un lugar con presencia de cacao y naranja	

Figura 54. Calicata ubicada en el sector árabe


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
Provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
Distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Santo Domingo de Anda
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
59	07/03/2021	382146	9000497	572		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					Sectot Árabe, lugar con crianza de ganaderia y crianza de gallinas	

Figura 55. Calicata ubicada en el sector Árabe


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Pampa Hermosa
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
3	05/03/2021	39061	8996832	566		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					<p>"Caserío Pampa Hermosa" El muestreo de suelo compuesto se encuentra dentro de un bosque secundario</p>	

Figura 56. Muestreo de suelo en el sector Pampa Hermosa


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Sector Arabe
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
5	05/03/2021	380734	9001384	596		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					<p>Sector Arabe, el muestreo de suelo compuesto se encuentra ubicado muy proximo al río Huallaga.</p>	

Figura 57. Muestreo de suelo en el sector Árabe


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Sector alto pacaе
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
6	05/03/2021	382007	9002450	606		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					Sector Alto Pacae, el muestreo de suelo compuesto se encuentra ubicado dentro de un bosque secundario.	

Figura 58. Muestreo de suelo en el sector Alto Pacae


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
distrito	Santo Domingo De Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Caserillo Montero
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
16	05/03/2021	389107	9003832	701		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					Caserillo Montero, el muestreo de suelo compuesto se encuentra ubicada dentro de un bosque secundario	

Figura 59. Muestreo de suelo en el sector Montero


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Caserillo Pampa hermosa
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
26	05/03/2021	381709	9001523	666		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					<p>Caserío Pampa Hermosa, el muestreo de suelo compuesto se encuentra ubicado dentro de un bosque secundario</p>	

Figura 60. Muestreo de suelo en el sector Pampa Hermosa


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Pampa hermosa
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
29	05/03/2021	379490	9004002	918		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					<p>Caserío Pampa Hermosa, el muestreo de suelo compuesto se encuentra ubicada proximo a un bosque secundario</p>	

Figura 61. Muestreo de suelo en el sector Pampa Hermosa


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Anexo Montero
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
40	05/03/2021	387285	9004615	626		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					<p>Caserío Pampa Hermosa, el muestreo de suelo compuesto se encuentra dentro de un bosque secundario.</p>	

Figura 62. Muestreo de suelo en el sector Pampa Hermosa


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Sector Montero
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
44	05/03/2021	387718	9003176	627		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					<p>Sector Montero, el muestreo de suelo compuesto se encuentra ubicado dentro de un bosque secundario.</p>	

Figura 63. Muestreo de suelo en el sector Montero


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Caserillo Arabe
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	783		
45	05/03/2021	385501	900083	0		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					<p>Caserío Arabe, el muestreo de suelo compuesto se encuentra ubicado dentro de plantaciones de cacao y platano.</p>	

Figura 64. Muestreo de suelo en el sector Árabe


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Caserillo Río seco
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
47	05/03/2021	390814	9000949	637		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					<p>Caserío Río Seco, el muestreo de suelo compuesto se encuentra ubicada dentro de un bosque secundario.</p>	

Figura 65. Muestreo de suelo en el sector Río Seco


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Casillero Montero
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
48	05/03/2021	387718	9003176	627		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					<p>Casillero Montero, el muestreo de suelo compuesto se encuentra dentro de un bosque secundario.</p>	

Figura 66. Muestreo de suelo en el sector Montero


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Casillero Río Seco
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
52	05/03/2021	390415	9002883	697		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					<p>Casillero Río Seco, el muestreo de suelo compuesto se encuentra ubicado dentro de un bosque secundario.</p>	

Figura 67. Muestreo de suelo en el sector Río Seco


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Caserillo Pampa Hermosa
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
53	05/03/2021	385436	9001317	649		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					<p>Caserío Pampa Hermosa, el muestreo de suelo compuesto, se encuentra ubicado dentro de un bosque secundario.</p>	

Figura 68. Muestreo de suelo en el sector Pampa Hermosa


REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
Departamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Localidad de Pedro Vilca
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
58	05/03/2021	390361	8996832	566		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					<p>Localidad Pedro Vilca, el muestreo de suelo compuesto se encuentra ubicado dentro de un bosque secundario</p>	

Figura 69. Muestreo de suelo en el sector Pedro Vilca


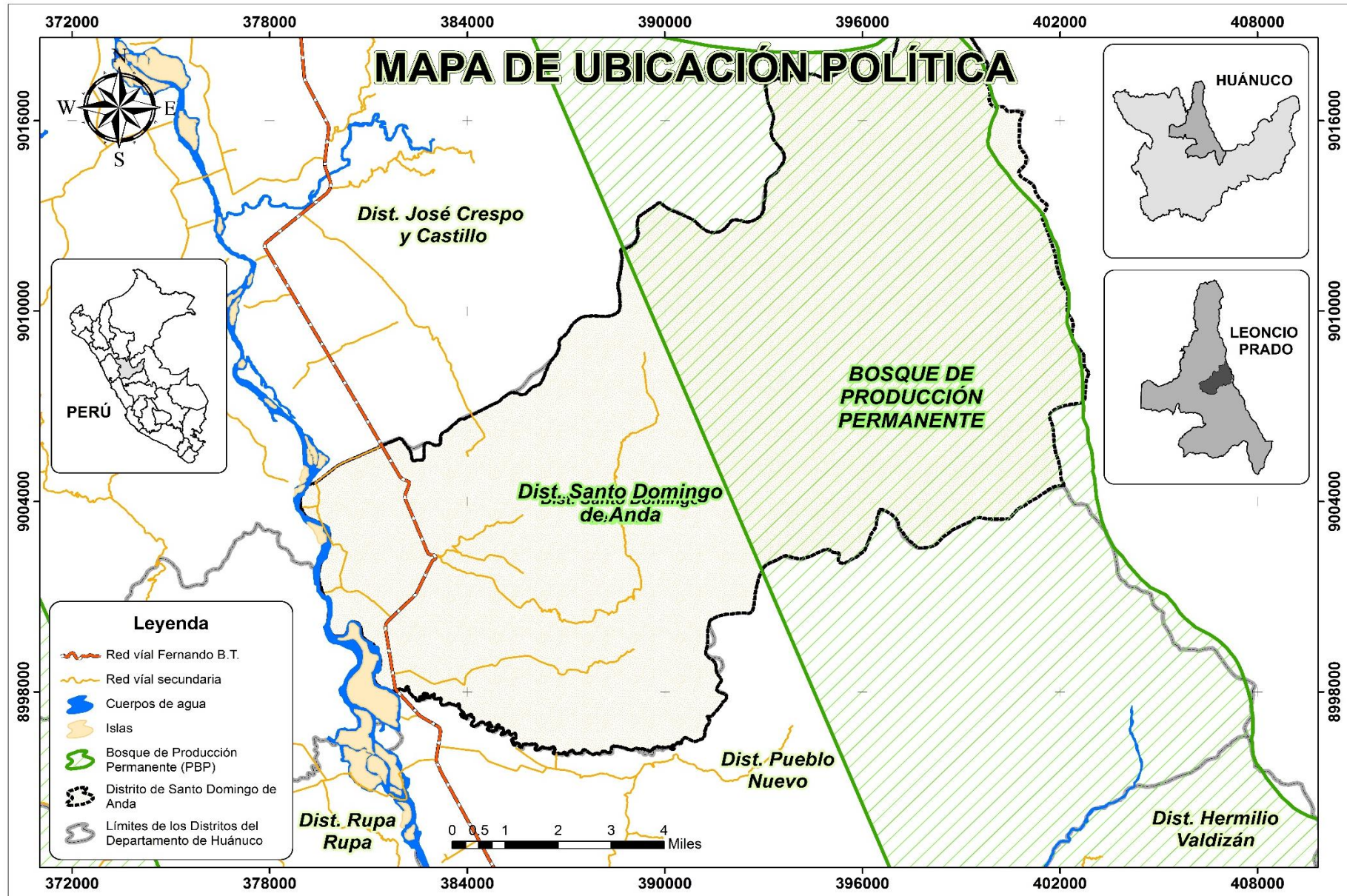
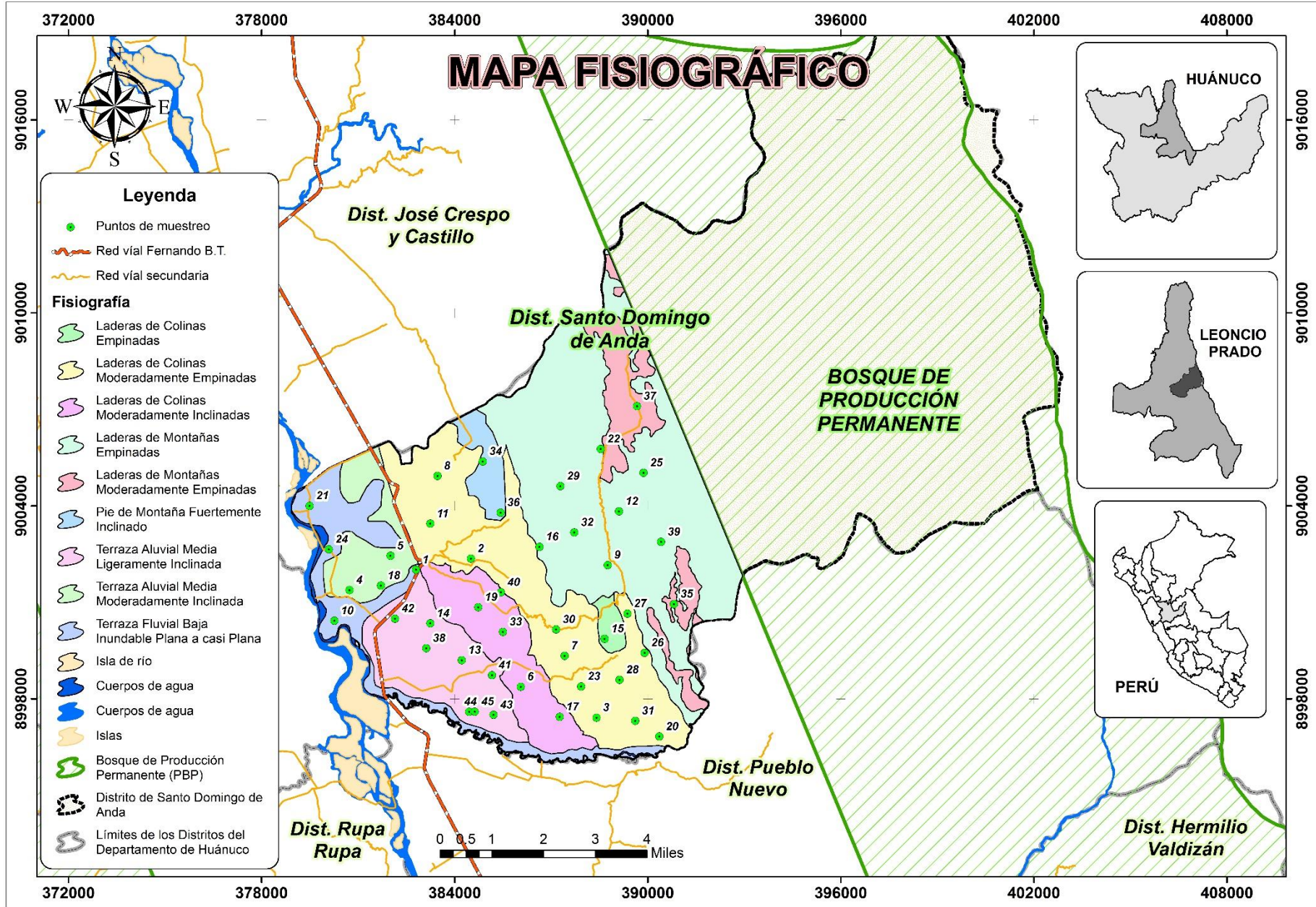
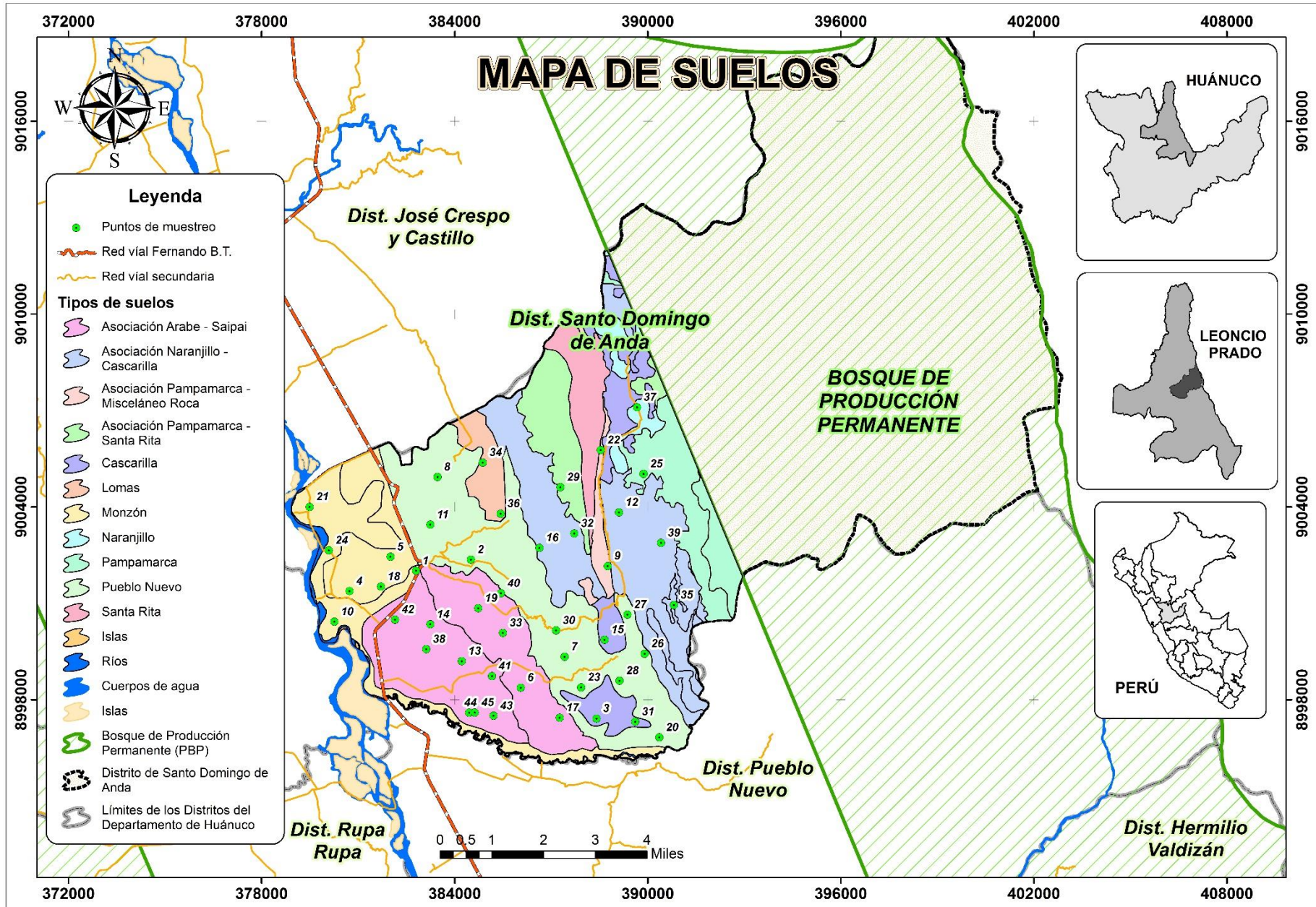
REFERENCIA DE UBICACIÓN					CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	
De partamento	HUANUCO				ECORREGIÓN	Selva alta
provincia	Leoncio Prado				ZONA DE VIDA	Bosque premontano tropical
distrito	Santo Domingo de Anda				FORMACIÓN VEGETAL	Bosque
UBICACIÓN GEOGRÁFICA					REFERENCIA DE UBICACIÓN	Santo Domingo de Anda
CÓDIGO	FECHA	ESTE	NORTE	ALTITUD		
72	04/03/2021	384625	8997604	606		
EPOCA HUMEDA						
VISTA PANORAMICA					OBSERVACIONES	
					<p>Calicata ubicado dentro de un bosque secundario sector Villa rica, se encontro la mapa freatica a los 50cm.</p>	

Figura 70. Calicata ubicada en el sector Villarrica

Anexo 02. Mapa temático del área de trabajo







Anexo 03. Resultados del análisis de laboratorio

ID	Sector	Fisiografía	ID-ACP	ANALISIS MECANICO			pH	M.O.	N	P	K	Cd	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%	
				Textura	Arena	Arcilla								Limo	Ca	Mg	K	Na	Al					H
					%	%								%										
42	José Carlos Mariátegui	Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas	1	Franco	45	24	31	4,67	1,44	0,07	4,59	50	0,02	0,00	2,71	0,33	0,00	0,00	5,30	0,02	8,36	36	64	63
24	Pampa hermosa	Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas	2	Franco Arcilloso	35	34	31	4,77	1,42	0,07	4,67	75	0,05	0,00	1,88	0,29	0,00	0,00	3,40	0,10	5,67	38	62	60
41	José Carlos Mariátegui	Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas	3	Arcilloso	23	48	29	4,61	1,59	0,08	4,43	77	0,10	0,00	3,58	0,21	0,00	0,00	6,50	1,20	11,49	33	67	57
25	José Carlos Mariátegui	Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas	4	Franco Arcilloso	35	38	27	4,43	1,42	0,07	4,35	59	0,04	0,00	1,20	0,25	0,00	0,00	5,78	0,72	7,95	18	82	73
26	Cerro azul	Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas	5	Franco Arcilloso Arenoso	49	30	21	4,18	1,39	0,07	4,11	41	0,01	0,00	0,45	0,08	0,00	0,00	2,89	0,11	3,53	15	85	82
27	Montero	Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas	6	Arcilloso	21	48	31	4,90	1,42	0,07	8,03	82	0,03	0,00	3,19	0,38	0,00	0,00	6,32	0,18	10,06	35	65	63
28	Pedro Vilca	Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas	7	Franco Arenoso	59	20	21	6,35	1,93	0,10	6,91	101	0,02	6,44	5,31	0,92	0,12	0,10	0,00	0,00	0,00	100	0	0
29	José Carlos Mariátegui	Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas	8	Franco Arcilloso Arenoso	51	26	23	4,77	1,22	0,06	4,71	63	0,06	0,00	4,53	0,46	0,00	0,00	0,40	0,10	5,49	91	9	7
30	José Carlos Mariátegui	Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas	9	Franco Arcilloso	37	36	27	4,49	1,54	0,08	4,17	92	0,06	0,00	1,50	0,19	0,00	0,00	10,09	0,41	12,19	14	86	83
31	José Carlos Mariátegui	Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas	10	Arcilloso	15	66	19	5,12	1,69	0,08	4,63	60	0,02	0,00	4,50	0,50	0,00	0,00	5,60	0,40	11,00	45	55	51
32	José Carlos Mariátegui	Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas	11	Franco Arcilloso	39	28	33	4,18	1,44	0,07	4,51	96	0,11	0,00	3,70	0,56	0,00	0,00	3,88	1,12	9,26	46	54	42
33	San pablo	Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas	12	Franco Arcilloso Arenoso	47	30	23	4,82	1,37	0,07	4,86	55	0,04	0,00	3,17	0,43	0,00	0,00	7,80	0,20	11,60	31	69	67
43	Montero	Laderas de Colinas Moderadamente Empinadas	13	Franco Arcilloso	31	40	29	4,29	1,27	0,06	4,23	64	0,02	0,00	2,05	0,25	0,00	0,00	10,02	0,58	12,90	18	82	78
1	Árabe	Laderas de Colinas Moderadamente Inclinadas	14	Franco Arcilloso	41	28	31	5,71	1,91	0,10	5,71	83	0,07	2,69	2,03	0,31	0,23	0,11	0,00	0,00	0,00	100	0	0
4	San pablo	Laderas de Colinas Moderadamente Inclinadas	15	Franco Arcilloso	31	34	35	4,70	1,49	0,07	4,68	46	0,03	0,00	1,05	0,18	0,00	0,00	7,90	1,10	10,23	12	88	77
5	Pampa Hermosa	Laderas de Colinas Moderadamente Inclinadas	16	Franco Arenoso	55	16	29	5,04	1,80	0,09	4,99	41	0,06	0,00	2,28	0,25	0,00	0,00	0,74	0,46	3,73	68	32	20
6	Árabe	Laderas de Colinas Moderadamente Inclinadas	17	Franco	35	20	45	6,40	1,88	0,09	6,73	149	0,02	7,45	6,02	0,79	0,42	0,21	0,00	0,00	0,00	100	0	0
8	Pampa Hermosa	Laderas de Colinas Moderadamente Inclinadas	18	Franco Arcilloso	43	30	27	6,90	2,76	0,14	5,83	73	1,11	8,47	7,19	0,96	0,19	0,13	0,00	0,00	0,00	100	0	0
Promedio					38,40	32,87	28,72	5,02	1,61	0,08	5,12	72,60	0,10	1,39	3,13	0,41	0,05	0,03	4,26	0,37	6,86	50,07	49,93	45,68
Desviación estándar					11,76	12,02	6,09	0,80	0,36	0,02	1,10	26,23	0,25	2,88	1,83	0,25	0,12	0,06	3,51	0,41	4,66	33,64	33,64	31,96
Coeficiente de variación					30,6%	36,6%	21,2%	15,9%	22,3%	22,3%	21,4%	36,1%	245,7%	207,0%	58,3%	62,3%	216,9%	205,4%	82,6%	111,2%	67,9%	67,2%	67,4%	70,0%
20	San pablo	Laderas de Montañas Empinadas	1	Franco Arcilloso	31	40	29	4,42	1,27	0,06	4,43	97	0,07	0,00	2,21	0,21	0,00	0,00	3,96	0,54	6,92	35	65	57
14	Montero	Laderas de Montañas Empinadas	2	Franco Arcilloso	29	34	37	5,60	1,49	0,07	5,87	139	0,06	8,04	6,67	0,83	0,38	0,16	0,00	0,00	0,00	100	0	0
15	José Carlos Mariátegui	Laderas de Montañas Empinadas	3	Franco Arcilloso Arenoso	53	26	21	3,86	1,22	0,06	3,63	41	0,07	0,00	1,22	0,13	0,00	0,00	5,00	0,90	7,24	19	81	69
21	Montero	Laderas de Montañas Empinadas	4	Franco	41	26	33	5,23	2,10	0,11	5,40	99	0,12	0,00	4,57	0,69	0,00	0,00	0,60	0,20	6,06	87	13	10
23	Montero	Laderas de Montañas Empinadas	5	Franco Arcilloso	39	32	29	7,17	2,14	0,11	6,29	166	0,19	10,19	8,36	1,13	0,53	0,17	0,00	0,00	0,00	100	0	0

19	Pampa hermosa	Laderas de Montañas Empinadas	6	Arcilloso	21	42	37	5,70	1,76	0,09	5,30	82	0,13	7,70	6,62	0,75	0,18	0,15	0,00	0,00	0,00	100	0	0
16	Montero	Laderas de Montañas Empinadas	7	Franco	41	26	33	4,42	1,47	0,07	4,50	82	0,04	0,00	2,08	0,33	0,00	0,00	6,10	0,50	9,01	27	73	68
18	Río seco	Laderas de Montañas Empinadas	8	Franco Arcilloso	43	34	23	4,10	1,91	0,10	4,68	44	0,04	0,00	1,61	0,21	0,00	0,00	5,80	0,10	7,72	24	76	75
17	Río seco	Laderas de Montañas Moderadamente Empinadas	9	Franco Arcilloso	43	28	29	5,35	1,76	0,09	5,22	80	0,02	0,00	3,77	0,46	0,00	0,00	2,08	0,72	7,03	60	40	30
22	Montero	Laderas de Montañas Moderadamente Empinadas	10	Arena Franca	71	14	15	5,10	1,51	0,08	5,42	64	0,06	0,00	2,53	0,25	0,00	0,00	1,80	0,20	4,78	58	42	38
44	Cerro azul	Pie de Montaña Fuertemente Inclinado	11	Franco Arcillo Arenoso	51	30	19	4,81	1,53	0,08	4,98	49	0,04	0,00	1,40	0,19	0,00	0,00	4,51	0,79	6,89	23	77	65
45	Montero	Pie de Montaña Fuertemente Inclinado	12	Franco Arcillo Arenoso	53	26	21	6,86	1,88	0,09	6,09	85	2,11	8,55	7,51	0,71	0,18	0,16	0,00	0,00	0,00	100	0	0
Promedio					42,96	29,59	27,45	5,22	1,67	0,08	5,15	85,72	0,25	2,87	4,04	0,49	0,11	0,05	2,49	0,33	4,64	61,00	39,00	34,31
Desviación estándar					13,13	7,41	7,26	1,02	0,30	0,02	0,76	37,12	0,59	4,28	2,61	0,32	0,18	0,08	2,44	0,34	3,56	34,71	34,71	31,37
Coeficiente de variación					30,6%	25,0%	26,4%	19,6%	18,0%	18,0%	14,8%	43,3%	239,6%	149,1%	64,5%	65,8%	170,7%	147,9%	98,1%	103,8%	76,8%	56,9%	89,0%	91,4%
2	Árabe	Terraza Aluvial Media Ligeramente Inclinada	1	Franco Arcilloso	41	28	31	4,14	1,59	0,08	3,79	48	0,04	0,00	2,09	0,33	0,00	0,00	3,40	0,10	5,92	41	59	57
3	Árabe	Terraza Aluvial Media Ligeramente Inclinada	2	Franco Arcilloso	39	34	27	4,43	1,73	0,09	4,31	57	0,06	0,00	1,12	0,17	0,00	0,00	4,40	0,90	6,59	20	80	67
7	Árabe	Terraza Aluvial Media Ligeramente Inclinada	3	Franco Arcillo Arenoso	53	22	25	3,77	2,78	0,14	3,91	76	0,06	0,00	1,30	0,17	0,00	0,00	5,60	0,20	7,27	20	80	77
9	Árabe	Terraza Aluvial Media Ligeramente Inclinada	4	Arcilloso	21	46	33	4,33	1,86	0,09	4,31	46	0,02	0,00	1,32	0,18	0,00	0,00	6,56	0,94	8,99	17	83	73
10	Árabe	Terraza Aluvial Media Ligeramente Inclinada	5	Franco Arcilloso	37	38	25	4,80	1,71	0,09	4,97	102	0,01	0,00	1,82	0,25	0,00	0,00	4,10	0,10	6,27	33	67	65
11	Villa rica	Terraza Aluvial Media Ligeramente Inclinada	6	Franco	43	26	31	4,91	2,03	0,10	5,07	80	0,03	0,00	2,43	0,40	0,00	0,00	3,30	1,90	8,03	35	65	41
12	Villa rica	Terraza Aluvial Media Ligeramente Inclinada	7	Franco Arcillo Limoso	29	30	41	4,61	1,94	0,10	4,86	49	0,07	0,00	2,81	0,38	0,00	0,00	2,88	0,72	6,79	47	53	42
13	Villa rica	Terraza Aluvial Media Ligeramente Inclinada	8	Franco Arcilloso	39	28	33	4,86	1,91	0,10	4,91	99	0,01	0,00	2,46	0,27	0,00	0,00	3,20	0,30	6,23	44	56	51
35	Árabe	Terraza Aluvial Media Moderadamente Inclinada	9	Franco	51	18	31	5,80	1,27	0,06	6,03	77	0,06	3,62	2,80	0,50	0,19	0,13	0,00	0,00	0,00	100	0	0
36	Alto Pacae	Terraza Aluvial Media Moderadamente Inclinada	10	Arcilloso	31	46	23	5,74	1,44	0,07	5,79	86	0,29	3,79	2,88	0,58	0,22	0,11	0,00	0,00	0,00	100	0	0
38	Pampa hermosa	Terraza Aluvial Media Moderadamente Inclinada	11	Franco	49	24	27	6,27	1,95	0,10	6,27	81	0,83	8,08	6,94	0,83	0,17	0,14	0,00	0,00	0,00	100	0	0
34	Árabe	Terraza Fluvial Baja Inundable Plana a casi Plana	12	Franco Arcillo Limoso	27	32	41	5,66	1,27	0,06	5,15	79	0,11	5,09	4,17	0,67	0,15	0,11	0,00	0,00	0,00	100	0	0
37	Árabe	Terraza Fluvial Baja Inundable Plana a casi Plana	13	Franco Arenoso	55	16	29	7,91	1,15	0,06	8,51	140	0,08	10,01	8,50	1,00	0,37	0,15	0,00	0,00	0,00	100	0	0
39	Pampa hermosa	Terraza Fluvial Baja Inundable Plana a casi Plana	14	Arcilloso	25	46	29	6,20	2,27	0,11	6,49	153	0,05	7,80	6,37	0,92	0,34	0,18	0,00	0,00	0,00	100	0	0
40	Árabe	Terraza Fluvial Baja Inundable Plana a casi Plana	15	Franco Arenoso	61	18	21	7,87	2,22	0,11	6,75	62	0,04	8,66	7,45	1,00	0,12	0,09	0,00	0,00	0,00	100	0	0
Promedio					40,03	29,89	30,08	5,42	1,81	0,09	5,41	82,30	0,12	3,14	3,63	0,51	0,10	0,06	2,23	0,34	3,74	63,75	36,25	31,63
Desviación estándar					12,00	10,21	5,75	1,25	0,44	0,02	1,26	31,37	0,21	3,85	2,46	0,31	0,13	0,07	2,35	0,55	3,69	36,09	36,09	32,08
Coeficiente de variación					30,0%	34,2%	19,1%	23,1%	24,1%	24,1%	23,2%	38,1%	178,5%	122,6%	67,7%	60,2%	126,8%	115,0%	105,2%	159,2%	98,8%	56,6%	99,6%	101,4%