

UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO

UNIDAD ACADÉMICA SANTA ROSA

PROGRAMA INGENIERÍA AGROFORESTAL



TESIS DE TRABAJO DIRIGIDO

**CARACTERIZACION DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO MEDIANTE ANÁLISIS
FISICO, QUIMICO DE LA UNIDAD ACADEMICA DE SANTA ROSA, 2024**

POSTULANTE:

Univ. FRANCISCO AVELLANEDA PINAICOBO

ASESOR:

Ing. Agr.: Casimiro Montaña Nicolás

SANTA ROSA – COBIJA – BOLIVIA

2024

TITULO DEL TEMA

CARACTERIZACION DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO MEDIANTE ANÁLISIS
FISICO, QUIMICO DE LA UNIDAD ACADEMICA DE SANTA ROSA, 2024

HOJA DE APROBACION

CARACTERIZACION DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO MEDIANTE ANÁLISIS FISICO, QUIMICO DE LA UNIDAD ACADEMICA DE SANTA ROSA, 2024

Tesis de Trabajo dirigido presentado como requisito
Parcial para optar el Título de
Ingeniero Agroforestal

POSTULANTE:

Univ. Francisco Avellaneda Pinaicobo

ASESOR:

Ing. Agr. Casimiro Montaña Nicolás

PTE. TRIBUNAL

Ing. Agrof. Yoshiro Aguada Manuyama

TRIBUNALES:

Ing. Agro. Wilfredo Montaña Teco

Ing. Agrof. Ana Lia Flores Aquino

Ing. Agrof. Jhony Paul Garcia Ruiz

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a Dios todopoderoso quien en todo momento de mi vida ha estado conmigo y me da la oportunidad de llegar hasta este momento de mi vida con salud.

A mi Unidad Académica Santa Rosa dependiente de la Universidad Amazónica de Pando por acobijarme en sus aulas y sentirme cómodo para recibir los conocimientos de las diferentes asignaturas en proceso de estudio que he obtenido.

A mi asesor: Ing. Agr. Casimiro Montaña Nicolás por haberme brindado sus conocimientos, así como también haber tenido la paciencia para guiarme durante el desarrollo de esta Investigación.

A mis docentes del Programa Ing. Agroforestal, por su paciencia, comprensión y sabios consejos durante mi Formación Profesional.

A los miembros del tribunal revisores de mi trabajo dirigido agradecer por las sugerencias observaciones y correcciones de la presente investigación.

A mis compañeros: por haberme dado su fuerza y apoyo incondicional.

A todos mis amigos (as): con quienes pude compartir grandes experiencias y conocimientos

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Sres.: Jorge Avellaneda Tibubay y Rosa Pinaicobo Achibare quienes han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores lo cual me ha ayudado a seguir adelante en mis estudios, me brindaron su apoyo Moral y económico para seguir estudiando. Depositando su confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar un solo momento.

A MI FAMILIA

Quienes son los pilares fundamentales en mi vida y en la etapa de mi formación profesional, han velado por mi bienestar y educación siendo mi gran apoyo en todo momento. A mi esposa Cecilia Ovirece Vira, mis hijos Rosa, José, Francisco, Liz Maviely Avellaneda Ovirece, quienes estuvieron a mi lado siempre para fortalecerme y alentarme en toda mi carrera profesional.

A MIS HERMANOS

Quienes en mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Y me apoyaron y me alentaron a continuar, cuando parecía que me iba a rendir en la vida.

RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en la Unidad Académica de Santa Rosa dependiente de la Universidad Amazónica de Pando, con la finalidad de conocer las aptitudes del suelo, el suelo es uno de los recursos básicos que sustentan la vida en el planeta. De tal manera se afirma, que toda la vida terrestre se relaciona directamente con el suelo y depende del manejo de buenas prácticas agrícolas para mejorar las propiedades físico, y químicas del suelo. El objetivo de la investigación fue: Caracterizar las propiedades físico químico, de los suelos de la Unidad Académica de Santa Rosa en la gestión 2023, consecuentemente para su desarrollo se utilizó la metodología dentro el trabajo dirigido se desarrolló el método de investigación descriptivo explicativo el cual permite puntualizar los elementos y variables consideradas en esta investigación fueron, el levantamiento de coordenadas del área de estudio, método de muestreo para la obtención de muestras y su cuarteo,, embolsado y etiquetado de muestras y envió a laboratorio y Análisis e interpretación del análisis de suelos obtenidos en laboratorio.

Los datos de las áreas de estudio están comprendidos entre parcela N°1 1,66 ha. Se obtuvieron 7 submuestras, parcela N°2 4 ha. 13 submuestras y parcela N°3 0,78 ha. submuestras 5 en total se enviaron tres muestras al laboratorio, de acuerdo a los análisis se logró obtener resultados de la textura del suelo que esta entre franco areno y Franco con un promedio textural de (Arena 54,16 %, Limo 35,00% y Arcilla de 10,8%) obtenido por el método Bouyoucos., con una densidad real promedio de $2,56 \text{ g/cm}^3$ y una densidad aparente de $1,23 \text{ g/cm}^3$, una conductividad hidráulica promedio de 2,03 cm/h, porosidad promedio de 51,94 suelos con porosidad relativamente alta, Bases intercambiables promedio menor a 1 meq/100g de suelo con nivel muy bajo de estas bases, Capacidad de intercambio Catiónico con un promedio de 2,27 meq/100g de suelo con una baja disponibilidad de nutrientes, de acuerdo a los resultados de los análisis de suelos y su interpretación, según su análisis son suelos específicos de producción forestal.

Palabras claves: Textura de suelo, análisis de suelo e interpretación de suelos

ABSTRACT

The research was carried out at the Santa Rosa Academic Unit dependent on the Amazonian University of Pando, with the purpose of knowing the aptitudes of the soil, the soil is one of the basic resources that support life on the planet. In this way, it is stated that all terrestrial life is directly related to the soil and depends on the management of good agricultural practices to improve the physical and chemical properties of the soil. The objective of the research was: To characterize the physical and chemical properties of the soils of the Academic Unit of Santa Rosa in the 2023 management, consequently for its development the methodology was used within the directed work, the descriptive explanatory research method was developed which allows us to point out the elements and variables considered in this research were, the survey of coordinates of the study area, sampling method for obtaining samples and their division, bagging and labeling of samples and sending them to the laboratory, and Analysis and interpretation of the analysis of soils obtained in the laboratory.

The data of the study areas are included between plot No. 1 1.66 ha. 7 subsamples were obtained, plot No. 2 4 ha. 13 subsamples and plot N°3 0.78 ha. 5 subsamples in total, three samples were sent to the laboratory, according to the analyzes it was possible to obtain results of the texture of the soil that is between sandy loam and loam with a textural average of (Sand 54.16%, Silt 35.00% and 10.8% clay obtained by the Bouyoucos method, with an average real density of 2.56 g/cm³ and an apparent density of 1.23 g/cm³, an average hydraulic conductivity of 2.03 cm/h, average porosity of 51.94 soils with relatively high porosity, average exchangeable bases less than 1 meq/100g of soil with a very low level of these bases, Cationic exchange capacity with an average of 2.27 meq/100g of soil with a low availability of nutrients, according to the results of soil analyzes and their interpretation, according to their analysis they are specific soils for forestry production.

Keywords: Soil texture, soil analysis and soil interpretation

INDICE DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCION.....	1
2.	IDENTIFICACION DEL PROBLEMA.	4
2.1.	Formulación del problema.	4
3.	JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO DIRIGIDO.....	5
4.	PLANTEAMIENTO DE LOS OBJETIVOS	6
4.1.	Objetivo General.....	6
4.2.	Objetivos específicos	6
5.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	7
5.1.	Formación del suelo.....	7
5.2.	Perfil del suelo	7
5.2.1.	Fases del suelo	8
5.2.2.	Fase Solida.....	8
5.2.3.	Fase Líquida del Suelo.....	8
5.2.4.	Fase gaseosa.....	8
5.3.	Propiedades del suelo.....	8
5.3.1.	Propiedades físicas.....	9
5.3.1.1.	Color	9
5.3.1.2.	Textura	9
5.3.1.3.	Plasticidad	10
5.3.1.4.	Porosidad	10
5.3.1.5.	Humedad	11

5.3.1.6.	Densidad	11
5.3.2.	Propiedades químicas	13
5.3.2.1.	pH 13	
5.3.2.2.	Conductividad eléctrica	13
6.	DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA A EMPLEAR	15
6.2.	Materiales.....	16
6.3.	Metodologicos	17
6.3.1.	Tipo de investigación.....	17
6.3.1.1.	El método teórico.....	17
6.3.2.	Procedimientos del trabajo dirigido.....	17
6.3.2.1.	Levantamiento de las coordenadas del área de estudio	17
6.3.2.2.	Marcación de los cuadrantes para el muestreo de suelo	19
6.3.2.3.	Instrumentación para la recolección de datos de las propiedades físico, químicas del suelo.	19
6.3.2.4.	Muestreo y cuarteo de las muestras	19
6.3.2.5.	Embolsado y etiquetado de las muestras de suelo para envió a laboratorio	22
6.3.2.6.	Interpretación y análisis de los resultados de los análisis	23
7.	PROPUESTA	38
7.1.	Nombre de la propuesta	38
7.2.	Fundamentos de la propuesta.....	38
7.3.	Objetivos de la propuesta.....	38
7.3.1.	Objetivo General.....	38
7.3.2.	Objetivo especifico	39

7.4.	Actividades de la propuesta	39
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
8.1.	Conclusiones	42
8.2.	Recomendaciones	44
9.	IDENTIFICACION DE LA INSTITUCION	45
10.	BIBLIOGRAFÍA	46
11.	APENDICE Y ANEXOS	50

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación Funcional de los poros en el suelo.....	11
Tabla 2 Relación entre la densidad aparente y la porosidad.....	12
Tabla 3. Relación densidad aparente y porosidad con la textura.....	13
Tabla 4 Coordenadas de las parcelas o cuadrantes en estudio determinando en área en (ha)..	18
Tabla 5 Mapa georreferenciado de los puntos de muestras obtenidos en las áreas de estudio	21
Tabla 6 Materiales utilizados en la toma de muestras del área de estudio	22
Tabla 7 Etiqueta de identificación con la información necesaria	23
Tabla 8 Cuadro textural de las parcelas en porcentaje (%)	24
Tabla 9 Cuadro de Análisis de densidad real del suelo (g./cm ³)	26
Tabla 10 Cuadro de Análisis de densidad aparente del suelo (g./cm ³).....	27
Tabla 11 Cuadro de conductividad hidráulica del análisis de suelos (cm/h).....	29
Tabla 12 Datos de análisis de suelos Porosidad en (%)	31
Tabla 13 Datos de pH de los suelos de la Unidad Académica de Santa Rosa.....	32
Tabla 14 Datos de bases intercambiables del análisis de suelos de la Unidad Académica Santa Rosa (meq/100g)	34
Tabla 15 Datos de capacidad de Intercambio catiónico del análisis de suelos de la Unidad Académica de Santa Rosa en (meq./100g).	37

INDICE DE FIGURAS

Figura 2 Croquis del área d estudio	18
Figura 3 Cuadro textural de las parcelas en porcentaje (%).....	24
Figura 4 Cuadro de Análisis de densidad real del suelo (g./cm ³).....	26
Figura 5 Cuadro de Análisis de densidad aparente del suelo (g./cm ³)	28
Figura 6 Datos de conductividad hidráulica del análisis de suelos (cm/h)	30
Figura 7 Datos de análisis de suelos de Porosidad en (%)	31
Figura 8 Datos de pH de los suelos de la Unidad Académica de Santa Rosa	33
Figura 9 Datos de bases intercambiables del análisis de suelos de la Unidad Académica Santa Rosa (meq/100g)	35
Figura 10 Datos de capacidad de Intercambio catiónico del análisis de suelos de la Unidad Académica de Santa Rosa en (meq./100g).	37

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Fotografías del proceso de trabajo dirigido	50
Anexo 2 Resultado de los análisis de suelos de las tres parcelas	56
Anexo 3 Coordenadas georrefenciadas de los puntos de las submuestras en el área de estudio	57
Anexo 4 Tablas de valores para una interpretación de suelos de la Capacidad ee Intercambio Catiónico.....	58

1. INTRODUCCION

Las propiedades del suelo que se utilizan para evaluar su calidad se denominan “indicadores de la calidad del suelo”: una propiedad medible que influye en la capacidad de un suelo para realizar una función. Ellos deben dar información útil para conocer el funcionamiento del suelo, ser accesibles para los usuarios y aplicables a las condiciones de manejo y clima en campo y ser económico de medir. Los indicadores son seleccionados de un conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y forman el “conjunto mínimo de datos” (MDS) (Anaya, et, al, 2017).

El sistema de la AASHTO (AASHTO M 145-82) fue originalmente desarrollado en los años ‘20. Está basado en características de estabilidad de los suelos empleados en la construcción de caminos. Se fundamenta en distribución granulométrica, límite líquido y límite plástico. Los tamices estándar #10, #40 y #200 (aberturas de 2 mm; 0,42 mm y 0,075mm respectivamente) son de vital importancia. El procedimiento del Departamento de Agricultura de EEUU (USDA por sus siglas en inglés) clasifica los suelos por la granulometría en un triángulo de textura considerando el contenido de arena, limo y arcilla. Al igual que la USDA, la clasificación propuesta por la Federal Aviation Administration (FAA) no contempla a las gravas en forma directa. El Euro código 7, orientado al diseño geotécnico, propone una clasificación basada en los siguientes ensayos: contenido de humedad y densidad, densidad de partículas, análisis granulométrico, límites de Atterberg, ensayo de índice de densidad para materiales granulares, dispersibilidad del suelo y susceptibilidad a congelamiento. (Medrano, 2010).

Acorde con la heterogeneidad geológica, Bolivia tiene una gran diversidad de complejos de suelos en sus diversas regiones fisiográficas y ecológicas. Los complejos de suelos en las regiones, cordilleranas y de montaña, tienen una importante base mineral con mediana a alta fertilidad, pero sujetas a una fuerte atemperación por efecto de las pendientes pronunciadas o la erosión eólica. Los suelos de los altiplanos corresponden a deposiciones aluviales de origen pleistocénico y holocénico, con un regular status mineral y marcada salinidad en las zonas más secas. También los suelos de la Chiquitanía, en gran parte

derivados de las sierras precámbricas, son notablemente ácidos, siendo un factor limitante para un desarrollo agrícola a gran escala que pretenda ser medianamente sostenible. En las tierras bajas, predominan suelos de la clase 5, con fuertes limitaciones por drenaje impedido e inundaciones frecuentes o prolongadas, y que tienen también extensos espacios de la clase 8, considerados inútiles para fines de explotación agropecuaria, por la extrema severidad de sus limitaciones de drenaje (zonas pantanosas). Otras regiones del país tienen suelos de la clase 8, bajo las características de intenso riesgo de erosión (badlands con profusión de cárcavas, topografía abrupta de paredes verticales o casi verticales), (Greening EU COOPERACION, 2020).

El Departamento de Pando tiene suelos en su mayoría de tipo taxonómico Ferrasol, con variedades de háplico, xántico, rhódico que cubren casi el 85% de su superficie. Estos suelos se caracterizan mayormente por ser rojos y amarillos tropicales, porque su material orgánico se debe a la hojarasca de la cobertura vegetal que lo cubre.

Las características de humedad de la región, sumadas al material litológico reciente que presenta el área, hacen que estos suelos tengan buenas condiciones para el desarrollo de la vegetación. Sin embargo, sus condiciones químicas representan una de las principales limitantes para su uso en actividades agropecuarias, También se encontraron suelos de tipo fluvisol, (depósitos de material fino), acrisol, (Suelos ácidos como producto de la fuerte alteración de los mismos), gleysols, y suelos fluvisol, (generalmente llamados pantanos o suelos fangosos), cambisol (que permiten su uso para agricultura en un amplio rango, y los suelos de tipo lixisol que pueden ser utilizados para ganadería de carga baja). (DAPRO direccion general de analisis productivo, 2020).

El análisis químico se realizó según la metodología propuesta por American Society of Agronomy, (1982). Se evaluaron los parámetros físico-químicos: pH en agua en una relación 1:2 por potenciometría; conductividad eléctrica (CE) en una relación 1:2 por conductimetría. La materia orgánica y carbono total (CT) se determinaron por el método de Walkey y Black por oxidación con dicromato de potasio; el nitrógeno total (NT) por destilación por el método Kjeldahl; y el fósforo por extracción por el método ISFEIP

(International Soil Fertility Evaluation and Improve). Además, se determinó la humedad de los materiales y las enmiendas. Para ello, las muestras fueron secadas en hornos de aire forzado a 105 C por 24 horas. Se determinó también los contenidos de bases (potasio, calcio, magnesio) y otros nutrientes (hierro, cobre, manganeso y zinc) por el método de digestión con ácido nítrico-perclórico por absorción atómica. (Perez, et. al. 2008).

2. IDENTIFICACION DEL PROBLEMA.

No obstante que el suelo constituye nuestro más indispensable beneficio, sin lugar a duda no hay otro recurso que haya recibido un impacto destructivo tan inmisericorde en toda la superficie terrestre. Esta perturbación inconmensurable de los suelos, han hecho que el hombre en la búsqueda de satisfacer sus necesidades, haga uso de suelos, que por sus características no tengan un uso potencial agrícola, degradando más los suelos a largo plazo, (Tapia, 1998).

Los suelos de la Unidad Académica de Santa Rosa se han utilizados con fines ganaderas, debido a este manejo se han generados cambios en las estructuras y propiedades dinámicas del suelo que llevaron a la pérdida de productividad, incrementando así el proceso de degradación del suelo. Los cambios del uso y las malas prácticas de manejo, como la deforestación, la quema descontrolada y la erosión, hacen que los suelos pierdan la capacidad de cumplir con sus funciones en la productividad, afectando negativamente los rendimientos en la producción hortícola, agrícola, frutícola y forestal en la zona.

Este trabajo dirigido, se plantea como la oportunidad de poder clasificar, analizar las propiedades físicas, química del suelo y determinar qué tipo de suelo se tiene en la Unidad Académica de Santa Rosa, no se cuenta con estudios ni información específica sobre el tipo de suelo que tiene la Unidad académica de Santa Rosa, lo que actualmente es una necesidad de poder realizar el estudio y dar las clasificación correspondiente y la capacidad productiva que tienen los suelos de la Unidad Académica de Santa Rosa, de esta forma se podrá realizar planes de manejo y recuperación de suelos en base a los resultados obtenidos del estudio.

2.1. Formulación del problema.

¿De qué manera contribuye la caracterización de las propiedades física y química con el análisis de suelos para mejorar los suelos de la Unidad Académica de Santa Rosa dependiente de la Universidad Amazónica de Pando en el Municipio de Santa Rosa del Abuna en la gestión 2023?

3. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO DIRIGIDO.

El suelo es un recurso finito, lo que implica que su pérdida y degradación no son reversibles en el curso de una vida humana. En cuanto componente fundamental de los recursos de tierras, del desarrollo agrícola y la sostenibilidad ecológica, es la base para la producción de alimentos, combustibles, fibras y para muchos servicios ecosistémicos esenciales, son recurso natural muy valioso, a menudo no se le presta la debida atención. La superficie natural de suelos productivos es limitada y se encuentra sometida a una creciente presión debido a la intensificación y el uso competitivo que caracteriza el aprovechamiento de los suelos con fines agrícolas, forestales, pastorales y de urbanización, para satisfacer la demanda de producción de alimentos, energía y extracción de materias primas de la creciente población, (Castillo, 2015).

Por lo anteriormente expresado, este estudio busca dar respuesta a la interrogante que se tiene en cuanto a la caracterización y clasificación del suelo mediante el análisis físico y químico del suelo determinando las características y tipos de suelos y la capacidad de uso del suelo que se tiene en la Unidad Académica de Santa Rosa, realizando los análisis correspondiente en laboratorio a partir de las muestras extraídas de la parcela en estudio, los estudios realizados contribuirán a ser un punto de partida para la elaboración de un plan de manejo con características de mejoramiento a mediano plazo de los suelos para una producción a Agroforestal a futuro

Este trabajo de investigación es de gran utilidad porque dilucida determinar los atributos edáficos (físico y químicos), que nos da mejor entendimiento sobre el comportamiento conjunto de dichos suelos; además los resultados contribuirán al mejor planteamiento de iniciativas o programas de mejora o cambio de alguna característica en particular enfocados en la mejora de la calidad del suelo; finalmente sirve como una base sólida para futuras investigaciones, que contribuirán en la formación académica de los futuros estudiantes de la Unidad Académica de Santa Rosa.

4. PLANTEAMIENTO DE LOS OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Caracterizar las propiedades físico químico, de los suelos de la Unidad Académica de Santa Rosa en la gestión 2023

4.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas del suelo (densidad aparente, textura, Densidad real),
- Determinar las propiedades químicas del suelo (pH, Conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico, materia orgánica)
- Clasificar el tipo de suelo y su capacidad productiva del suelo en la producción agrícola.

5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

5.1. Formación del suelo

La formación del suelo es básicamente por erosión o descomposición de la roca madre, también influye los efectos de la presión, microorganismos y el viento; así también el suelo sufre cambios a nivel químico, color y forma (textura, volumen y porosidad). Existen procesos para la formación del suelo y en la siguiente figura se demuestra. (Mamani, 2019)

5.2. Perfil del suelo

Un perfil de suelo se puede disgregar en diferentes niveles u horizontes, los cuales están identificados con las siguientes letras: O1, O2, A, B, E, C, H Y R, entre otros. Cada horizonte tiene características específicas, usualmente el horizonte H es alto contenido en materia orgánica (menor a 20-30%). (Mamani, 2019).

En condiciones naturales los suelos correctamente desarrollados presentan tres horizontes principales denominados con letras A, B y C.

El **horizonte A** es el más importante desde el punto de vista productivo pues en él se alcanza el máximo desarrollo de actividad biológica (presencia de microorganismos y pequeños animales); es el que presenta el contenido más elevado en el perfil de materia orgánica, elemento altamente responsable del potencial productivo de un suelo.

El **horizonte B** es una capa de acumulación generalmente enriquecida de arcillas y sales provenientes de infiltración de agua en el perfil, característica muy relevante para definir el potencial productivo de un suelo.

El **horizonte C** se compone de material mineral formado por la descomposición de las rocas; incorpora paulatinamente materia orgánica que con el transcurso de muchísimos años permitirá la formación del suelo. (INIA, 2015)

5.2.1. Fases del suelo

El suelo se compone de 3 estados: sólido (50%), líquido (20-30%) y gaseoso (20-30%), estos porcentajes dependerán de las características propias de cada suelo y determinará la cantidad de espacio poroso. %). (Mamani, 2019).

5.2.2. Fase Sólida

Especies minerales o inorgánicas o materia orgánica compacta. %). (Mamani, 2019).

5.2.3. Fase Líquida del Suelo

Es una fase de material acuoso de variable cantidad y con la capacidad de disolver solutos produciendo reacciones químicas. %). (Mamani, 2019).

5.2.4. Fase gaseosa

Corresponde a los espacios de aire o “atmósfera” del suelo, es una mezcla de gases de O₂, N₂, CO₂. La humedad relativa de esta fase puede llegar al 100%, esta proporciona las condiciones necesarias para la vida de muchos microorganismos. Mamani (2019).

5.3. Propiedades del suelo

Para el desarrollo de la caracterización del flujo en zonas no saturadas se presentan las características a considerar: (Mamani, 2019).

5.3.1. Propiedades físicas

5.3.1.1. Color

El color de suelo es una de las características más importantes del suelo, ya que permite identificar clases de suelos. Para determinar el color se emplea la tabla de colores Munsell. Mamani (2019).

5.3.1.2. Textura

Es la proporción de partículas de diferentes tamaños, como arena, limo o arcilla, para el reconocimiento es necesario desarrollar el procedimiento por granulometría que mediante una distribución estadística de los tamaños de partícula por colección define la composición de la muestra mediante tamizado. El tamizado es un método simple y económico, consiste en el pesado de material que pasa y retenido en una serie de mallas calibradas de acuerdo al tamaño que se requiere separar, estas se van superponiendo disminuyendo cada vez el tamaño de la malla y luego se pesa el material retenido en cada tamiz, con los valores se determina la plasticidad de la muestra de suelo. Uno de los sistemas usados para la clasificación de suelos para describir la textura y el tamaño de la partícula de un suelo es el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (United Soil Classification System - USCS). (Mamani, 2019).

La composición por tamaño de las partículas (granulométrica) de un suelo, es el porcentaje de materia mineral en peso de cada fracción, obtenida por separación de las partículas minerales en dos clases más, por tamaño mutuamente excluyentes. Las propiedades de las partículas gruesas y finas del suelo difieren considerablemente, pero no hay una división natural marcada de ninguna clase de tamaño de partícula. Sin embargo, para propósitos prácticos se han establecido algunos límites. Comúnmente en los suelos se separan por lo menos tres clases por tamaño usualmente denominados arena, limo y arcilla. El procedimiento usado para medir la composición granulométrica es el análisis granulométrico o mecánico.

Los numerosos métodos de análisis están basados en el hecho de que la velocidad de caída de las partículas del suelo a través del agua aumenta con el diámetro de las mismas, o en una combinación de esta propiedad con el uso de tamices para separar las partículas gruesas. (Rucks, Garcia, 2004).

5.3.1.3. Plasticidad

- **Límites de Attenberg**

El límite plástico por su parte se obtiene encontrando la humedad a la que un cilindro de 3 milímetros de diámetro se desquebraja, dando resultados que normalmente dependerán de la experiencia y juicio del operador. Existen también propiedades derivadas de los límites anteriores, como el Índice Plástico (IP) que se define como la diferencia entre el límite líquido (LL) y el límite plástico (LP). (Garcia, 2013).

$$IP = LL - LP$$

Ecuación 1. Límites de Attenberg

IP: Índice de plasticidad

LL: Límite Líquido

LP: Límite plástico

5.3.1.4. Porosidad

Se refiere al espacio entre los sólidos del volumen del suelo, donde pueden o no ubicarse componentes gaseosos o líquidos.

$$n = 1 - \frac{V_{sólidos}}{V_{total}} = a + \theta$$

Ecuación 2. Porosidad

V total

n: Porosidad del suelo

a: Porcentaje de gas de la muestra

θ : Cantidad de agua en el suelo (volumétrica)

Tabla 1 *Clasificación Funcional de los poros en el suelo*

Tipo	Función	Diámetro cilindro Equivalente (mm)
Poros de transmisión	Movimiento del aire y del drenaje en exceso de agua	>50
Poros de almacenamiento	Retención de agua contra gravedad	0,5 - 50
Poros residuales	Retención y dispersión de iones en solución	0,005 – 0,5
Espacios de enlace	Soporta fuerzas más importantes entre las partículas de suelo	>0,005

Fuente: Poros en el suelo Mamani 2019

5.3.1.5. Humedad

Es el agua almacenada o fluyente relativa en el suelo que ocupan los poros, afecta la formación del suelo, su estructura, estabilidad y erosión Zamora, (2008). Según el contenido de humedad se podrá determinar la consistencia del suelo (seco, húmedo y mojado). Se puede expresar de varias maneras, relación de pes (gravimétrica), relación de volumen (volumétrica) o con relación al volumen de poros ocupados por agua (grado de saturación). (citado en Mamani, 2019).

5.3.1.6. Densidad

Peso de una unidad de volumen de suelo que involucra el espacio poroso, refleja la porosidad de un suelo y el grado de compactación y facilidad de circulación de agua y aire. La densidad aparente en suelos no cultivados varia generalmente, entre 1 y 1,6 g/cm³, la variabilidad será posible por las diferencias en el volumen de poros a causa de la textura y la

estructura, por ello que el espacio poroso total se incrementa a medida que la textura es más fina, resultando en la disminución de la densidad aparente. El tamaño de los poros para suelos arcillosos son extremadamente pequeñas comparado con el espacio en suelo de tipo arena pero existe mayor cantidad de poros en una muestra de textura arcillosa que en una arenosa, es importante no confundir el tamaño de poros con el volumen de poros; el tamaño de la partícula del suelo influye de manera considerable en la densidad aparente, las partículas de arcilla son planas y tienden a empaquetarse al azar, es decir en forma desordenada, y no como ladrillos perfectamente acomodados en una pared. (Mamani, 2019).

La densidad aparente aumenta de estructura migajosa o granular, primática, columnar, laminar o masiva, porque de esta forma disminuye el volumen ocupado por la fase porosa.

La compactación disminuye el volumen de poros, la pérdida de materia orgánica por lo general es asociada a la reducción en el volumen total de poros, entonces puede reflejar el estado del espacio poroso, como se observa en la siguiente tabla: (Mamani, 2019).

Tabla 2 *Relación entre la densidad aparente y la porosidad.*

Densidad aparente y porosidad										
Densidad aparente (g/cm ³)	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
Poros (%)	63	59	56	52	48	45	41	37	33	30

Fuente: Poros en el suelo Mamani 2019

Es el peso por volumen del suelo, y se relaciona con la porosidad. Un suelo muy poroso será menos denso, un suelo poco poroso será más denso. La relación es que, a mayor cantidad de materia orgánica, más poroso y menos denso es el suelo.

Tabla 3. *Relación densidad aparente y porosidad con la textura.*

Textura	Densidad aparente mg/m3	Porosidad %
Arena	1,65 (1,55 – 1,80)	38 (32-42)
Franca	1,40 (1,35 – 1,50)	47 (43-49)
Franco arcillosa	1,35 (1,30 – 1,40)	49 (47-51)
Arcillosa	1,25 (1,20 – 1,30)	53 (51-55)

Fuente: Poros en el suelo Mamani 2019

5.3.2. Propiedades químicas

5.3.2.1. pH

El pH es una propiedad química que mide el grado de acidez o alcalinidad de las soluciones acuosas. Por definición se considera que el pH es el logaritmo negativo de la actividad de los protones (H⁺) en una solución acuosa. (Osorio, 2012).

$$\text{pH} = -\log (\text{H}^+)$$

Los suelos pueden tener una reacción ácida o alcalina, y algunas veces neutral. La medida de la reacción química del suelo se expresa mediante su valor de pH. El valor de pH oscila de 0 a 14, y el pH = 7 es el que indica que el suelo tiene una reacción neutra. Los valores inferiores a 7 indican acidez y los superiores a 7, alcalinidad. Mientras más distante esté la medida del punto neutro, mayor será la acidez o la alcalinidad. (Mamani, 2019).

5.3.2.2. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica sirve para determinar la medida de la salinidad de un suelo, generalmente su unidad es en dS/m. La conductividad eléctrica depende mucho de la temperatura, y habitualmente esta temperatura es de 25°C. La circulación del agua en el suelo es el principal mecanismo de transferencia de contaminantes a las aguas superficiales y

subterráneas; el comportamiento del agua en la estructura del suelo y las características fisicoquímicas del contaminante determina la velocidad y forma de infiltración en el suelo. En general, debido a la gran variabilidad de disposición en la zona, la modelación es una aproximación a la realidad que permite interpretar los resultados experimentales en base al flujo y el transporte de contaminantes en la columna de experimentación. (Mamani, 2019).

5.3.3. Clasificación de suelos y resultados de estudios

Muestra los datos de las propiedades físicas y químicas, hasta un espesor de 60 cm. La mayoría de los suelos (65%) son de textura franco limosa y en el resto varía de franco limosa a arena francosa. La franca limosa le da al suelo untuosidad y es ocasionada por materiales amorfos producto del intemperismo del vidrio volcánico Ping et al., (1988), principalmente de alófono (Características y clasificación de los suelos derivados de cenizas volcánicas_ suelos en Alaska, (1989), Ping et al., (1989). Las propiedades tixotrópicas son un fenómeno característico de los Andisoles y se manifiestan, también, por la untuosidad del suelo y el desprendimiento de agua; este fenómeno se presentó en grado moderado en los horizontes más profundos de los suelos estudiados, (citado en Moína, 2018).

De acuerdo a los resultados expuestos en la tabla 1, el tipo de textura que presentan los suelos colectados es franco-arenoso, el pH varía según el sector encontrándose desde 6,8 hasta 5, que corresponden a pH neutro y fuertemente ácido respectivamente, según la norma NOM-021-RECNAT-200019, siendo a su vez el factor pH de gran relevancia para la adaptación de los HMA, prefiriendo pH neutros, aunque pueden llegar a desarrollarse hasta en pH ácidos²⁰. Mientras que la conductividad eléctrica los valores oscilaron entre 0,23 y 1,10 mS/ cm que corresponden a niveles bajo en salinidad, estas concentraciones no afectan a la micorrización ya que está demostrado que en suelos salinos puede progresar la simbiosis^{21, 22}. En lo que respecta a los niveles de P también variaron según el sector encontrándose entre 11,0 a 30,0 µg/ml considerandos como nivel medio según reporte del análisis. La simbiosis entre HMA y las plantas se inhibe cuando los niveles de P son altos⁵, los niveles bajos y medios de P favorecen la relación simbiótica de HMA y planta, (Moína, 2018).

6. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA A EMPLEAR

6.1. Ubicación del área de estudio

El área del estudio de la investigación de caracterización del suelo se realizará dentro de los predios de la Unidad Académica de Santa Rosa dependiente de la Universidad Amazónica de Pando el área total de investigación es de 7.02 hectáreas.

El Municipio de Santa Rosa del Abuna, está ubicado al norte del departamento de Pando, aproximadamente a 216 Km. al este de la ciudad de Cobija.

Geográficamente está comprendida entre el meridiano 10° 13` y 11° 06` longitud Sur y de 67° 0` a 67 ° 42` Longitud Oeste. El municipio de Santa Rosa del Abuna cuenta con una extensión aproximada de 4440 Km² de superficie.

El Municipio de Santa Rosa del Abuna se encuentra en la provincia Abuna del departamento de Pando, limita al Norte con Brasil y la provincia Nicolás Suárez, al Sur con la provincia Manuripi, al Este con la Segunda Sección Ingavi de la provincia Abuna, al Oeste con la provincia Nicolás Suárez municipio de Bella Flor.

En general el clima en todo el departamento de Pando es tropical húmedo cálido, con una época relativamente seca de mayo a septiembre –durante la época seca se presentan frentes fríos provenientes del Sur que causan caídas bruscas de temperaturas en la región, conocidos como “surazos”– desde la mitad de noviembre hasta finales de marzo la baja presión atmosférica esta sobre el Sur de Bolivia, provocando condiciones atmosféricas inestables y lluvias fuertes. La precipitación media anual varía de 1834 mm. A 1774mm¹. El clima se caracteriza por temperaturas mensuales medias elevadas durante todo el año y una precipitación anual que sobrepasa la evapotranspiración. La temperatura media anual es de

25,4° C. La dirección predominante del viento es del noroeste a sudeste. (GAM, SANTA ROSA DEL ABUNÁ, 2005, 2009).

El municipio de Santa Rosa del Abuna cuenta básicamente con tres clases de superficies erosionales pertenecientes a la llanura Chaco – beniana. 1. En el noroeste se encuentran colinas a más de 150 m.s.n.m. con una disección muy fuerte. A las suroeste planicies a más de 150 m.s.n.m. con una disección moderada. 3. Al sudeste planicies que se encuentran a más de 150 m.s.n.m. con una disección entre moderada y moderadamente fuerte. En general el municipio se encuentra dominado principalmente por planicies aproximadas a más de 150 m.s.n.m. con disecciones entre moderada y moderadamente fuerte, bien drenada donde predominan los bosques altos y muy densos. (GAM, SANTA ROSA DEL ABUNÁ, 2005, 2009).

6.2. Materiales

➤ Materiales de campo

- Bolsa de plástico
- Cámara fotográfica digital
- Equipo GPS
- Formulario de toma y envío de muestras
- Un paquete de Hojas bon tamaño carta
- Estacas de 50 m de longitud para delimitar las áreas
- Pinturas de color blanco
- Yute para la recolección de muestra y muestreos

6.3. Metodología

6.3.1. Tipo de investigación

El presente trabajo dirigido será una investigación Descriptiva donde se realizará la obtención de muestras y el análisis físico y químico y la interpretación del proceso de las propiedades del suelo en el área de estudio.

6.3.1.1. El método teórico

Se utilizará el método de modelación que está íntimamente relacionada a la necesidad de encontrar un resultado del objeto de estudio de una realidad que permita obtener resultados y su análisis que llevará a descubrir los fenómenos observados y obtenidos en relación a la caracterización de las propiedades del suelo.

6.3.2. Procedimientos del trabajo dirigido

6.3.2.1. Levantamiento de las coordenadas del área de estudio

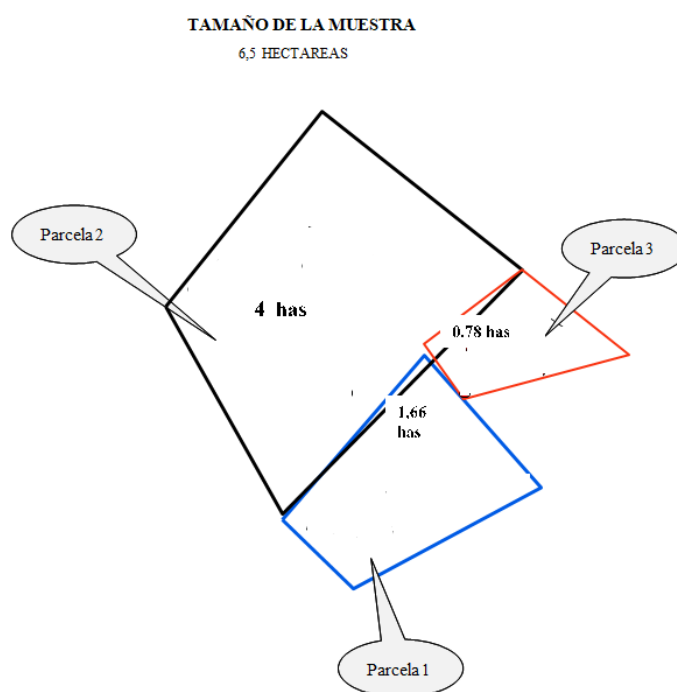
Primeramente, se realizó la delimitación del área de estudio de suelos, posteriormente se eligen los puntos de referencia bien definidos y fácilmente identificables en el terreno demarcados por estacas de dimensiones 60 m. de longitud de color blanco para tener una precisión del levantamiento de coordenadas, se utilizó el instrumento de GPS para determinar las coordenadas de cada punto de esta manera logramos tener la superficie total del área de estudio.

Tabla 4 *Coordenadas de las parcelas o cuadrantes en estudio determinando en área en (ha)*

PARCELA	PUNTO	XCOORD	YCOORD	HECTÁREAS
1	1	668697	8826641	1,66
	2	668742	8826579	
	3	668861	8826670	
	4	668787	8826789	
2	1	668623	8826833	4,06
	2	668722	8827009	
	3	668849	8826866	
	4	668697	8826646	
3	1	668849	8826866	0,78
	2	668917	8826789	
	3	668812	8826749	
	4	668787	8826799	
Total hectáreas				6,50

Fuente: Elaboración Propia

Figura 1 *Croquis del área d estudio*



6.3.2.2. Marcación de los cuadrantes para el muestreo de suelo

Una vez obtenido los datos de los puntos georreferenciados se realizó la generación de mapas del área de estudio, dividiéndolas en 3 cuadrantes, de las siguientes dimensiones: Parcela N°1 con un área de 1,66 ha., Parcela N°2, 4 ha. y Parcela N°3 0,78 ha. esta actividad se realizó en base a la topografía del área, según como es la zona de estudio.

6.3.2.3. Instrumentación para la recolección de datos de las propiedades físico, químicas del suelo.

Para la toma de muestra de suelo se utilizó la Guía para Muestreo de Suelos-MINAM-2014 y el diseño de parcelas, donde nos indican los protocolos para la recolección de las muestras de suelos:

6.3.2.4. Muestreo y cuarteo de las muestras

Para un correcto muestreo de suelo y envío de muestras a un laboratorio. Se tomó en cuenta los protocolos más importantes para el levantamiento de muestras de suelo en las áreas georreferenciadas para tener un análisis físico y químico de los suelos, con resultados óptimos y nos proporcionan datos para caracterizar las propiedades del suelo, por ello se consideró la demarcación para la obtención de muestra con el método en zig-zag tomando en cuenta las siguientes medidas:

- Muestreo de tipo simple de a 20cm x 20cm de ancho x 20cm. De profundidad
- Crecimiento de tipos de malezas
- Drenaje (sectores inundados húmedos con sectores no húmedos).
- Entradas a potreros
- Estimación del tipo de suelo

Considerando estos puntos se realizó la obtención de muestras por cada cuadrante o área delimitada.

Primera Parcela nº1 un área total de 1,66 ha, muestras obtenidas un total de 7 muestras obtenidas a una distancia de 50 m. parcela Nº2 4 ha con un total de 13 muestras obtenidas, parcela Nº3 0,78 ha con un total de 5 muestras a una distancia aproximada de 50 m. lineales.

En cada parcela se realizará dos muestras compuestas en tres diversos puntos del área a una profundidad de 0.20m, retirando previamente los restos vegetales sobre el suelo, hojarascas y otros restos que exista en la parcela donde se sacaran las muestras el proceso es el siguiente:

- Una vez seleccionado el sitio a muestrear y teniendo los croquis de las parcelas que están enumeras de 1 al 3 se debe proceder el levantamiento de las muestras.
- Se eliminó la cobertura vegetal y hojarascas de la superficie del sitio de muestreo.
- Se marcó el área donde se obtendrá la muestra con la pala a una profundidad de 20 cm de profundidad de muestreo y se cavo un hueco en forma del ancho de la pala y la profundidad requerida, y obtener la muestra y se depositó en un balde plástico identificado con la profundidad; el balde se limpió de impurezas, se repitió esta operación en cada uno de los puntos, siguiendo las indicaciones del muestreo predefinido.
- Se realizó la mezcla u homogenización de las muestras correspondientes de los cuadrantes en una superficie limpia de Cemento, luego se depositó en una bolsa para etiquetarlas.
- Se utilizó un balde de plástico limpio de impurezas tales como, fertilizantes, cal, estiércol, cemento, entre otros. Para almacenar las submuestras de las parcelas de estudio.

Se realizó un recorrido aleatorio simple estratificado, donde se dividió parcelas para muestrear, se recolectan las muestras en cada cuadrante, o estratos parcelas homogéneas.

Tabla 5 *Mapa georreferenciado de los puntos de muestras obtenidos en las áreas de estudio*



Fuente: Elaboración propia

A partir de cada área y submuestra de cada unidad de muestreo serán mezclados y homogenizados, del cual se tomará 01 Kg. que representará la nuestra compuesta.

Las dimensiones del muestreo son espaciales y temporal, espacial porque se consideró el relieve porque son terrenos planos poco ondulados no pronunciados y la profundidad de muestreo, el tiempo de recolección de la muestra que fue en el mes de Septiembre del 2023, para el muestreo se consideraron los siguientes materiales:

Tabla 6 *Materiales utilizados en la toma de muestras del área de estudio*

MATERIALES Y HERRAMIENTAS	UNIDAD	CATIDAD
Boca de lobo	Pieza	1
Bolsas de polietileno transparentes	Pieza	6
Machete	Pieza	1
Balde	Pieza	1
Cinta métrica de 50 m.	Pieza	1
Flexómetro de 5 m.	Pieza	1
Material de escritorio	Global	1

Fuente: Elaboración propia

6.3.2.5. Embolsado y etiquetado de las muestras de suelo para envío a laboratorio

Una vez realizado el muestreo, según el plan, y previo a su análisis en el laboratorio, es importante asegurar una buena preparación y etiquetado, que no se borre en el transporte y que contenga la información del sitio de muestreo.

Estas muestras se introdujeron a un recipiente de conservación de plástico con el objetivo de conservar sus propiedades, una vez etiquetadas las muestras se enviaron al laboratorio para su análisis correspondiente según la solicitud y los objetivos de la

investigación, estas mezclas se han separado y colocada en un recipiente (bolsa, caja) bien identificada.

Tabla 7 *Etiqueta de identificación con la información necesaria*

Fuente: Fonseca Marleny, 2019

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL	
SUELOS	
IDENTIFICACIÓN MUESTRA DE SUELO	
FECHA DE MUESTREO:	_____
FINCA/PREDIO:	_____
VEREDA:	MUNICIPIO: _____
DEPARTAMENTO/CIUDAD:	_____
PROFUNDIDAD DE MUESTREO:	_____
ASIGNATURA:	GRUPO: _____
PROPIETARIOS DE LA MUESTRA:	_____
OBSERVACIONES: _____	

6.3.2.6. Interpretación de los resultados del análisis de suelo

6.3.2.6.1. Trabajo en laboratorio análisis de las propiedades físicas

El análisis de suelo de las propiedades físicas se realizará en el laboratorio de Ingeniería del Medio Ambiente & Soluciones (LIMASOL) ubicado en el departamento de Oruro obteniendo los siguientes resultados:

✓ Análisis granulométrico

Para determinar la granulometría del suelo según el análisis textural, mide el contenido de arena, limo y arcilla. La misma que según los análisis se tiene los resultados que nos expresa la clasificación textural del suelo con los siguientes datos.

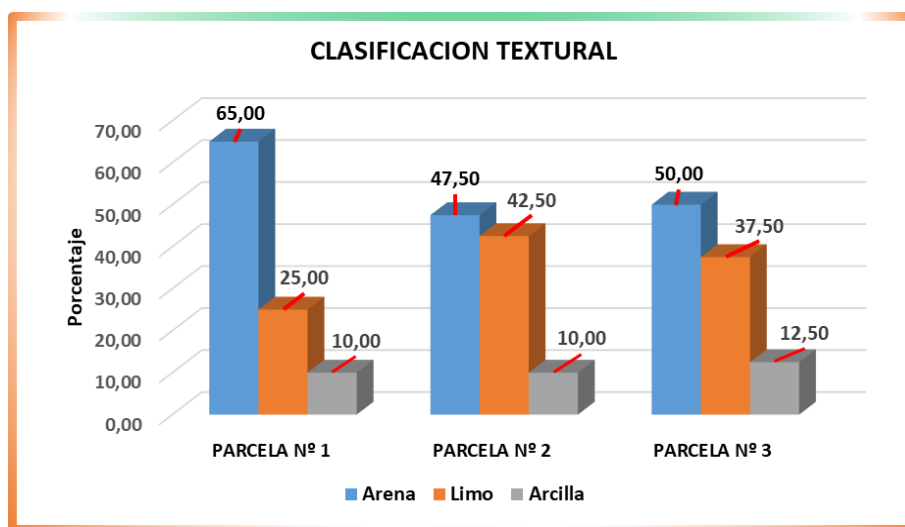
Tabla 8 Cuadro textural de las parcelas en porcentaje (%)

PARAMETROS	UNIDADES	NORMA/METODO	L.D.	PARCELA Nº 1	PARCELA Nº 2	PARCELA Nº 3
Arena	%	Bouyoucos	0.01	65.00	47.50	50.00
Limo	%	Bouyoucos	0.01	25.00	42.50	37.50
Arcilla	%	Bouyoucos	0.01	10.00	10.00	12.50
Clasificación textural				Franco arenoso	Franco	Franco

Método: Densímetro de Bouyoucos

Fuente: Elaboración propia

Figura 2 Cuadro textural de las parcelas en porcentaje (%)



Según la figura 2 El análisis de suelos proporciona información importante sobre la composición y las propiedades físicas del suelo de la Unidad Académica Santa Rosas, lo que

puede ser crucial para actividades agrícolas. La interpretación de los resultados de este análisis de suelos obtenidos a través del método de Bouyoucos nos muestra que la parcela nº1 tiene datos texturales de Arena 65%, Limo 25% y Arcilla 10%, considerando estos datos el suelo es de tipo Franco arenoso, la fracción de partícula más gruesa del suelo la arena, nos indica que tiene una estructura suelta y una capacidad de retención de agua más baja, con una capacidad de buen drenaje pero nos indica que requiere mayor cantidad de agua y nutrientes para mantener el crecimiento de las plantas, mientras que la parcela nº2 según los datos Arena 47.50%, Limo 42.50% y Arcilla 10.00% nos indica que es un suelo franco, los porcentajes texturales nos muestra que este suelo es suelto con una capacidad de drenaje moderado, indicando que tiene una capacidad para retener la humedad, los nutrientes y tiene mayor facilidad para la labranza de la misma forma la parcela nº3 según los datos la Arena 50.00%, limo 37.50% y Arcilla 12.50% de la misma forma según los análisis es un suelo Franco, donde la Arena constituye el 50% con una buena capacidad de drenajes, menor retención de agua y de nutrientes, nos muestra que pueden ser adecuados para una variedad de cultivos.

Sin embargo, Realizando un análisis profundo del área podemos considerar que tenemos un suelo franco arcillo que requiere una mayor demanda de materia orgánica para poder darle su capacidad de uso para la producción de cultivo, la implementación de coberturas sería un factor importante en la mejora de la estructura del suelo a futuro.

✓ **Densidad real**

Se calcula a partir de dos mediciones cuantitativas, la densidad es una relación de la masa de suelo seco a la estufa (105°C) por la unidad de volumen de los sólidos del suelo mencionada por Chilon, 1996.

La densidad real, también conocida como densidad del suelo, es una medida que describe la masa de suelo por unidad de volumen, es decir, cuánta masa de suelo está

contenida en un determinado volumen de espacio. Es una propiedad importante para comprender las características físicas y químicas de un suelo específico y puede influir en una variedad de procesos relacionados con la agricultura, la hidrología y la conservación del suelo.

La densidad real del suelo se calcula dividiendo la masa de suelo entre su volumen. Se expresa comúnmente en unidades de masa por unidad de volumen, como g/cm^3 o kg/m^3 . según el análisis de suelo del área de estudio de la Unidad Académica de Santa Rosa nos muestra los resultados:

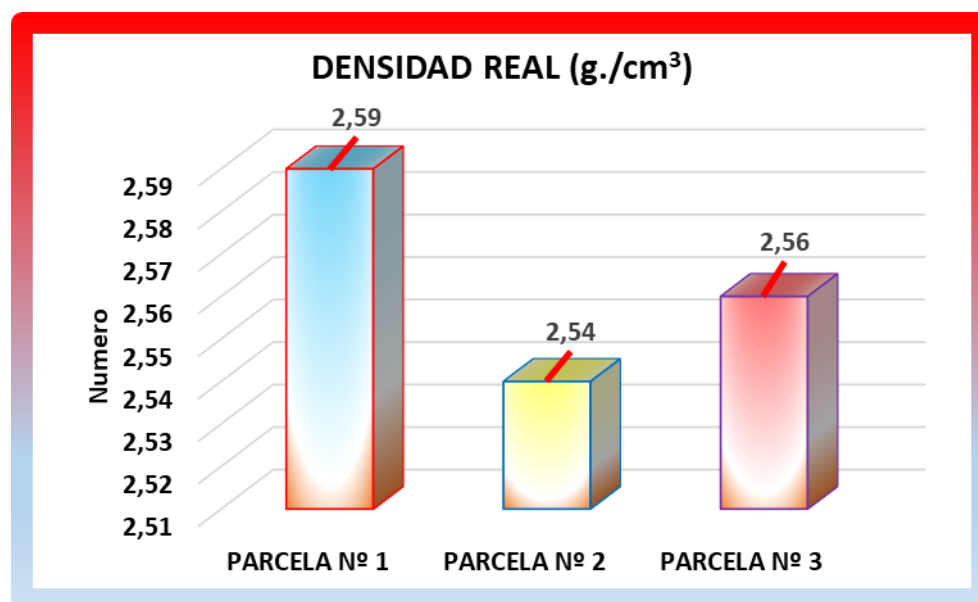
Tabla 9 Cuadro de Análisis de densidad real del suelo (g./cm^3)

PARAMETROS	UNIDADES	NORMA/METODO	L.D.	PARCELA Nº 1	PARCELA Nº 2	PARCELA Nº 3
Densidad real	g/cm^3	Gravimétrico	0.01	2,59	2,54	2,56

Método: Gravimétrico

Fuente: Elaboración propia

Figura 3 Cuadro de Análisis de densidad real del suelo (g./cm^3)



Según la figura 3 los datos de la parcela nº1 la densidad real es de 2.59 g/cm³, mientras que la parcela Nº2 con 2.54 g/cm³ seguido de la Parcela Nº 3 con 2.56 g/cm³ indica que el suelo es relativamente denso, lo que sugiere que los sólidos del suelo están compactos y ocupan un volumen reducido en comparación con su masa. Esto puede implicar una menor porosidad y una menor capacidad de retención de agua y aire en el suelo. Por lo mismo la parcela Nº 1 sería el área de mayor uso agrícola dentro la Unidad Académica, sin embargo, así mismo requieren de prácticas de manejo específico para mejorar la estructura y así poder aumentar la productividad, se requiere de un plan de manejo principalmente de incorporación de abonos ya sean en abonos verde como cobertura o abonos orgánicos.

✓ Densidad Aparente

Los valores de densidad aparente del suelo proporcionan información sobre la compacidad y la porosidad del suelo, lo que puede influir en su capacidad para retener agua, aire y nutrientes, así como en el crecimiento de las plantas.

Se define a la densidad (D), o peso específico, como a la relación de la masa de un material por unidad de su volumen (V).

$$D = \frac{M}{V}$$

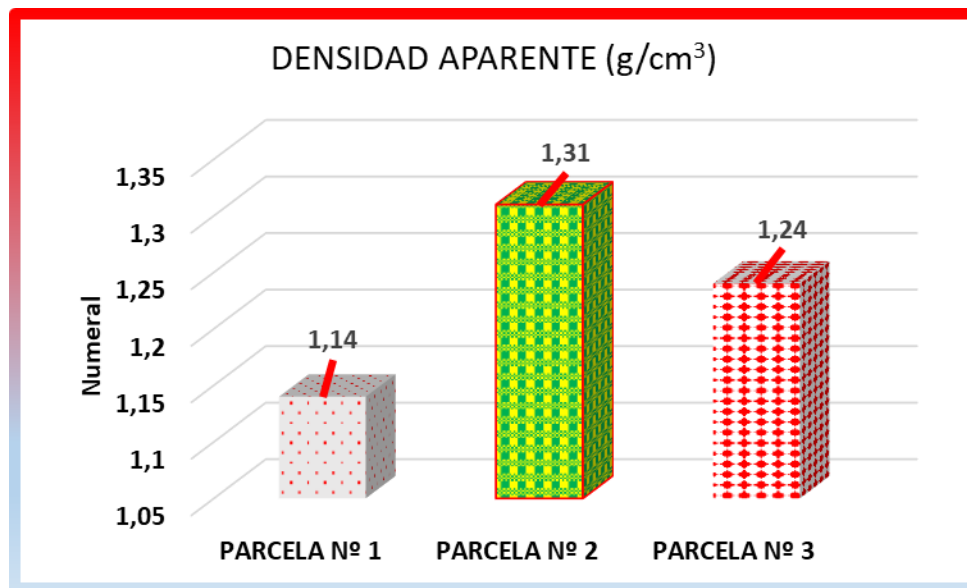
Tabla 10 Cuadro de Análisis de densidad aparente del suelo (g./cm³)

PARAMETROS	UNIDADES	NORMA/METODO	L.D.	PARCELA Nº 1	PARCELA Nº 2	PARCELA Nº 3
Densidad aparente	g/cm ³	Gravimétrico	0.01	1,14	1,31	1.24

Método: Gravimétrico

Fuente: Elaboración propia

Figura 4 Cuadro de Análisis de densidad aparente del suelo (g/cm^3)



La figura Nº 3 nos muestra los resultados del análisis donde nos indica que la masa de los sólidos del suelo de la parcela Nº 1 es de 1.14 gramos por cada centímetro cúbico de volumen total del suelo, incluyendo los poros llenos de aire y agua, nos sugiere que el suelo es relativamente denso, pero no extremadamente compacto. Esto indica una moderada porosidad y capacidad de retención de agua y aire en el suelo. Es posible que este suelo tenga una estructura moderadamente bien desarrollada y pueda ser adecuado para el crecimiento de una variedad de cultivos, aunque puede requerir prácticas de manejo específicas para mejorar su estructura y productividad, mientras que la Parcela Nº 2 de 1.31 g/cm^3 , este valor indica una mayor densidad aparente en comparación con el valor anterior. Una densidad aparente de 1.31 g/cm^3 sugiere que el suelo es más compacto y menos poroso. Esto puede implicar una capacidad de retención de agua y aire más limitada en el suelo, lo que puede afectar negativamente el crecimiento de las plantas. Los suelos con una densidad aparente más alta pueden ser más propensos a la compactación, lo que puede dificultar el crecimiento de las raíces y la circulación del agua y los nutrientes en el suelo, finalmente la Parcela Nº3 con una densidad aparente de 1.24 g/cm^3 , este valor está entre los dos valores anteriores donde nos indica una estructura de suelo intermedia, con una porosidad y capacidad de retención de agua y aire moderadas. Este suelo puede ser adecuado para el crecimiento de una variedad de

cultivos, aunque puede requerir prácticas de manejo específicas para optimizar su estructura y productividad.

✓ Conductividad Hidráulica

Según Soil Survey manual (1993) una baja conductividad hidráulica se debe fundamentalmente a una baja porosidad, pocos poros grandes y una pobre interconectividad entre ellos, los valores altos se presentan en suelos de textura gruesa, aunque tengan una baja porosidad. (Citado en Perez & Garcia, 2015).

La conductividad hidráulica (K) se refiere a la velocidad con la que el agua pasa a través de la masa del suelo, por unidad de gradiente de carga hidráulica. Este parámetro depende del 25% de la porosidad del suelo, particularmente, de la proporción de poros con radio equivalente mayor a 15 μ m que se mantienen abiertos en condiciones de saturación. (Perez & Garcia, 2015).

En términos más técnicos, la conductividad hidráulica se define como la tasa a la cual el agua fluye a través de un medio poroso bajo un gradiente hidráulico unitario. En otras palabras, es la cantidad de agua que puede pasar a través de una unidad de área de suelo en una unidad de tiempo bajo ciertas condiciones de carga de agua.

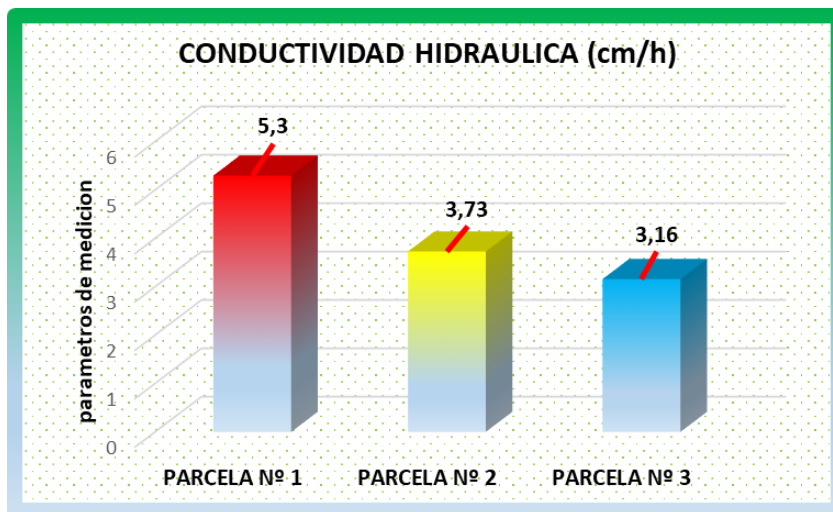
Tabla 11 Cuadro de conductividad hidráulica del análisis de suelos (cm/h)

PARAMETROS	UNIDADES	NORMA/METODO	L.D.	PARCELA Nº 1	PARCELA Nº 2	PARCELA Nº 3
Conductividad Hidráulica	Cm/h	Darcy	0.01	5,30	3,73	3,16

Método Darcy

Fuente: Elaboración propia

Figura 5 Datos de conductividad hidráulica del análisis de suelos (cm/h)



Según la Figura N° 5 la conductividad hidráulica está influenciada por varias características físicas del suelo, como su textura, porosidad, estructura y contenido de materia orgánica. La parcela N° 1 se tiene como resultados de los análisis de suelos un valor de 5.3 cm/h este valor indica que el suelo tiene una alta capacidad para permitir el flujo de que puede pasar a través de un centímetro cuadrado de suelo a una velocidad de 5.3 centímetros por hora bajo ciertas condiciones. Esto sugiere que el suelo es muy permeable y que el agua puede moverse fácilmente a través de él. Este suelo probablemente tenga una estructura porosa bien desarrollada y una alta proporción de poros grandes que permiten un flujo rápido del agua. Mientras que los datos de la Parcela N° 2 nos indica que el valor de 3.73 cm/h: Este valor indica que el suelo tiene una capacidad moderada para permitir el flujo de agua a pasar a través de un centímetro cuadrado de suelo a una velocidad de 3.73 centímetros por hora bajo ciertas condiciones. Esto sugiere que el suelo es moderadamente permeable y que el agua puede moverse a través de él a un ritmo moderado. Este suelo puede tener una estructura porosa decente pero no tan bien desarrollada como el suelo con una conductividad hidráulica más alta. Finalmente, la parcela N° 3 con un valor de 3.16 cm/h: Este valor indica que el suelo tiene una capacidad moderada para permitir el flujo de agua a través de él, similar al segundo valor, bajo ciertas condiciones. Esto sugiere que el suelo es moderadamente permeable y que el agua puede moverse a través de él a un ritmo moderado.

En resumen, la conductividad hidráulica es una propiedad física del suelo que juega un papel importante en la hidrología del suelo y en la disponibilidad de agua para las plantas y otros organismos del suelo, Valores más altos indican una mayor permeabilidad y una capacidad para permitir un flujo de agua más rápido, mientras que valores más bajos indican una menor permeabilidad y un flujo de agua más lento.

✓ Porosidad

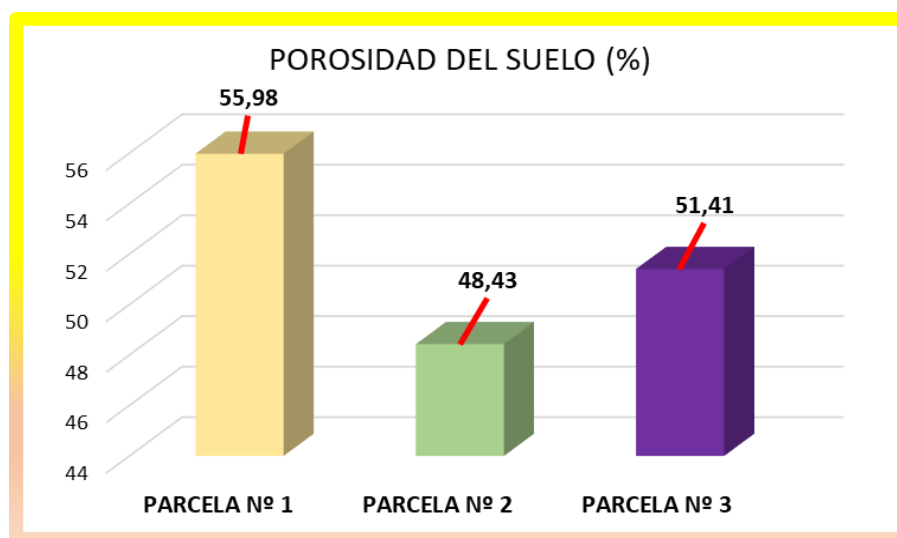
El espacio poroso de un suelo es la parte del mismo que en su estado natural está ocupado por aire y/o agua. El volumen de este espacio poroso depende mucho de la disposición de las partículas sólidas. La importancia agrícola de la porosidad del suelo es muy grande y sus características dependen de la textura, estructura, contenido de materia orgánica, tipo e intensidad de cultivos, labranza y otras propiedades del suelo y su manejo. (Chuquimia, 2020).

Tabla 12 Datos de análisis de suelos Porosidad en (%)

PARAMETROS	UNIDADES	PARCELA N° 1	PARCELA N° 2	PARCELA N° 3
Conductividad Hidráulica	%	55.98	48.43	51.41

Fuente: Elaboración propia

Figura 6 Datos de análisis de suelos de Porosidad en (%)



Según la figura 6, la porosidad del suelo se refiere al volumen de espacio poroso en relación con el volumen total del suelo, y se expresa típicamente en porcentaje. Este espacio poroso es crucial para el movimiento del aire, el agua y las raíces de las plantas dentro del suelo, lo que influye en la disponibilidad de oxígeno, la retención de agua y el drenaje del suelo, viendo los resultados del análisis de suelo la Parcela N° 1 tiene un valor de 55.98% lo que nos indica que los suelos tienen una porosidad relativamente alta al igual que la parcela numero N° 3 con valor de 51.41%, con las mismas características físicas del suelo, mientras que la parcela numero 2 tiene una Porosidad de 48.43% que también nos indica que tienen una porosidad alta por ser suelos de textura franca arenosa y franca.

6.3.2.6.2. Trabajo en laboratorio de análisis de las propiedades químicas

✓ pH

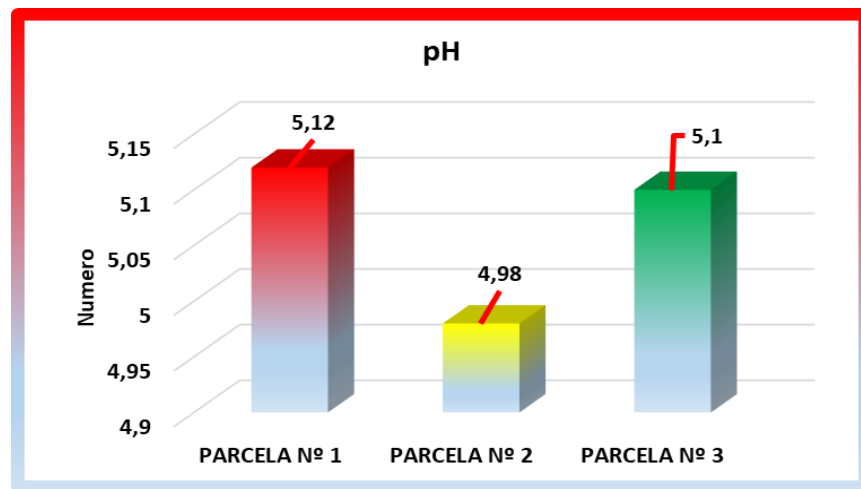
El pH del suelo expresa el grado de acidez del suelo, es decir la concentración (en forma logaritmica) de hidrogeniones H^+ que existen en el suelo. En la escala de pH el valor máximo es de 14, siendo el valor de $pH=7$, el correspondiente a un suelo neutro. Son ácidos todos aquellos que tienen valores inferiores a 7, y básicos todos los superiores a éste. (Soriano, 2018).

Tabla 13 Datos de pH de los suelos de la Unidad Académica de Santa Rosa

PARAMETROS	NORMA/METODO	PARCELA N° 1	PARCELA N° 2	PARCELA N° 3
pH	ISO 10523:2008	5,12	4,98	5,1

Fuente: Elaboración propia

Figura 7 Datos de pH de los suelos de la Unidad Académica de Santa Rosa



Según la figura N° 6 los valores de la Parcela N° 1 muestra un pH de 5,12, este valor indica un pH ligeramente ácido donde nos indica que es un suelo donde hay vegetación como el pasto braquiaria en mayor porcentaje y densa, donde la materia orgánica se descompone rápidamente, mientras que un pH de 4.98 indica que es un poco más ácido. Un pH de 5.1 está cerca del primero, lo que significa que también es ligeramente ácido, la escalada de pH, que generalmente va de 0 a 14, en estas condiciones del análisis de los suelos de la Unidad Académica de Santa Rosa estos valor nos indica que tiene implicaciones para la disponibilidad de nutrientes para las plantas, ya que algunos nutrientes pueden estar menos disponibles en condiciones ácidas, por tanto conocer el pH del suelo determina qué plantas serán más saludables en el área y cómo se pueden ajustar aplicando enmiendas para nivelar el pH y favorecer el crecimiento de ciertas plantas..

✓ Bases intercambiables

Las bases más frecuentes en el complejo de cambio son: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} . En ínfimas concentraciones pueden aparecer otros, destacando entre los minoritarios el amonio por su importancia en la nutrición vegetal. (Soriano, 2018)

El proceso del intercambio es reversible y puede ocurrir en poco tiempo (minutos), mientras exista la humedad suficiente en el suelo, en consecuencia, representan la fracción potencialmente disponible para las plantas, generalmente se presenta el siguiente orden en sus contenidos: $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Na}^+$, con el incremento del pH mediante el encalamiento, el Al^{3+} es excluido de la fase de cambio y posteriormente neutralizado. Su lugar es ocupado principalmente por Ca^{2+} y Mg^{2+} provenientes de las enmiendas (cal agrícola o dolomítica). (Sadeghian, 2018)

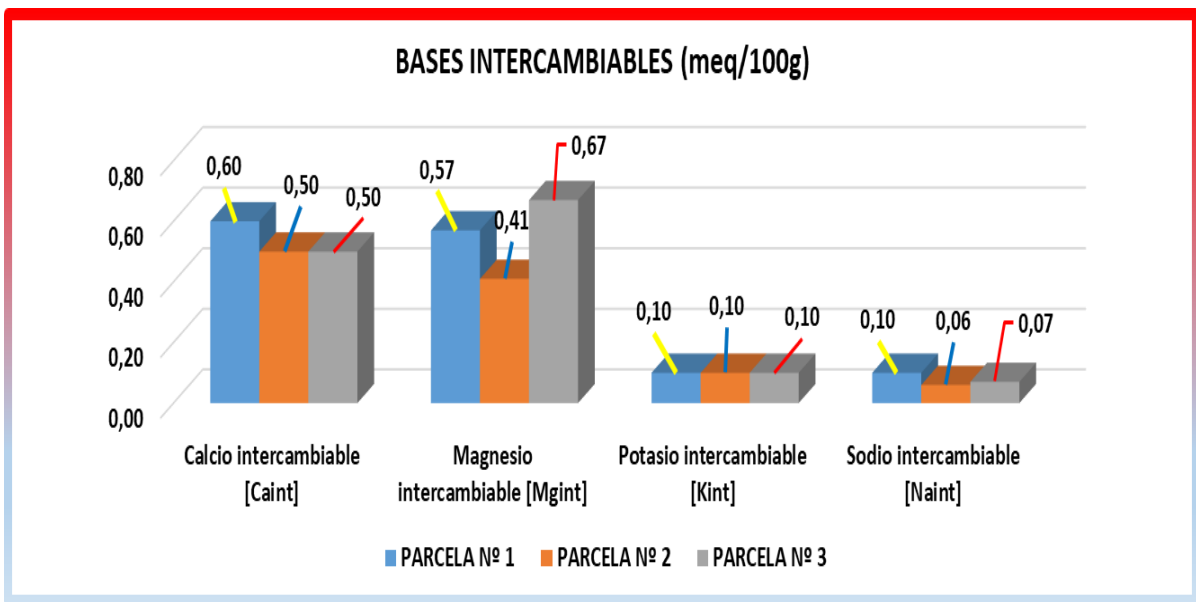
Las bases intercambiables son los cationes presentes en el suelo que pueden ser intercambiados con los cationes en solución del suelo. En otras palabras, son los nutrientes minerales esenciales que están adheridos a las partículas de arcilla y materia orgánica en el suelo y que pueden ser liberados y absorbidos por las raíces de las plantas. Algunos ejemplos de bases intercambiables comunes son el calcio (Ca^{2+}), el magnesio (Mg^{2+}), el potasio (K^+) y el sodio (Na^+).

Tabla 14 Datos de bases intercambiables del análisis de suelos de la Unidad Académica Santa Rosa (meq/100g)

PARAMETROS	UNIDADES	NORMA/ METODO	L.D.	PARCELA Nº 1	PARCELA Nº 2	PARCELA Nº 3
Calcio intercambiable [Ca _{int}]	meq/100g	AAS	0,1	0,6	0,5	0,5
Magnesio intercambiable [Mg _{int}]	meq/100g	AAS	0,01	0,57	0,41	0,67
Potasio intercambiable [K _{int}]	meq/100g	AAS	0,1	0,1	0,1	0,1
Sodio intercambiable [Na _{int}]	meq/100g	ASS	0,01	0,1	0,06	0,07

Fuente: Elaboración propia

Figura 8 Datos de bases intercambiables del análisis de suelos de la Unidad Académica Santa Rosa (meq/100g)



Según la figura 9, el calcio intercambiable en el suelo es una parte importante de la CIC. El calcio es crucial para el desarrollo de la estructura del suelo, la estabilidad de la agregación del suelo y la disponibilidad de otros nutrientes. Cuando se realiza un análisis de suelo y se obtienen valores de calcio intercambiable, se están evaluando los niveles de calcio disponible para las plantas en el suelo.

En el caso de los valores que proporcionados por el análisis de suelos de Ca en los tres cuadrantes se tiene estos valores (0.6, 0.5 y 0.5 meq/100g de suelo), representan la cantidad de calcio intercambiable en el suelo, lo cual es útil para entender la fertilidad y las necesidades de manejo del suelo para diferentes cultivos. Estos valores se pueden comparar con los requisitos de calcio de los cultivos específicos para determinar si el suelo tiene un nivel muy bajo y suelos muy pobres, lo que nos indica que se recomienda la incorporación de enmiendas para mejorar su fertilidad y promover un crecimiento saludable de las plantas.

Según la figura 9, la cantidad de magnesio (Mg) intercambiable en el suelo, expresada en miliequivalentes por cada 100 gramos de suelo (meq/100g). El magnesio intercambiable es la cantidad de Mg que está disponible para ser absorbida por las plantas y está sujeto a intercambio iónico en el suelo.

Estos valores proporcionados por el análisis de suelos de Magnesio (Mg). En las parcelas tienen (0.57 meq/100g, 0.41 meq/100g y 0.67 meq/100g) indican la capacidad del suelo para proporcionar magnesio a las plantas. Un valor más alto sugiere una mayor disponibilidad de magnesio en el suelo, lo que puede ser beneficioso para el crecimiento y desarrollo de las plantas que requieren este nutriente. De la misma forma los elementos como Potasio (K) con valores (0.10, 0.10 y 0.10 meq/100g) y Sodio (Na) con valores de (0.10, 0.06 y 0.07 meq/100g), cationes intercambiables que nos muestra que estos suelos están a un nivel muy bajo y indican suelos muy pobres lo reflejar diferencias en las características del suelo y su caracterización de la biomasa del mismo suelo, por tanto se recomienda la incorporación de enmiendas y abonos orgánicos.

✓ **Capacidad de intercambio catiónico (CIC)**

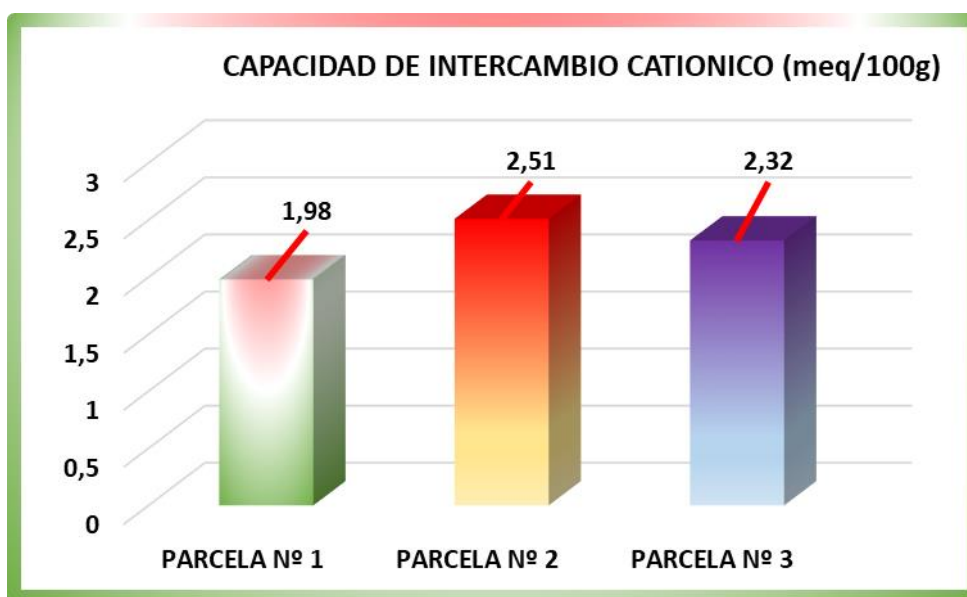
La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) es una medida de cantidad de cargas negativas presentes en las superficies de los minerales y componentes orgánicos del suelo (arcilla, materia orgánica o sustancias húmicas) y representa la cantidad de cationes que las superficies pueden retener (Ca, Mg, Na, K, NH_4 etc.). Estos serán intercambiados por otros cationes o iones de hidrogeno presentes en la solución del suelo y liberados por las raíces. El nivel de CIC indica la habilidad de suelos a retener cationes, disponibilidad y cantidad de nutrientes a la planta, su pH potencial entre otras. Un suelo con bajo CIC indica baja habilidad de retener nutrientes, arenoso o pobre en materia orgánica. La unidad de medición de CIC es en centimoles de carga por kg de suelo cmolc/kg o meq/ 100g de suelo. (FAO, 2024).

Tabla 15 Datos de capacidad de Intercambio catiónico del análisis de suelos de la Unidad Académica de Santa Rosa en (meq./100g).

PARAMETROS	UNIDADES	PARCELA N° 1	PARCELA N° 2	PARCELA N° 3
Capacidad de Intercambio Catiónico (c.I.C.)	Meq/100g	1,98	2,51	2,32

Fuente: Elaboración propia

Figura 9 Datos de capacidad de Intercambio catiónico del análisis de suelos de la Unidad Académica de Santa Rosa en (meq./100g).



La figura 8 nos muestra las medidas donde indica la capacidad del suelo para retener y liberar iones positivos (cationes) como calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), potasio (K^{+}), y otros. Se expresa típicamente en miliequivalentes por 100 gramos de suelo (meq/100g). los resultados obtenidos del análisis de suelos donde la parcela N° 1 tiene un valor de 1.98 meq/100g en un suelo franco arenoso dando una disponibilidad de nutrientes baja en el suelo, mientras que la Parcela N° 2 con un valor de 2.51 meq/100g y parcela N° 3 con un valor de 2.32 para un suelo franco considerando como una disponibilidad moderada de nutrientes, lo que sugiere que son suelos con potencial para retener y suministrar nutrientes a las plantas de

manera efectiva, dando nos como un resultado de estos suelos de capacidad de producción forestal.

7. PROPUESTA

7.1. Nombre de la propuesta

Mejoramiento de los Suelos con la implementación de Cobertura Vegetal de leguminosas en la Unidad Académica de Santa Rosa

7.2. Fundamentos de la propuesta

La propuesta tiene como objetivo principal mejorar la calidad del suelo mediante la aplicación de cobertura vegetal de leguminosas. Las leguminosas son conocidas por su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico, enriqueciendo así el suelo y aumentando su fertilidad. Esta propuesta se enfocará en identificar las especies de leguminosas más adecuadas para el suelo local, evaluar su efectividad en la mejora del suelo y su impacto en los cultivos subsiguientes. Se espera que este enfoque no solo mejore la productividad agrícola, sino también promueva prácticas agrícolas sostenibles y amigables con el medio ambiente

7.3. Objetivos de la propuesta

7.3.1. Objetivo General

Diseñar una propuesta de manejo y mejoramiento de los suelos con la aplicación de coberturas vegetales leguminosas en los predios de la Unidad Académica de Santa Rosa

7.3.2. Objetivo específico

- Identificar las especies de leguminosas más adecuadas para el mejoramiento del suelo.
- Evaluar el efecto de la cobertura vegetal de leguminosas en la calidad del suelo, especialmente en términos de contenido de nitrógeno y otros nutrientes.
- Determinar el impacto de la cobertura vegetal de leguminosas en la productividad de los cultivos subsiguientes.
- Promover prácticas agrícolas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente

7.4. Actividades de la propuesta

- **Selección de Especies Leguminosas Apropriadas:**

Realizar estudios de investigación para identificar las especies de coberturas leguminosas más adecuadas para cada región, en términos de su capacidad para fijar nitrógeno y adaptarse considerando factores como el clima, el suelo y los cultivos principales.

Priorizar aquellas especies con alta capacidad de fijación de nitrógeno, adaptabilidad a condiciones adversas y beneficios adicionales, como la producción de biomasa para abono verde.

- **Diseño de Sistemas de Rotación y Asociación de leguminosas:**

Desarrollar sistemas de rotación de cultivos de leguminosas, que incluyan períodos de cobertura y la incorporación en función de su desarrollo de la cobertura leguminosa, para fortalecer e optimizar la fertilidad del suelo y reducir la dependencia de fertilizantes químicos.

Fomentar la asociación de especies leguminosas y la frecuencia de incorporación en verde de acuerdo a su desarrollo y producción de biomasa para aprovechar los beneficios de esta incorporación en abono verde donde se mejorará la estructura y textura del suelo, además será complementario, como la competencia de malezas, la mejora de la disponibilidad de nutrientes y la protección del suelo contra la erosión.

- **Manejo Integrado de manejo de coberturas con leguminosas:**

Capacitar a los estudiantes de la Unidad Académica de Santa Rosas en técnicas de:

Módulo 1 Manejo de coberturas leguminosas,

Módulo 2 Control de malezas

Módulo 3 Tiempos de incorporación y beneficio de las leguminosas como cobertura

Módulo 5 Evaluación de la incorporación de biomasa leguminosas en verde.

Módulo 6 Promover la diversificación de las coberturas leguminosas en términos de especies y variedades para aumentar la resiliencia del sistema y maximizar los beneficios agronómicos.

- **Evaluación del suelo con análisis físico y químico del suelo:**

Se realizará durante la gestión dos análisis de suelo para evaluar el comportamiento de las leguminosas y el mejoramiento de suelo con la aplicación e incorporación de las coberturas con el objetivo de mejorar el suelo.

Las coberturas ser serán incorporados dos veces al año con maquinaria (Tractor agrícola) y posterior a la incorporación, pasado los tres meses se realizará el primer análisis de suelos tanto físico, químico y biológico del suelo esto será realizado por dos oportunidades.

- **Monitoreo y Evaluación:**

Establecerá un sistema de monitoreo para evaluar el impacto de las coberturas leguminosas en la fertilidad del suelo, mediante la medición de parámetros como el contenido de nitrógeno, la estructura del suelo y la actividad microbiana.

Recopilar datos a largo plazo para analizar la evolución de la calidad del suelo y ajustar las estrategias de manejo según sea necesario.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Conclusiones

Las características físicas y químicas de los suelos de la Unidad Académica de Santa Rosa, los suelos presentan textura de franco a franco arenoso, los valores varían de Arena entre 47.50 a 65,00%, Limo entre 25,00 a 42,50%, y por ultimo Arcilla entre 10,00 a 12,50%, donde la Arena constituye aproximadamente el 50% con una buena capacidad de drenajes, menor retención de agua y de nutrientes, nos muestra que pueden ser adecuados para una variedad de cultivos.

Parcela N°1: La densidad real sugiere que el suelo es relativamente denso, es de 1.14 gramos por cada centímetro cúbico de volumen total del suelo, pero no extremadamente compacto, lo que indica una moderada porosidad y capacidad de retención de agua y aire. Este suelo puede ser adecuado para el crecimiento de una variedad de cultivos, pero puede beneficiarse de prácticas de manejo para mejorar su estructura y productividad.

Parcela N°2: La densidad aparente más alta con 1.31 g/cm³, este valor indica una mayor densidad aparente, sugiere que el suelo es más compacto y menos poroso, lo que puede limitar la capacidad de retención de agua y aire en el suelo y afectar negativamente el crecimiento de las plantas. Este suelo puede requerir prácticas de manejo específicas para evitar la compactación y mejorar su estructura y productividad.

Parcela N°3: Con una densidad aparente de 1.24 g/cm³, este valor nos indica un intermedio, este suelo muestra una estructura intermedia con una porosidad y capacidad de retención de agua y aire moderadas. Aunque puede ser adecuado para el crecimiento de cultivos, también puede beneficiarse de prácticas de manejo específicas para optimizar su estructura y productividad.

Basándonos en los valores proporcionados por el análisis de suelos para los tres cuadrantes, donde se reportan valores de calcio intercambiable de 0.6, 0.5 y 0.5 meq/100g de suelo respectivamente, Aunque los valores de calcio intercambiable son relativamente similares entre los tres cuadrantes, es importante considerar estos valores en relación con los requisitos específicos de calcio que se requieren niveles altos, para un desarrollo mejor de los cultivos que se deseen cultivar en cada área.

Los resultados del análisis sugieren que las Parcelas N°2 con valores de 1.98 meq/100g de suelo y parcela N°3 con 2,32 meq/100g de suelo, tienen un potencial mayor para la producción forestal en comparación con la Parcela N°1 con valor de 1,98 meq/100g de suelo, debido a su capacidad moderada para retener y suministrar nutrientes. Sin embargo, todas las parcelas podrían beneficiarse de prácticas de manejo que mejoren la disponibilidad de nutrientes y optimicen la productividad forestal, como la fertilización adecuada y la incorporación de materia orgánica en el suelo

8.2. Recomendaciones

- Es importante realizar un análisis más detallado de los requisitos nutricionales de los cultivos específicos y las características del suelo para determinar la mejor estrategia de manejo, que puede incluir la aplicación de fertilizantes o enmiendas calcáreas según sea necesario.
- Se recomienda implementar un plan de manejo que incluya la incorporación de abonos verdes como cobertura o abonos orgánicos. Estas prácticas ayudarán a mejorar la estructura del suelo, aumentar la actividad biológica y mejorar la retención de agua y nutrientes, lo que a su vez puede conducir a un aumento en la productividad agrícola.

9. IDENTIFICACION DE LA INSTITUCION

El trabajo dirigido se realizará en la Unidad Académica de Santa Rosa con área de acción en el Municipio de Santa Rosa del Abuna donde estará ubicado el trabajo dirigido de estudio.

La Unidad Académica de Santa Rosa es una unidad desconcentrada dependiente de la Universidad Amazónica de pando fue creada la fecha 2014 con los programas de Agropecuaria y Contabilidad que posteriormente fue apertura da el programa Agroforestal en el año 2018.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Anaya, M. L. (Julio - Diciembre de 2017). Determinacion de dos indices de la calidad del suelo en la calidad de la taza de cafe. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 6(2), 103. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rfc/article/view/65667/63036>
- Anyi Bibiana Gomez Avila, W. Y. (2020). *Evaluacion de la calidad de um suelo sometido a diferemtes usos*. Tesis de grado, UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA, Villavicencio.
- Castillo, M. E. (2015). *Clasificacion de los suelos de la comunidad de Rio Blanco Sud Yungas de La Paz bajo el sistema de FAO/UNESCO*. UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS FACULTAD DE AGRONOMÍA, La Paz - Bolivia. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/5991/T-2117.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chuquimia, Q. A. (2020). *Evaluacion de curvas de retencion de humedad para diferentes tipos de suelos y la disponibilidad de agua para las plantas*. Tesis de grado, UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS FACULTAD DE AGRONOMÍA, La Paz -Bolivia. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/24901/T-2769.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- DAPRO (Direccion General de Analisi Productivo). (2020). *Informe estadistico productivo del Departamento de Pando*. Bolivia, Bolivia. Obtenido de <file:///D:/PERFILM%20FRANCISCO%20ULTIMO/2020-eedc3-Informe-Estadistico-de-Pando.pdf>
- Eduardo, C. (2020). *evaluacion de la calidad de un suelo sometido a diferentes usos*. tesis de grado, universidad de los llanos facultad de ciencias agropecuaria y recursos naturales programa de ingenieria agronomica, villa visencio.

- FAO. (03 de enero de 2024). *Portal del suelo de la FAO*. Obtenido de Propiedades químicas, Capacidad de Intercambio Cationico (CIC): <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>
- Garcia, G. S. (2013). *Aplicabilidad del metodo del conoc para medir los limites liquidos y plasticos del suelo de Guatemala*. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA, Guatemala. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3529_C.pdf
- GOBIERNO MUNICIPAL SANTA ROSA DEL ABUNA. (2005). *Plan de desarrollo Municipal - Santa Rosa del Abuma*. Recuperado el 15 de 06 de 2012, de http://vpc.planificacion.gob.bo/uploads/PDM_S/09_PANDO/090401%20Santa%20Rosa%20del%20Abuna.pdf
- Greening EU COOPERACION. (2020). *Perfil Ambiental Pais de Bolivia Actualizacion 2020*. Bolivia. Obtenido de [file:///C:/Users/My-Pc%20hp/Downloads/cep_bolivia_2020%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/My-Pc%20hp/Downloads/cep_bolivia_2020%20(1).pdf)
- infoAgro.com. (s/a). Obtenido de El Conductividad eléctrica (CE: https://www.infoagro.com/instrumentos_medida/doc_conductividad_electrica.asp?k=53
- INIA. (2015). *El suelo*. Uruguay. Obtenido de <http://www.inia.uy/Documentos/P%C3%BABlicos/INIA%20Tacuaremb%C3%B3/2015/Los%20Suelos.pdf>
- Mamani, I. M. (2019). *Modelo unidimensional para transporte de elementos contaminantes en diferentes tipos de suelos*. Tesis de grado, UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA FACULTAD DE INGENIERÍA, Tacna - Peru. Obtenido de <https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/1404/Mamani-Cariapaza-Vargas-Villalva.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Medrano, A. M. (2010). *Expansion de la Quinoa (Chenopodium quinoa willd) y calidad de suelos, Anlisis en un contexto de sostenibilidad en el intersalar Boliviano*. Tesis de grado, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ, San Luis Potosi - Mexico. Obtenido de

<https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/bitstream/handle/i/3610/MCA1CQW01001.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

- Moína, E. Q.-B. (1 de septiembre de 2018). Evaluacion de los hongos Micorrizicos Arbusculares de zonas del tropico humedo de Ecuador. Obtenido de <http://revistabionatura.com/files/2018.03.01.9.pdf>
- Osorio, 2. (30 de Abril de 2012). pH del suelo y disponibilidad de nutriente. *Manejo Integral del Suelo y Nutrición Vegetal*, 1 n°4, 1. Obtenido de <https://www.bioedafologia.com/sites/default/files/documentos/pdf/pH-del-suelo-y-nutrientes.pdf>
- Perez, A., Cespedes, C., & Nuñez, P. (29 de Octubre de 2008). Caracterizacion Fisica-Quimica y Bilogica de enmiendas organicas aplicadas en la produccion de cultivos en Republica Dominicana. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 8(3). Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-27912008000300002&script=sci_arttext&tlng=pt
- Perez, G. L., & Garcia, G. A. (2015). *Evaluación de la Conductividad Hidráulica del Suelo en un Sistema Agroforestal de café (Coffea arabica)*, en CENECOOP, Masaya, Nicaragua, 2014. Trabajo de graduacion, UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA FACULTAD DE AGRONOMÍA. Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/3195/1/tnp33p438e.pdf>
- Ping, C. L. (1988). Propiedades y clasificación de tres pedones derivados de cenizas volcánicas de las islas Allutian y. *Sociedades de la ciencia del suelo*, 455 - 462.
- Rucks, L. G. (2004). *Propiedades fisicas del suelo*. Monte Video - Uruguay. Obtenido de <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>
- Sadeghian, S. K. (2018). *Interpretación de los resultados de análisis de suelo (Soporte para una adecuada nutrición de cafetales)*. Colombia. Obtenido de https://publicaciones.cenicafe.org/index.php/avances_tecnicos/article/download/167/133/183

- Soriano, S. M. (2018). *pH del suelo*. Ensayo, UNIVERSIDAD TECNICA DE VALENCIA. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/102382/Soriano%20-%20pHdel%20suelo.pdf>
- Tapia, G. J. (1998). *caracterizacion de algunas propiedades fisico-quimicas de los suelos irrigados con aguas medianamente salinas, en el predio de "san antonio" ejido de palmar primero, municipio de mexquic de carmona, S.L.P.* . Universida Autonoma de San Luis Potosi, Potosi, San Luis Potosi. Obtenido de <http://ninive.uaslp.mx/xmlui/bitstream/handle/i/2377/MCA1CAR99801.pdf?sequence=1>

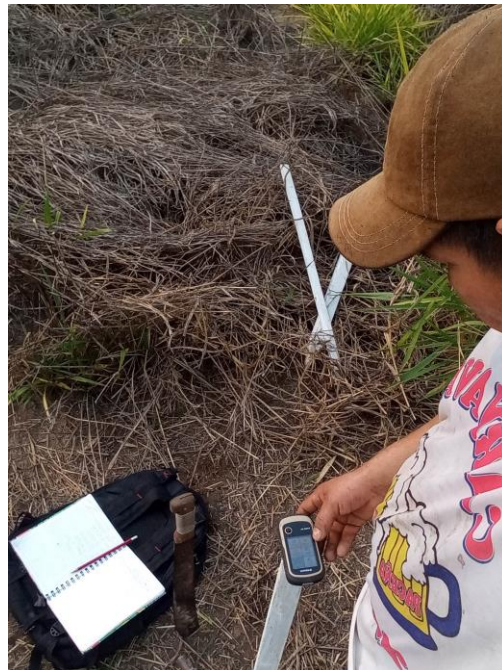
0

11. APENDICE Y ANEXOS

Anexo 1 Fotografías del proceso de trabajo dirigido



Demarcación de las parcelas o cuadrantes en estudio



Georreferenciación de los puntos de las parcelas o cuadrantes



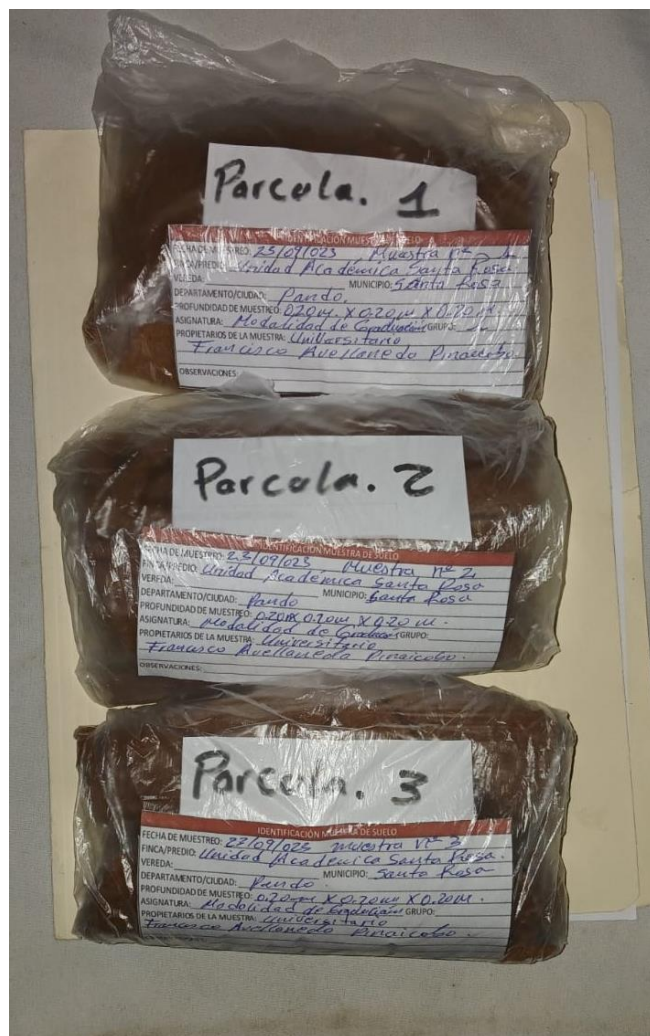
Limpieza de puntos para la toma de muestras de las parcelas



Obtención de muestras de los puntos de muestreo con el método Zigzag



Método del cuarteo en muestras de suelos obtenidos por parcela



Muestras enviadas al laboratorio

Anexo 2 Resultado de los análisis de suelos de las tres parcelas

**LABORATORIO DE INGENIERIA DEL
MEDIO AMBIENTE & SOLUCIONES**
Calle G. Rios No. 6 y Evaristo Valle, Z. Norte - Oruro
Tel. (2) 5241319 Cel. 72468042 - 68043584
E-mail: info@limasol-bolivia.com
www.limasol-bolivia.com



INFORME DE ENSAYO

N° 0655

CLIENTE: Egr. Francisco Avellaneda Pinaicobo

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN DEL SUELO A TRAVEZ DEL ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LOS SUELOS DE LA UNIDAD ACADÉMICA SANTA ROSA

DIRECCIÓN: MUNICIPIO SANTA ROSA, ABUNA-PANDO



FECHA DE INGRESO: 2023-09-25

FECHA DE MUESTREO: 2023-09-21

PROCEDENCIA: Según detalle

RESPONSABLE MUESTREO: Egr. Francisco Avellaneda Pinaicobo

FECHA DE ENSAYO: 2023-09-26 a 2023-10-02

N° DE INGRESO: 606

TOTAL PÁGINAS: 1

TIPO DE MUESTRA: Suelos

REALIZADO POR: Cliente

FECHA DE ENTREGA: 2023-10-06

RESULTADOS:

Parámetro	Unidades	Id Cliente		PARCELA N° 1 PARCELA N° 2 PARCELA N° 3		
		Id Interno		877	878	879
		Norma/Metodo	L.D.			
pH		ISO 10523:2008		5,12	4,98	5,1
Conductividad	uS/cm	ASTM D 1125-95	5	54,1	40,1	40,8
Aluminio intercambiable [Al _{int}]	meq/100g	Fotometría	0,05	0,65	1,50	1,01
Calcio intercambiable [Ca _{int}]	meq/100g	AAS	0,1	0,6	0,5	0,5
Magnesio intercambiable [Mg _{int}]	meq/100g	AAS	0,01	0,57	0,41	0,67
Potasio intercambiable [K _{int}]	meq/100g	AAS	0,1	0,1	0,1	0,1
Sodio intercambiable [Na _{int}]	meq/100g	ASS	0,01	0,10	0,06	0,07
Conductividad Hidráulica	cm/h	Darcy	0,01	5,30	3,73	3,16
Densidad Aparente	g/cm ³	Gravimetría	0,01	1,14	1,31	1,24
Densidad Real	g/cm ³	Gravimetría	0,01	2,59	2,54	2,56
Análisis Textural						
Arena	%		0,01	65,00	47,50	50,00
Limo	%		0,01	25,00	42,50	37,50
Arcilla	%		0,01	10,00	10,00	12,50
Clasificación Textural				Franco Arenoso	Franco	Franco
Capacidad de Intercambio Catiónico [C.I.C.] [meq/100g]				1,98	2,51	2,32
Porosidad				55,98	48,43	51,40625

L.D. = Límite de determinación



Anexo 3 *Coordenadas georrefenciadas de los puntos de las submuestras en el área de estudio*

PARCELA N° 1		
Datos	Cord. X	Cord. Y
Punto 1	668851	8826677
Punto 2	668805	8826699
Punto 3	668811	8826650
Punto 4	668763	8826671
Punto 5	668769	8826621
Punto 6	668717	8826632
Punto 7	668764	8826706

PARCELA N° 2		
Datos	Cord. X	Cord. Y
Punto 1	668739	8826754
Punto 2	668691	8826745
Punto 3	668707	8826790
Punto 4	668669	8826791
Punto 5	668673	8826828
Punto 6	668641	8826848
Punto7	668704	8826957
Punto8	668694	8826895
Punto9	668735	8826917
Punto10	668714	8826869
Punto11	668759	8826877
Punto12	668759	8826829
Punto13	668789	8826835

PARCELA N° 3		
Datos	Cord. X	Cord. Y
Punto 1	668899	8826792
Punto 2	668861	8826829
Punto 3	668860	8826773
Punto 4	668817	8826794
Punto 5	668813	8826754

Anexo 4 Tablas de valores para una interpretación de suelos de la Capacidad ee Intercambio Catiónico

		Bajo	Medio	Óptimo	Alto
pH		<5	5 – 6	6 – 7	>7
Ca	cmol/L	<4	4 – 6	6 – 15	> 15
Mg	cmol/L	<1	1 – 3	3 – 6	> 6
K	cmol/L	<0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 0.8	> 0.8
Acidez	cmol/L		0.3 – 1	< 0.3	> 1
S. A.	%		10 – 30	<10	> 30
P	mg/L	<12	12 – 20	20 – 50	> 50
Fe	mg/L	<5	5 – 10	10 – 50	> 50
Cu	mg/L	<0.5	0.5 – 1	1 – 20	> 20
Zn	mg/L	<2	2 – 3	3 – 10	> 10
Mn	mg/L	<5	5 – 10	10 – 50	> 50
B	mg/L	<0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1	> 1
S	mg/L	<12	12 – 20	20 – 50	> 50
MO	%	<2	2 – 5	5 – 10	> 10
RELACIONES CATIONICAS		Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K
		2-5	5-25	2.5-15	10-40

Fuente: Tabla de interpretación de análisis de suelo (Molina y Meléndez, 2002)