



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, 02 de noviembre 2021

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

María Alejandra Oviedo Jaime, con C.C. No. 1.077.872.435.

_____, con C.C. No. _____,

_____, con C.C. No. _____,

_____, con C.C. No. _____,

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado: María Alejandra Oviedo Jaime

Titulado: **Estudio Comparativo de las Características Físico-Químicas del Suelo de dos Coberturas Vegetales del Ecosistema de Bosque Seco Tropical en el Área de Compensación Ecológica de la Central Hidroeléctrica el Quimbo.**

presentado y aprobado en el año 2021 como requisito para optar al título de **INGENIERO AGRÍCOLA**;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: 

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____



CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 4
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Estudio Comparativo de las Características Físico-Químicas del Suelo de dos Coberturas Vegetales del Ecosistema de Bosque Seco Tropical en el Área de Compensación Ecológica de la Central Hidroeléctrica el Quimbo.

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Oviedo Jaime	María Alejandra

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Peña Quimbaya	Martha Lucia

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero Agrícola

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO: Ingeniería Agrícola

CIUDAD: Garzón

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2021

NÚMERO DE PÁGINAS: 91

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas___ Fotografías__X_ Grabaciones en discos___ Ilustraciones en general_X__ Grabados___
Láminas___ Litografías___ Mapas__X_ Música impresa___ Planos___ Retratos___ Sin ilustraciones___
Tablas o Cuadros_X_



CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 4
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

MATERIAL ANEXO:

PREMIO O DISTINCIÓN (*En caso de ser LAUREADAS o Meritoria*):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. Suelo	Soil	6. _____	_____
2. Degradación del suelo	Soil degradation	7. _____	_____
3. Restauración	Restoration	8. _____	_____
4. _____	_____	9. _____	_____
5. _____	_____	10. _____	_____

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

Estudio del estado actual de las características físico-químicas del suelo en dos coberturas vegetales (Pastizal y Arbustal como ecosistema de referencia), mediante análisis físicos y químicos de algunas características del suelo, con la finalidad de determinar y cualificar las diferentes ofertas, fragilidades del suelo y establecer prácticas de manejo para mejorar su calidad. El estudio se realizó en la parcela experimental San Francisco perteneciente actualmente al área de compensación ecológica de la hidroeléctrica el Quimbo en el municipio del Agrado del departamento del Huila, caracterizada por ser parte de las tierras explotadas históricamente por la actividad ganadera. Para la comparación de los resultados se realizó una metodología mixta basada en la interpretación de los análisis y la aplicación de la prueba estadística t-Student, donde se determinaron los siguientes parámetros en ambas coberturas: textura, compactación, pH, MO, CO, AI, CE, P, CIC, y Ca/Mg en tres puntos de cada cobertura a diferencia de nivel y en cada uno se tomaron las muestras de suelo. Los resultados muestran el impacto negativo de las practicas ganaderas que pueden generar al suelo en cuanto la compactación, invasión de pasturas, la baja calidad del suelo, la disminución de regeneración natural de especies nativas y la ausencia de planes de nutrición al suelo. Son suelos que presentan acidez, no presentan problemas de sales, pero si presentan deficiencias de CO, MO, Fosforo, Calcio y Potasio y tienen una baja CIC lo que indica la baja productividad y fertilidad en ambas coberturas.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	3 de 4
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

Study of the current state of the physical-chemical characteristics of the soil in two vegetal covers (Grassland and Shrubland as a reference ecosystem), through physical and chemical analysis of some soil characteristics, in order to determine and qualify the different offers, fragility of the soil and establish management practices to improve its quality. The study was carried out in the San Francisco experimental plot currently belonging to the ecological compensation area of the El Quimbo hydroelectric plant in the municipality of Agrado in the department of Huila, characterized by being part of the lands historically exploited by livestock activity. For the comparison of the results, a mixed methodology was performed based on the interpretation of the analyzes and the application of the statistical t-Student test, where the following parameters were determined in both covers: texture, compaction, pH, MO, CO, Al, CE, P, CIC, and Ca / Mg in three points of each cover at different levels and in each one soil samples were taken. The results show the negative impact of livestock practices that can generate the soil in terms of compaction, invasion of pastures, poor soil quality, the decrease in natural regeneration of native species and the absence of soil nutrition plans. They are soils that present acidity, do not



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	4 de 4
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

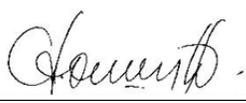
present salt problems, but do present deficiencies of CO, OM, Phosphorus, Calcium and Potassium and have a low CEC which indicates the low productivity and fertility in both covers.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado:

Firma:

Nombre Jurado: ARMANDO TORRENTE TRUJILLO

Firma: 

Nombre Jurado: JONATHAN ROMERO CUELLAR

Firma: 
JONATHAN ROMERO CUELLAR
C.C 1.075.218.964 de Neiva (Huila)

Vigilada Mineducación

Pasantía Supervisada

**Estudio Comparativo de las Características Físico-Químicas del Suelo de dos
Coberturas Vegetales del Ecosistema de Bosque Seco Tropical en el Área de Compensación
Ecológica de la Central Hidroeléctrica el Quimbo.**

Presentado por: Maria Alejandra Oviedo Jaime

Universidad Surcolombiana

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Agrícola

Dirigido por: Martha Lucia Peña Quimbaya

Ingeniero Agrícola

Msc. Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

Garzón - 2021

Universidad Surcolombiana (USCO)

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Agrícola



Estudio Comparativo de las Características Físico-Químicas del Suelo de dos Coberturas Vegetales del Ecosistema de Bosque Seco Tropical en el Área de Compensación Ecológica de la Central Hidroeléctrica el Quimbo.

Trabajo Final de Pasantía para optar por el título de Ingeniero Agrícola

Maria Alejandra Oviedo Jaime

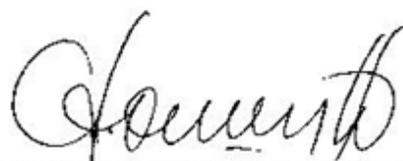
Director de Trabajo: Martha Lucia Peña Quimbaya

Ingeniero Agrícola

Msc. Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

Pasantía titulada “Estudio Comparativo de las Características Físico-Químicas del Suelo de dos Coberturas Vegetales del Ecosistema de Bosque Seco Tropical en el Área de Compensación Ecológica de la Central Hidroeléctrica el Quimbo.” Presentado por María Alejandra Oviedo Jaime, en cumplimiento de los requisitos para optar al título de Ingeniera Agrícola.

Nota de Aceptación



Firma del Jurado

ARMANDO TORRENTE TRUJILLO

Doctor en Ciencias agropecuarias



JONATHAN ROMERO CUELLAR
C.C 1.075.218.964 de Neiva (Huila)

Firma del Jurado

JHONATAN ROMERO CUELLAR

Doctor en Ingeniería del Agua y medio ambiente

Firma del Director

MARTHA LUCIA PEÑA QUIMBAYA

DEDICATORIA

Quiero principalmente dedicarle y agradecer este primer y grande logro a Dios, quien me dado la sabiduría y fortaleza de poder terminar este proceso de mi vida.

A toda mi familia, Gloria Elsa Jaime, Miguel Antonio Oviedo Parra, Jhon Jairo Oviedo Jaime y Yuly Paola Oviedo Jaime por ser el motivo de todos mis esfuerzos y darme ánimos siempre para salir adelante con todo lo que me proponga.

A mi pareja Walter José Gómez Correa, por apoyarme incondicionalmente en este proceso de mi vida, por confiar más que nadie en mis capacidades y animarme para no dejarme desfallecer por las adversidades.

A Martha Lucia Peña Quimbaya, Ingeniera Agrícola, M.Sc., profesora de la Universidad Surcolombiana, por su dirección, asesoría en el desarrollo de este proceso y más que eso por su apoyo personal, por compartir su conocimiento y por contribuir en mi formación como profesional.

Tabla de contenido

Resumen	11
Abstract	12
1. Introducción	14
2. Planteamiento del problema	16
3. Objetivos	18
3.1 Objetivo general	18
3.2 Objetivos específicos	18
4. Justificación	19
5. Marco teórico	21
5.1 Suelo	21
5.1.3 Calidad del suelo:	24
5.1.4 Indicadores de calidad del suelo	25
5.1.5 Degradación del suelo:	25
5.1.6 Desertificación:	26
5.1.7 Restauración de suelos:	27
5.1.8 Restauración ecológica:	27
5.1.9 Bosque seco tropical	27
6. Antecedentes	29
7. Metodología	38
7.1 Identificación del área de estudio	38
7.2 Localización del área estudiada	39

7.3 Descripción de las unidades de cobertura vegetal	41
7.4 Descripción de los perfiles de suelo	41
7.5 Muestreo	42
7.6 Interpretación de los parámetros de estudio	42
7.7 Prueba de compactación	43
7.8 Diferencias edáficas de las características físico-químicas entre las dos coberturas	44
8. Resultados y discusión	44
8.1 Descripción de coberturas	44
8.2 Descripción de perfiles	48
8.2.1 Perfil- PastAl-01	50
8.2.2 Perfil PastMe-02	51
8.2.3 Perfil PastBa-03	52
8.2.4 Perfil- ArbAl-04	53
8.2.5 Perfil- ArbMe-05	55
8.2.6 Perfil- ArbBa-06	56
8.3 Análisis físico-químicos de suelos.	58
8.3.1 Resultados de las propiedades del suelo evaluadas	58
8.3.2 Textura	59
8.3.3 pH.	60
8.3.4 Materia Orgánica	62
8.5 Carbono Orgánico	64

8.6 Acidez Intercambiable.....	65
8.7 Conductividad Electrica	66
8.8 Fosforo.....	66
8.9 Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	68
8.10 Relaciones Iónicas	69
8.10.1 Relación Ca/Mg.....	69
8.10.2 Relación Mg/K	69
8.10.3 Relación Ca/K	69
8.11 Prueba de compactación	70
9. Prueba estadística t-Student.....	72
10. Conclusiones	79
11. Recomendaciones.....	81
Referencias Bibliográficas	82
ANEXOS.....	86

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Coordenadas de los Suelos Estudiados</i>	40
Tabla 2. <i>Parámetros físicos y químicos con su metodología</i>	43
Tabla 3. <i>Especies Identificadas en la Cobertura - Pastizal.</i>	46
Tabla 4. <i>Especies Identificadas en la Cobertura - Arbustal.</i>	47
Tabla 5. <i>Propiedades del Suelo Evaluadas</i>	58
Tabla 6. <i>Valores Obtenidos del Parámetro de Textura en los Análisis de Suelos de cada Área (pastizal - arbustal de parte alta, media y baja).</i>	59
Tabla 7. <i>Valores de pH Obtenidos en los Análisis de Suelos de cada Área (pastizal - arbustal de parte alta, media y baja)</i>	61
Tabla 8. <i>Valores Obtenidos del Parámetro de la Materia Orgánica en los Análisis de Suelos de cada Área (pastizal - arbustal de parte alta, media y baja)</i>	63
Tabla 9. <i>Valores Obtenidos del Parámetro de Carbono Orgánico en los Análisis de Suelos de cada Área (pastizal - arbustal de parte alta, media y baja)</i>	64
Tabla 10. <i>Valores Obtenidos del Parámetro de Acidez Intercambiable en los Análisis de Suelos de cada Área (pastizal - arbustal de parte alta, media y baja)</i>	65
Tabla 11. <i>Valores Obtenidos del Parámetro de la Conductividad Eléctrica en los Análisis de Suelos de cada Área (pastizal - arbustal de parte alta, media y baja).</i>	66
Tabla 12. <i>Valores Obtenidos del Parámetro del Fosforo en los Análisis de Suelos de cada Área (pastizal - arbustal de parte alta, media y baja)</i>	67
Tabla 13. <i>Valores Obtenidos del Parámetro Capacidad de Intercambio Catiónico en los Análisis de Suelos de cada Área (pastizal - arbustal de parte alta, media y baja)</i>	68
Tabla 14. <i>Valores Obtenidos del Parámetro Relación Ca/Mg en los Análisis de Suelos de cada Área (pastizal - arbustal de parte alta, media y baja).</i>	69

Tabla 15 <i>Valores Obtenidos del Parámetro Relación Mg/K en los Análisis de Suelos de cada Área (pastizal - arbustal de parte alta, media y baja).</i>	69
Tabla 16. <i>Valores Obtenidos del Parámetro Relación Ca/K en los Análisis de Suelos de cada Área (pastizal - arbustal de parte alta, media y baja).</i>	69
Tabla 17. <i>Datos de Prueba de Resistencia a la Penetración</i>	70

Lista de ilustraciones

Ilustración 1. <i>Unidad de Cobertura Pastizal</i>	38
Ilustración 2. <i>Unidad de Cobertura Arbustal</i>	38
Ilustración 3. <i>Zona de Estudio, correspondiente a una parcela del Área de Compensación Ecológica de la Central Hidroeléctrica el Quimbo.</i>	39
Ilustración 4. <i>Fotografía Aérea del Sitio de Estudio, Parcela San Francisco</i>	40
Ilustración 5. <i>Calicata realizada en campo de 1m x 1m x 1m</i>	41
Ilustración 6. <i>Muestras de Suelo empacadas para enviar a laboratorio</i>	42
Ilustración 7. <i>Dispositivo Manual – Penetrómetro</i>	43
Ilustración 8. <i>Parcela y División de Muestreo</i>	49
Ilustración 9. <i>Calicata realizada en campo con dimensiones de 1m x 1m x 1m</i>	49
Ilustración 10. <i>Perfil Pastizal Alta.</i>	50
Ilustración 11. <i>Calicata Pastizal Intermedia</i>	51
Ilustración 12. <i>Perfil Pastizal Intermedia</i>	52
Ilustración 13. <i>Perfil Pastizal Baja</i>	53
Ilustración 14. <i>Perfil Arbustal Parte Alta.</i>	54
Ilustración 15. <i>Perfil de Arbustal Parte Media</i>	55
Ilustración 16. <i>Perfil Arbustal Parte Baja</i>	56
Ilustración 17. <i>pH del suelo, rangos de las clases de pH, y condiciones edáficas asociadas.</i> .	60

Resumen

En este proyecto de pasantía se estudió el estado actual de las características físico-químicas del suelo en dos coberturas vegetales (Pastizal y Arbustal como ecosistema de referencia), mediante análisis físicos y químicos de algunas características del suelo para evaluar su estado, con la finalidad de determinar y cualificar las diferentes ofertas, fragilidades del suelo y establecer prácticas de manejo o enmiendas para mejorar su calidad. El estudio se realizó en la parcela experimental denominada San Francisco en el municipio del Agrado del departamento del Huila, caracterizada por ser parte de las tierras explotadas por la actividad ganadera de la zona, también perteneciente al proyecto de Compensación Ecológica del Bosque Seco Tropical de la Central Hidroeléctrica el Quimbo. Para la comparación de los resultados se realizó mediante una metodología mixta basada en la interpretación de los análisis y la aplicación de la prueba estadística t-Student, donde se determinaron los siguientes parámetros en ambas coberturas: textura, compactación, pH, MO, CO, AI, CE, P, CIC, y Ca/Mg en tres puntos de cada cobertura a diferencia de nivel y en cada uno se tomaron las muestras de suelo. Según Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt - (IAvH), (2014), desde el punto de vista edáfico, el limitante principal para la existencia de bosque seco es la acidez y la baja fertilidad, además de la presencia de corazas lateríticas que impiden la penetración de las raíces, ya que muchas especies características de este tipo de bosque, como las leguminosas, tienen sistemas radiculares que profundizan en lugar de extenderse en la superficie. Los resultados muestran el impacto negativo de las prácticas ganaderas que pueden generar al suelo en cuanto la compactación, invasión de pasturas, la baja calidad del suelo, la disminución de regeneración natural de especies nativas y la ausencia de planes de nutrición al suelo. Los suelos de ambas coberturas presentaron semejanzas de condiciones en los parámetros químicos y la textura, salvo la resistencia a la penetración del suelo, ya que, que este parámetro si presento diferencias. Son suelos que no tienen problemas de acidez intercambiable, no presentan

problemas de sales, pero si presentan deficiencias de CO, MO, Fosforo, Calcio y Potasio y tienen una baja CIC.

Abstract

In this internship project, the current state of the physical-chemical characteristics of the soil in two plant covers (Grassland and Shrubland as a reference ecosystem) was studied, through physical and chemical analysis of some soil characteristics to evaluate their state, in order to determine and qualify the different offers, fragility of the soil and establish management practices or amendments to improve its quality. The study was carried out in the experimental plot called San Francisco in the municipality of Agrado in the department of Huila, characterized by being part of the lands exploited by livestock activity in the area, also belonging to the Ecological Compensation of the Tropical Dry Forest project of the El Quimbo Hydroelectric Power Plant. For the comparison study, it was carried out through a qualitative methodology based on the interpretation of the analyzes where the following parameters were determined in both covers: texture, compaction, pH, OM, CO, AI, CE, P, CIC, and Ca / Mg Soil samples were taken at three points of each coverage at different levels and in each one. According to the Alexander von Humboldt Biological Resources Research Institute - (IAvH), (2014), from the edaphic point of view, the main limitation for the existence of dry forest is acidity and low fertility, in addition to the presence of lateritic shells that prevent root penetration, since many characteristic species of this type of forest, such as legumes, have root systems that go deep rather than spread out on the surface. The results show the negative impact of livestock practices that can generate the soil in terms of compaction, invasion of pastures, poor soil quality, the decrease in natural regeneration of native species and the absence of soil nutrition plans. The soils of both covers showed similarities of conditions in chemical parameters and texture, except

for resistance to soil penetration, since this parameter did present differences. They are soils that do not have exchangeable acidity problems, they do not present salt problems, but they do present deficiencies of CO, OM, Phosphorus, Calcium and Potassium and have a low CEC.

1. Introducción

El Bosque Seco Tropical presente en el municipio del Agrado más exactamente en la zona dos del área de restauración ecológica, fue principalmente afectada por el incremento acelerado de las actividades antrópicas como la deforestación y la ganadería extensiva; lo cual, ha conllevado a la transformación de dicho ecosistema y a la reducción de la calidad del recurso “Suelo”. Para Gomez et al. (2010), el suelo proporciona una gran variedad de servicios ecosistémicos fundamentales para el bienestar de las poblaciones humanas. Los servicios además incluyen la moderación del ciclo hidrológico, el soporte físico para las plantas, la retención y oferta de nutrientes para la vegetación, el procesamiento de desechos y materia orgánica, el mantenimiento de la fertilidad edáfica, la regulación de los ciclos del agua y de nutrientes, regulación climática y hábitat para una miríada de organismos que realizan algunas de estas funciones.

El Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt - (IAvH), (2014) afirma que, el bosque seco tropical (BST) es considerado uno de los ecosistemas más Amenazados del mundo, sin embargo, es también uno de los menos estudiados. En Colombia se ha perdido más del 90% de este ecosistema, más del 60% de estas tierras deforestadas se encuentra actualmente bajo usos agrícolas o ganaderos, y lo preocupante es que más del 70% de estas tierras presenta degradación y erosión, y más del 65% desertificación. Para Mina & Palecia (2017), buena parte de la región del Alto Magdalena ha sufrido una gran transformación en sus coberturas vegetales y dicha transformación se encuentra directamente asociada a la pérdida de biodiversidad y de la provisión de servicios ecosistémicos derivados de los ecosistemas naturales, donde el ecosistema que se ha visto más afectado por este fenómeno (la degradación del suelo) ha sido el bosque seco tropical.

Los disturbios antrópicos como la deforestación, actividades productivas como la agricultura y ganadería, ocasionan una serie de alteraciones en la estructura del suelo tales como la compactación, reducción de la capacidad de infiltración del agua, la disminución de la

disponibilidad de macronutrientes para el desarrollo de las plantas entre otras, causando así la degradación o disminución de su calidad y capacidad productiva.

Según Rattan (2015), la degradación del suelo conduce a la reducción de las funciones y servicios del ecosistema de interés por el ser humano y la conservación de la naturaleza. La degradación física del suelo generalmente resulta en una reducción en los atributos estructurales, como la formación de costras, compactación, reducción de la infiltración de agua, aumento de la escorrentía superficial, viento y erosión hídrica, mayores fluctuaciones de temperatura del suelo y una mayor propensión a la desertificación. En cuanto a la degradación química del suelo se caracteriza por acidificación, salinización, agotamiento de nutrientes, reducción de la capacidad de intercambio catiónico, aumento de toxicidad de Al y Mn, deficiencia de Ca o Mg y lixiviación de otros nutrientes esenciales para las plantas.

Adicionalmente para los autores, Mora & Losada (2015), definen que la evaluación de los suelos permite apreciar sus diferencias cuantitativas y cualitativas a través de indicadores que contribuirán a elaborar planes integrales o planes de choque contra el mal uso y manejo de los suelos agrícolas. Basado en lo anterior, el propósito del presente trabajo es comparar las propiedades físico-químicas de un suelo alterado o afectado por la explotación ganadera y un suelo medianamente conservado como ecosistema de referencia, utilizando indicadores para determinar el estado actual y calidad del suelo, con proyección de proponer enmiendas para mejorar la calidad del suelo y al tiempo conservar el medio ambiente. Y finalmente, contrastar la importancia que tiene el recurso suelo como establecimiento y desarrollo de las plantas, en este caso el ecosistema Bosque Seco Tropical.

2. Planteamiento del problema

Para Gomez et al. 2010, el suelo proporciona una gran variedad de servicios ecosistémicos fundamentales para el bienestar de las poblaciones humanas. Los servicios además incluyen la moderación del ciclo hidrológico, el soporte físico para las plantas, la retención y oferta de nutrientes para la vegetación, el procesamiento de desechos y materia orgánica muerta, el mantenimiento de la fertilidad edáfica, la regulación de los ciclos del agua y de nutrientes, regulación climática y hábitat para una miríada de organismos que realizan algunas de estas funciones.

Según Sentis (2015), la degradación del suelo, está caracterizada por la disminución de la calidad y disminución de bienes y servicio del ecosistema son una limitante importante para lograr el aumento requerido en la producción agrícola. Entre los principales procesos de degradación en los suelos son la erosión acelerada, el agotamiento del carbono orgánico, pérdida de la biodiversidad, pérdida de la fertilidad del suelo, desequilibrio elemental, acidificación y salinización.

Los Bosques Secos Tropicales en Colombia según el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt - (IAvH) (2014), se encuentran en un estado crítico de fragmentación y deterioro donde más del 90 % ha sido intervenido, y más del 60 % de estas tierras están deforestadas se encuentran actualmente bajo usos agrícolas o ganaderos, y lo más preocupante es que más del 70% de estas tierras presentan degradación y erosión, y más del 65% desertificación.

El área de estudio ubicado en el plan de restauración del ecosistema de Bosque Seco Tropical de la Central Hidroeléctrica el Quimbo, presenta gran transformación de sus coberturas vegetales, y por ende, la pérdida de biodiversidad y provisión de los servicios ecosistémicos como el componente suelo. ¿Existen grandes variaciones en las propiedades físico-químicas del suelo de

un área degradada en comparación con un suelo medianamente conservado? la identificación de las diferencias encontradas en las propiedades físico-químicas del suelo de las dos áreas, nos permitirán definir el estado actual de ambos suelos, y la determinación si el área medianamente conservada (Ecosistema de Referencia) presenta condiciones generalmente óptimas, las cuales hacen que el desarrollo vegetativo sea mejor en esta área.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Comparar las características físico-químicas del suelo de dos coberturas vegetales: pastizal como área degradada y arbustal como ecosistema de referencia del Bosque Seco Tropical en el área de compensación ecológica de la Central Hidroeléctrica el Quimbo.

3.2 Objetivos específicos

- Identificar las dos áreas de estudio con las características de pastizal y arbustal de Bs-T.
- Describir la cobertura vegetal de las dos áreas seleccionadas.
- Determinar las diferencias que presentan las características físico-químicas del suelo de las dos coberturas vegetales.

4. Justificación

De acuerdo, Mina & Palecia (2017), si se desea mantener la integridad ecológica y asegurar la prestación de los servicios ecosistémicos prestados por el bosque seco tropical, la mejor opción es llevar a cabo investigaciones relacionadas con la estructura y dinámica de éstos (servicios ecosistémicos), teniendo en cuenta el contexto al que se encuentran expuestos por el incremento acelerado del desarrollo de las actividades antrópicas.

El área de bosque seco tropical, que pertenece al área de compensación ecológica de la hidroeléctrica el quimbo, más exactamente en una parcela denominada san francisco, esta zona fue afectada por la deforestación y por la explotación productiva de ganadería extensiva hace aproximadamente 6 años, actualmente esta zona se encuentra como área de restauración y conservación. Las actividades antrópicas anteriormente mencionadas han hecho que este ecosistema haya perdido el estado original vegetativo, y sus servicios ecosistémicos, en este caso el suelo. La parcela presenta dos coberturas vegetativas en el mismo terreno, de acuerdo a lo anterior, este proyecto se realiza con el objetivo de encontrar la razón de porque en un mismo terreno, con las mismas condiciones de altura, clima, se observa una gran diferencia vegetativa entre ellos, en este caso se habla de una cobertura denominada pastizal y la otra como arbustal ecosistema medianamente conservado. Para este caso se decidió realizar una comparación entre las características físico-químicas del suelo de las dos coberturas para saber el estado y las diferencias que estas presentan, ya que claramente el suelo aparte de ser el establecimiento de las plantas es el encargado de ofrecerle los nutrientes necesarios para su desarrollo fisiológico. La importancia de saber las condiciones que presenta el suelo, es conocer en realidad su estado y poder tomar decisiones para mejorar su calidad y lograr ofrecerles a las plantas mejores condiciones y por ende obtener un mejor desarrollo vegetativo. Por otro lado, mejorar la calidad del suelo, generara un rendimiento vegetativo a las plantas, progresividad y riqueza a la restauración de las especies nativas del Bosque Seco Tropical, mejora el ciclo hidrológico,

aumenta la generación de oxígeno ya que aumentara la vegetación, además ofrece un hábitat a los animales, por ende, aumenta la diversidad tanto de fauna y flora pertenecientes a este ecosistema.

El suelo es un servicio ecosistémico, que se puede presentar como un limitante para restauración ecológica del ecosistema ya que sus condiciones de degradación impiden el desarrollo natural de las plantas. Zimmerman et al. (2000), Citado en Vargas & Montenegro (2008).

El Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt - IAvH (2014), menciona, que, aunque el terreno presente las condiciones climáticas adecuadas para el crecimiento de bosque seco, este brilla por su ausencia. Es debido que probablemente los suelos que recubren los escudos graníticos son ácidos, con bajo contenido de nutrientes y poca capacidad de carga. Como ocurre en la región Caribe colombiana, presenta extensas regiones planas con un clima adecuado para el crecimiento de Bosque Seco, en vez de este predominan las sabanas naturales tachonadas de chaparrales, es decir, que presenta clima árido y matorrales espinosos xerofíticos de igual manera en los Llanos, los suelos de esta región son ácidos, de baja fertilidad y con corazas lateríticas superficiales.

5. Marco teórico

Ante el escenario de degradación ambiental en todo el mundo, surgieron planteamientos acerca de la imperiosa necesidad de emprender procesos de conservación de los ecosistemas y especies, Gurpo de Restauración Ecológica (2008) de la universidad Nacional de Colombia. Puntualmente, la importancia de restaurar y conservar el ecosistema de Bosque Seco Tropical trae consigo distintos procesos que son necesarios para llevarlo a cabo de una forma exitosa, uno de ellos es retornar el deterioro que ha sufrido los suelos de este ecosistema ya que es la base del establecimiento y desarrollo de las plantas, por ende, la sucesión natural de este. A continuación, se encuentra la terminología necesaria para este proyecto.

5.1 Suelo: en este texto, lo define como un cuerpo natural que comprende a sólidos (minerales y materia orgánica), líquidos y gases que ocurren en la superficie de las tierras, que ocupa un espacio y que se caracteriza por uno o ambos de los siguientes: horizontes o capas que se distinguen del material inicial como resultado de adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia o por la habilidad de soportar plantas en un ambiente natural Taxonomía de Suelos Soil Survey Staff (2014).

El suelo, es un ente natural organizado e independiente, con constituyentes, propiedades y génesis que son el resultado de la actuación de una serie de factores activos (clima, organismos vivos) que actúan sobre los factores pasivos (la roca madre y el relieve), independientemente del tiempo transcurrido. Gardi, Angelini, Barceló, Comerna, Cruz, Encina, Jones, Kraslinikar, Mendosa, Montanarella, Muñiz, Schad, Vara, y Vargas (2014).

El suelo es un recurso natural finito y no renovable que presta diversos servicios ecosistémicos o ambientales, entre ellos y a manera de ejemplo, el relacionado con su participación en los ciclos biogeoquímicos de elementos clave para la vida como carbono,

nitrógeno, fósforo, etc., que continuamente y por efecto de la energía disponible, pasan de los sistemas vivos a los componentes no vivos del planeta. Orjuela (2016).

5.2 Parámetros físicos y químicos del suelo: los parámetros biológicos, físicos y químicos son utilizados como indicadores para evaluar los cambios producidos por los sistemas de manejo Toresani et al. (2009).

5.3 Textura: La textura del suelo se refiere a la distribución de las partículas minerales de arena, limo y arcilla en el suelo. Es uno de los más estables atributos del suelo pudiendo solo ser modificados ligeramente por cultivación y otras prácticas que causan la mezcla de las diferentes capas del suelo USDA (2001). El tipo de textura tiene relación con las propiedades hídricas y la fertilidad del suelo. Los más arenosos son más permeables que los más arcillosos, que retienen mejor el agua.

5.4 Compactación: la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO, (2016) define la compactación como el incremento en densidad y disminución de macro-porosidad en el suelo que perjudica las funciones del mismo e impide la penetración de las raíces y el agua y el intercambio gaseoso.

5.5 pH: es una medida de la acidez o alcalinidad de un suelo, y afecta la disponibilidad de los nutrientes, la actividad de microorganismos, y la solubilidad de minerales del suelo. Comúnmente, valores de pH entre 6.0 y 7.5 son óptimos para el crecimiento de la mayoría de los cultivos USDA (2001).

El autor Toledo (2016) reafirma, que el pH es un importante índice para diagnóstico del estado de disponibilidad de los nutrientes para las plantas. Aunque las especies de plantas cultivadas tienen ciertas diferencias en cuanto al pH en que se desarrollan mejor, se acepta que,

en general, habrá mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas a pH del suelo entre 6.0 y 7.0.

5.6 Materia orgánica: Según Lizcano et al. (2017), la materia orgánica es uno de los factores más importantes del suelo, puesto que regula sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Esta tiene numerosas funciones y efectos benéficos en el suelo: contribuye a la productividad del suelo, actúa como depósito de nutrientes, aumenta la capacidad de intercambio de cationes, reduce los efectos de la compactación, contribuye a mejorar la estructura del suelo y aumenta la tasa de infiltración de agua. El conocimiento de la materia orgánica es un factor clave para el mejoramiento de la fertilidad del suelo y el mantenimiento de su productividad.

5.7 Carbono orgánico: Martínez, Puentes, & Acevedo (2008), afirma que el COS se vincula con la cantidad y disponibilidad de nutrientes del suelo, al aportar elementos como el N cuyo aporte mineral es normalmente deficitario. Además, al modificar la acidez y la alcalinidad hacia valores cercanos a la neutralidad, el COS aumenta la solubilidad de varios nutrientes, se encuentra asociado a la materia orgánica del suelo proporciona coloides de alta capacidad de intercambio catiónico.

5.8 Acidez intercambiable: La Acidez Intercambiable se refiere a la cantidad de iones de H^+ intercambiables por fracciones de Materia Orgánica en suelo y determina “la cantidad” de Dolomita o Mejoradores necesarios a aplicar para combatir el pH CASEMAG (2007).

5.9 Conductividad eléctrica: La salinidad del suelo (conjunto de todas sales solubles) se determina mediante la conductividad eléctrica de una solución de suelo (agua+suelo) o en extracto de saturación a temperatura determinada. La solución del suelo contiene siempre sales solubles en mayor o menor proporción, pero si la cantidad de estas aumenta y alcanzan un límite, la vegetación no puede subsistir Andrades & Martínez (2014).

5.10 Fosforo: El fósforo (P) es uno de los elementos más importantes en los suelos. Su deficiencia constituye uno de los limitantes principales en la producción de cosechas y está asociada con bajas reservas en los suelos, alta estabilidad y una fuente de retención de fósforo por la fase sólida del suelo, a través de diferentes mecanismos quedando fuera de la acción de absorción por las raíces (Campos Segura , 2013).

5.11 Capacidad de intercambio catiónico: Los autores Espinoza , Slaton , & Mozaffari, definen que la capacidad de intercambio catiónico (CIC) se refiere a la habilidad de las partículas de suelo que tienen carga negativa para atraer y retener cargas positivas de iones calcio (Ca^{++}), magnesio (Mg^{++}), potasio (K^+), sodio (Na^+), amonio (NH_4^+), aluminio (Al^{+++}) y hidrógeno (H^+). Estos cationes absorbidos son considerados disponibles para su aprovechamiento. Los rasgos más significativos de la CIC de un suelo, es ser almacén temporal para grandes cantidades de nutrientes disponibles tales como el calcio, magnesio y potasio.

5.12 Relaciones iónicas: para Campos (2013), las relaciones son un indicador del balance de nutrientes, dado que para que las plantas tengan una nutrición adecuada y puedan expresar plenamente su potencial de producción, es necesario que todos los elementos se encuentren no solamente en cantidades suficientes si no en proporciones adecuadas dado que el exceso o déficit de un nutriente puede limitar la movilidad y absorción de otros.

5.13 Calidad del suelo: Para Astier, Mass, & Etchevers (2002) un suelo fértil debe definirse como aquél que conserva las propiedades físicas, químicas y biológicas deseables mientras que abastece adecuadamente de agua y nutrientes y provee sostén mecánico para las plantas.

Mientras que desde una perspectiva ecológica, este concepto refleja la capacidad específica que tiene un suelo para funcionar dentro de los límites del ecosistema, para sostener o mejorar la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del aire y del agua, y sostener la salud humana y el hábitat USDA (2001).

La calidad del suelo es dinámica y puede cambiar en el corto plazo, de acuerdo con el uso y prácticas de manejo, y para conservarla es necesario implementar prácticas sustentables en el tiempo. Navarrete, Vela, López, & Rodríguez (2011).

5.14 Indicadores de calidad del suelo: Un indicador de calidad de suelos se concibe como una herramienta de medición que debe dar información sobre las propiedades, procesos y características para dar seguimiento a los efectos del manejo sobre el funcionamiento del suelo en un periodo dado (Astier et al., 2002). La evaluación de la calidad del suelo permite entender y revertir el deterioro en dicha funcionalidad ecosistémica, como sucede con: la pérdida de suelos por erosión, depositación de sedimento por viento e inundaciones, reducción de la infiltración, compactación de la capa superficial, pérdida de nutrimentos, efecto de la presencia de pesticidas, cambios en el pH, aumento de la solubilidad de metales pesados, pérdida de materia orgánica, reducción de la actividad biológica, infestación de organismos patógenos y reducción de la calidad de agua. (Navarrete, et al., 2011).

5.15 Degradación del suelo: Las interacciones del hombre con la tierra han creado desequilibrios en los ecosistemas, siendo la degradación de suelos y agua principal causa de los problemas biofísicos y socioeconómicos que se generan. Así como también las consecuencias de la degradación acelerada de suelos son de similar trascendencia que las de calentamiento global y pérdida de biodiversidad Pla Sentis (2015).

Para el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) (2010), la degradación de suelo es “La reducción o pérdida de la productividad y diversidad biológica o económica de las tierras de cultivo, las praderas, los pastizales y los bosques, con disminución de su capacidad para mantener ya sea la vegetación natural, como así

también los cultivos hechos por el hombre, es decir reduciendo la capacidad del suelo para sostener un uso determinado”.

La degradación del suelo genera el agotamiento de la fertilidad ya que implican no solo una disminución en la disponibilidad de nutrientes y MO, sino también la alteración de los procesos biológicos, aspectos que inciden directamente sobre las otras causas de degradación como la erosión y la pérdida de la capacidad de retención de agua, Romero (2014).

La degradación del suelo implica una disminución en la calidad del suelo [8] con una reducción concomitante en el ecosistema funciones y servicios. Conceptualmente, hay cuatro tipos de degradación del suelo: (i) física; (ii) químico; (iii) biológico; y (iv) ecológico, Rattan (2015).

5.16 Desertificación: La Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y la Sequía (CLD o UNCCD) define desertificación como “la degradación de las tierras en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas resultantes de diversos factores, que incluyen variaciones climáticas y actividades humanas”, Instituto Geografico Agustin Codazzi (IGAC), Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) (2010).

La desertificación es un problema ambiental grave, que afecta fundamentalmente al suelo, ya que supone la degradación de este recurso natural tan importante, viéndose mermada su capacidad productiva y su valor como soporte de vegetación natural diversa y evolucionada. Los suelos que pueden ser desertificados en muchos casos están predispuestos a ello, ya sea por razones naturales o por actuaciones antrópicas: aridez climática y edáfica, erosión, destrucción de la vegetación, Mongil & Martinez (2008).

La desertificación es un proceso que significa degradación de los suelos de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, motivada por diversos factores, tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas, Mongil & Martinez (2008).

5.17 Restauración de suelos: La reducción general de la calidad del suelo, causado por factores tanto natural como factores antropogénicos, tiene fuertes retroalimentaciones que conducen a una disminución en los servicios del ecosistema y reducción en la conservación de la naturaleza, por ende; la importancia de la restauración de los suelos para contrarrestar estas afectaciones negativas que puede generar la degradación del ecosistema. La restauración se basa en Uso de enmiendas orgánicas, por reciclaje orgánico los subproductos, incluidos los residuos urbanos, son una estrategia útil para mejorar la fertilidad del suelo. Rattan Lal (2015).

5.18 Restauración ecológica: Cuando los ecosistemas están muy degradados o destruidos, han perdido sus mecanismos de regeneración y en consecuencia, es necesario ayudarles o asistirlos en su recuperación, a estas acciones se las denomina restauración activa o asistida (sucesión Dirigida o asistida). Ésta implica, que, con ayuda humana, se asista o ayude al ecosistema para garantizar el desarrollo de los procesos de recuperación y superar los tensionantes que impiden la regeneración, Gurpo de Restauración Ecológica GRENUAL (2012).

La restauración ecológica plantea que la reposición de los valores, bienes y servicios se pueden alcanzar analizando los problemas de manera sistémica y manejando los procesos que inciden actualmente en el sistema ecológico para orientar la dinámica hacia un proceso direccionado. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (2015).

La restauración ecológica, se define como el esfuerzo práctico por recuperar de forma asistida las dinámicas naturales tendientes a restablecer algunas trayectorias posibles de los ecosistemas históricos o nativos de una región Gurpo de Restauración Ecológica, Universidad Nacional de Colombia , (2008).

5.19 Bosque seco tropical: De acuerdo con el sistema de clasificación de zonas de vida Holdridge, los bosques secos tropicales y subtropicales se encuentran en áreas donde la temperatura anual es mayor a 17°C, y la evapotranspiración supera a la precipitación, la cual está

entre 250 y 2000 mm por año Pizarro (como se citó en Holdridge 1967, Murphy y Lugo 1986). El bosque seco tropical (BST), originalmente uno de los más extensos en nuestro país, ya que cubría gran parte de los valles geográficos de los ríos Cauca y Magdalena, la Costa Caribe, y los Llanos Orientales; hoy a punto de desaparecer. Toda esta información indica que los bosques secos de Colombia se encuentran en un estado crítico de fragmentación y deterioro, y por ende su biodiversidad corre peligro inminente de desaparecer Pizano & García (2014).

Por otra parte, La estacionalidad en este ecosistema, ha sido el resultado de una serie de adaptaciones morfológicas, fisiológicas y de comportamientos en especies animales, vegetales y microbianas que en éste habitan; por tal razón, el bosque seco tropical sostiene una gran biodiversidad de especies; las cuales, se han adaptado a condiciones extremas (estrés hídrico) presentando altos niveles de endemismo; es decir, que contiene especies que no se dan en ningún otro tipo de ecosistema. Asimismo, la combinación de dicha estacionalidad y la actividad de los organismos que lo habitan, determinan los procesos y servicios ecosistémicos que la biodiversidad brinda a la humanidad Pizano & García (2014).

6. Antecedentes

El recurso suelo es uno de los elementos eco-sistémicos más importantes para el desarrollo y evolución de las plantas ya que es el medio donde naturalmente germinan las semillas y proveen los nutrientes necesarios para su establecimiento, de acuerdo al estado del suelo, sus condiciones físico-químicas y biológicas podemos concluir la riqueza o grado de deterioro que puede presentar un ecosistema. Los impactos que se generan en un ecosistema como la deforestación y posteriormente la agricultura-ganadería puede de forma negativa generar grandes cambios en las propiedades del suelo y por ende el deterioro del ecosistema como se puede afirmar con las siguientes investigaciones, relacionadas con las variaciones que se pueden encontrar en las propiedades del suelo gracias a factores abióticos que afectan el medio ambiente y como después de evaluar el suelo se puede llegar a enmendar.

Jesen, Schjonning ,Watts, Christensen,Obour & Munkholm (2020), Realizaron una investigación en un suelo que presentaba una combinación de escenarios concurrentes de degradación y restauración con tratamientos contrastantes en condiciones de estado estable, textura del suelo y clima similares en Highfield en Rothamsted Research con el objetivo principal de cuantificar las tasas de cambio en las fracciones de materia orgánica (MO) y la estabilidad estructural del suelo (SSS) en estos escenarios ya que resultaba ser beneficioso para restaurar suelos degradados e identificar el manejo sostenible de suelos con SSS adecuado. Su método de estudio consistió en utilizar pastizales permanentes como tratamientos de referencia y utilizar áreas con parcelas de 10mx6m dentro de diferentes tratamientos, los cuales se combinaron para hacer las comparaciones de los resultados obtenidos de cada conversión. Para este estudio se seleccionaron tres tratamientos de conversión para el experimento herbáceo en pasto: Arable (A) convertido en pastos (G), Pasto (G) convertido en barbecho desnudo (BF), pasto convertido e cultivable (GA) y barbecho desnudo a pasto (BFG) en algunos de estos tratamientos se sembraron especies acorde al escenario correspondiente y se fertilizaron para

llevar a cabo en poco tiempo la conversión. Después de seis años realizaron un muestreo de suelo para saber su evolución al haber sido sometidos a cambios de degradación y restauración, donde realizaron tanto pruebas físicas y químicas en las muestras para identificar los cambios en el contenido de MOS debido a la gestión, afectan a SSS de manera diferente en diferentes escalas espaciales. Por consiguiente, se pudo concluir que a microescala, las interacciones minerales-MOS extremadamente estables son responsables de SSS, la pérdida de carbono orgánico del suelo COS en escenarios de degradación fue mayor que la ganancia en COS en los escenarios de restauración correspondientes, a macroescala, era más rápido ganar que perder la estabilidad estructural del suelo, el manejo del suelo afectó a SSS a macroescala más allá de lo que se revela al medir los cambios en las fracciones de MO y a microescala, la SSS parecía depender únicamente del contenido de COS independientemente del manejo del suelo. Finalmente, esta investigación permitió con el objetivo principal que era cuantificar la tasa de cambio en la estabilidad estructural del suelo y las fracciones de MOS.

Los suelos afectados por el accidente de la mina de Aznalcóllar, Sevilla (España) en 1998 fueron remediados una semana después de su afectación para disminuir la contaminación generada principalmente por As, Cu, Pb y Zn. A partir de este acontecimiento surgió una investigación acerca de evaluar la recuperación de los suelos, especialmente los que se sometieron a medidas de remediación mediante retirada del lodo, adicción de enmiendas orgánicas como carbono orgánico (CO), espuma azucarera (CaCO_3), e inorgánicas como arcilla y óxidos de Fe y Mn. El cual su metodología consistió en realizar un muestreo de suelos en tres perfiles: suelo contaminado (SC), suelo remediado (SR) y suelo no contaminado (SNC) en el sector 'Puente de las Doblas', 10 años después de ocurrido el accidente. Donde se determinaron las propiedades físico-químicas del suelo y se realizaron bioensayos con la bacteria *Vibrio fischeri* y *Lactuca sativa* (lechuga), para valorar la toxicidad generada por dichos metales. Finalmente, el estudio concluyó que Con la aplicación de enmiendas orgánicas (CO) se redujeron

las concentraciones de CuT, ZnT, AsT, PbW, ZnE y PbE, y con las inorgánicas (CaCO₃, Fe y Mn) se redujeron las de CuT, ZnT, AsT, metales solubles, CuE, ZnE y AsE; no obstante la espuma azucarera (CaCO₃) no disminuyó las concentraciones de CuW y ZnW hasta los valores críticos de toxicidad. Lo que indico que el SR presentó propiedades similares a las del SNC, pero con una mayor concentración de metales totales que no superan el nivel crítico para parques naturales y zonas forestales. Sarria, Cortes, & Martin (2015).

Ibañez, (2009) citado en Núñez (2013), afirma que las costras microbióticas son extremadamente útiles, ya que contribuyen con la protección del suelo, de la degradación Física asociada a la erosión. La Ecología Microbiana ha dado importantes aportes a los estudios en edafología, basándose en los principios ecológicos generales, con el fin de indicar el papel de los microorganismos en la evolución y estado del suelo. Considerado lo anterior, A través de una investigación que habla acerca de los efectos de la costra microbiótica en algunas propiedades del suelo en el sur de la quebrada Los Barrancos, Valle de Quíbor - Venezuela, donde su objetivo principal fue identificar las variaciones en el comportamiento de algunas propiedades edáficas al comparar muestras del suelo con y sin costra. Su método de estudio se basó en tres etapas denominadas: la primera trabajo campo donde se realizó la recolección de las muestras de suelo; la segunda fase, laboratorio en la cual se determinaron las propiedades del suelo: *a*) física como el %humedad; *b*) químicas como la salinidad, pH, Conductividad Eléctrica (C.E) y Carbono Orgánico (CO), y *c*) bioquímicas, entre ellas la Materia Orgánica (MO) y Dióxido de carbono (CO₂) y finalmente la tercera fase, *análisis estadístico*, se empleó la prueba *t*, a fin de identificar variaciones significativas entre ambos grupos muestrales. Realizadas las etapas de estudio se concluyó que la existencia de las costras microbiótica en la superficie del suelo, contribuye a mejorar la calidad del suelo, toda vez que favorece el incremento de algunas propiedades químicas y bioquímicas del suelo lo cual específicamente aumento la actividad metabólica, el

CO y la MO. En cuanto al pH, C.E, salinidad y %H no se registraron variaciones significativas, Núñez (2013).

Los suelos en Europa, como en muchas partes del mundo, se degradan por actividades humanas como la agricultura, la industria, el desarrollo urbanístico, las actividades extractivas y el turismo las cuales generan muchas veces un impacto ambiental negativo. En Cataluña, la caliza es uno de los recursos más explotados y la fabricación de cemento y áridos constituyen los sectores industriales principales de consumo, actualmente en expansión. La legislación minera obliga que todas las actividades extractivas realicen trabajos de restauración con el fin de devolver al entorno aquellos terrenos afectados por estas actividades, Marando (2012).

Comprobó que la aplicabilidad de lodos de depuradora que han sido sometidos a secado térmico, como fuente de materia orgánica y nutrientes para sustratos minerales de restauración (residuos de extracción y trituración) de áreas dedicadas a actividades extractivas de piedra caliza a ciclo abierto en Cataluña esta investigación tiene como finalidad estudiar los cambios, durante el proceso de restauración, en la materia orgánica, la biomasa microbiana y la actividad biológica de los suelos degradados. Para este estudio se utilizaron parámetros bioquímicos como índices de calidad del suelo o indicadores del éxito de la restauración, los valores obtenidos de los indicadores se compararon con los valores obtenidos de suelos naturales, los parámetros estudiados fueron: carbono orgánico(CO), C- biomasa microbiana (CBM), carbohidratos totales (CHT), carbohidratos extraíbles (CHE), respiración basal(RB), y actividades enzimáticas B-glucosidasa (GLU)y B-galactosidasa (GAL). Por consiguiente los suelos naturales mostraron valores muy variables pero están generalmente dentro del rango de valores previamente publicados para suelo nativo bajo condiciones mediterráneas. Además se evaluó el efecto de tres lodos sometidos a secado térmico sobre CHT, CHE, Carbono orgánico extraíble (COE),CBM,RB,GLU y GAL y sobre las características de dos tipos de suelos residuales (de extracción y trituración) y compararon con tres lodos compostados. Para esta parte se realizó un

ensayo en lisímetros que fueron llenados con las mezclas de lodo-suelo residual y con los controles, los muestreos se hicieron inmediatamente después de la preparación de mezclas y luego de dejarlos en campo 13 meses. De acuerdo a lo realizado se concluyó que la adición de lodo mejoro claramente las propiedades físico-químicas y biológicas de los suelos residuales y el efecto del lodo fue mayor que el de tipo de suelo residual. Por último se evaluó la efectividad del proceso de restauración comparando los valores de los parámetros de los suelos restaurados con los de suelos naturales el cual resulto que los suelos restaurados, donde los indicadores biológicos evaluados permitieron asimilar los suelos restaurados a los suelos naturales con características climáticas y litológicas similares, es decir suelos carbonatados con un contenido de MO menor a 3% y con Ph superiores a 8 correspondientes a zonas más áridas, los suelos restaurados no mostraron correlación significativa entre las actividades enzimáticas y la materia orgánica.

Mongil & Martínez (2008), han elaborado una metodología para dimensionar el microembalse o alcorque de la preparación del suelo en la restauración de la vegetación y en la conservación de suelos. La metodología propuesta en la investigación, denominada FO-REST (acrónimo de RESTauración FOrestal), compone una serie de criterios que orientan al técnico sobre la capacidad que debe tener el microembalse. Criterios edáficos como capacidad de retención del agua disponible, porosidad y la infiltración con el propósito de preparar el suelo para la restauración de la vegetación en la conservación de suelos.

A causa de distintas intervenciones de origen antrópico el Bosque Seco Tropical se encuentra en un alto peligro de extinción, por ende; es preocupante ya que este ofrece múltiples servicios ambientales y es importante su recuperación Hernández, Herrera & Granadillo (2016). Para esto la Universidad de Paula Santander Ocaña (UFPSO) propone establecer coberturas vegetales en los suelos degradados en efecto de borde remante del Bs-T de la UFPO permitiendo a mediano y

a largo plazo su rehabilitación y restauración ecológica de la misma. Se estableció un área de trabajo de 49m² donde identifico procesos de erosión, toma de muestras de suelo para los análisis físico-químicos y se posteriormente se procedió a la adecuación del terreno con sistema hidráulico, labranza, homogenización, fertilización a partir de los requerimientos del suelo y riego con el fin de establecer 3 especies seleccionadas. Finalmente se logró establecer en la totalidad del área de estudio las 3 especies seleccionadas que en combinación con 16 especies que germinaron en el lugar en forma imprevista, lograron recuperar la cobertura vegetal del terreno, deteniendo así los procesos erosivos. Cabe resaltar que la metodología utilizada para el establecimiento de las especies produjo que su crecimiento aumentara considerablemente.

En el departamento Tercero Arriba, de la provincia de Córdoba se caracterizó el estado de degradación/recuperación del suelo en sistemas agrícolas con siembra directa y labranza convencional, mediante la determinación del grado de resiliencia de los procesos de humificación y nitrificación, con la finalidad de establecer prácticas de manejo acordes a las condiciones agroecológicas de la región semiárida Central de Argentina. Zona caracterizada por ser el núcleo histórico de la producción de maní (*Arachis hypogaea* L.), donde evaluaron las siguientes situaciones agrícolas: tres bajo siembra directa (5 años) con diferentes secuencia de cultivos (con monocultivo de soja, y con las rotaciones soja/sorgo y sorgo/soja) y dos bajo labranza convencional (rotación soja/sorgo/maní y soja/maní/sorgo). Además, analizaron un sitio en restauración mediante clausura y un sitio con vegetación nativa (control). En cada situación se tomaron muestras superficiales, donde se determinaron los parámetros: humedad, pH, conductibilidad eléctrica, textura y fraccionamiento por tamaño de partículas. Para evaluar el proceso de humificación se determinó: materia orgánica total, sustancias húmicas y ácidos fúlvicos. Para el proceso de nitrificación: contenido de nitratos, abundancia de microorganismos nitrificadores y actividad nitrificadora. Finalmente, los resultados obtenidos muestran un impacto negativo de las prácticas agrícolas sobre el contenido de materia orgánica y las fracciones recalcitrantes de la misma en relación al sitio control. Los ácidos fúlvicos se presentan como la fracción más sensible al manejo agronómico. Las prácticas agrícolas afectaron

negativamente la actividad nitrificadora pero no la abundancia de los microorganismos nitrificadores. El análisis de la resiliencia del proceso de nitrificación y humificación indica escaso efecto de la siembra directa en el corto plazo desde la labranza convencional. Asimismo, la práctica de clausura permite visualizar la pobre capacidad intrínseca de los suelos de la región para recuperar su fertilidad. Con este criterio, el manejo agrícola actual en la región semiárida central de la provincia de Córdoba tiene una baja probabilidad de mejorar la resiliencia de los procesos de humificación y nitrificación frente al uso intensivo de los suelos, Romero (2014).

En la actualidad conocer el estado de las propiedades físico-químicas del suelo resulta ser de gran importancia no solo porque es el medio donde se provee muchos de los alimentos para los seres vivos si no porque su mal uso y manejo pueden causar la disminución de su rendimiento y calidad a tal consecuencia hasta su desertificación, para ello es debido comenzar a implementar esta cultura en los agricultores ya que la información detallada del medio donde producimos es útil tanto para mejorar los manejos de este recurso como también sacarle mayor provecho sin tener que destruirlo si no aportándole beneficios y poder trabajar más por una agricultura de precisión y sostenible al tiempo. Estudiantes de la Universidad Surcolombiana, Rivera & Cortes (2016) en el estudio de caracterización y evaluación de la fertilidad actual de los suelos de la granja experimental de la Universidad Surcolombiana realizaron la medición, diagnóstico y evaluación de las características hidrofísicas y químicas del suelo en la granja experimental de la sede con el propósito de determinar el estado actual de la fertilidad del suelo y los factores que limitan la producción agrícola en la granja. La granja cuenta con un área aproximadamente de 30 hectáreas ellos dividieron en lotes de acuerdo a la actividad agrícola que se realiza en cada área, 16 has utilizadas para el cultivo de arroz y maíz con riego por gravedad se dividió en 3 lotes (A,B,C), 3 has en mango, 0,5 has en moringa, 0,5 en cítricos y 1,4 has destinadas al macro proyecto de repoblamiento de peces en el río Magdalena. Dispusieron 17 muestras de suelo tomadas en campo de forma aleatoria en la zona e implementaron la metodología del IGAC, los

parámetros que se evaluaron fueron datos asociados con la fertilidad como: Textura, densidad aparente, densidad real, materia orgánica, Fosforo, capacidad de intercambio catiónico, bases totales, conductividad eléctrica y la relación C/Mg. Finalmente realizaron un análisis estadístico con pruebas ANOVA para observar las interacciones y diferencias en los parámetros físicos y químicos de acuerdo con los lotes donde con los datos obtenidos se pudo concluir que de los parámetros químicos solo uno de los siete parámetros analizados resulto con diferencias significativas estadísticamente, en cuanto a los parámetros físicos se encontraron diferencias significativas entre capacidad de campo vs lotes y punto de marchitez vs lotes, también se dedujo que el suelo presenta problemas de compactación, baja porosidad, bajo contenido de materia orgánica y la sodificación del suelo supera el 57% del área cultivada y continua avanzando a lo largo del terreno. Gracias a esta información se tomarán nuevas medidas de manejo y conservación en la producción agrícola de la granja experimental.

El uso intensivo de los recursos naturales ha desencadenado el deterioro de los mismos por el afán de producir más, sin contemplar las consecuencias que pueden llegar a generar estos cambios en los ecosistemas. Basados en esta problemática se realizó una investigación donde se propuso evaluar las propiedades hidrofísicas del suelo bajo diferentes condiciones de manejo y conservación en cuatro unidades de suelo en el municipio de Aipe del departamento del Huila. La importancia de su estudio radica en verificar el estado de las propiedades hidrofísicas de los suelos y evaluar las consecuencias del manejo en la producción agrícola, información que serviría para realizar planes de mejoramiento, monitoreo y seguimiento esta área de estudio. Las áreas de estudio propuestas por la investigación fueron; un suelo con historial de uso intensivo de prácticas agrícolas tradicionales, suelo con algunas prácticas de manejo y conservación, suelo con intervención reciente en cultivo intensivo de arroz y finalmente un suelo con bosque nativo como referencia a las otras áreas de investigación. El área de estudio se realizó en el municipio de Aipe - Huila, específicamente en la vereda la Manga y las parcelas de San Cayetano, donde

las muestras de suelo de cada escenario se tomaron de una cajuela 40cm x 40cm x 40cm la cual se utilizó principalmente para la descripción de los horizontes de cada perfil además elaboraron una caracterización biofísica y socioeconómica de la zona de estudio. Una vez obtenidos los datos de campo y laboratorio se interpretaron para ser edafológicamente comparados entre sí, para obtener las propiedades y procesos que indicaran las diferencias en la calidad del suelo. Luego de someter los datos a análisis estadístico concluyeron que los parámetros adecuados para la evaluación de la calidad del suelo en los cuatro escenarios seleccionados fueron la densidad aparente, infiltración, materia orgánica y la estructura. Finalmente calificaron cada escenario de mejor a menor calidad de suelo; el área con algunas actividades de manejo y conservación obtuvo el mayor porcentaje de calidad de suelo (41,07%), seguido por el suelo con intervención reciente en cultivo intensivo de arroz con (30,27%), seguido por el bosque nativo de galería con (15,06%) y por último suelo con actividad de prácticas agrícolas tradicionales (13,58%) resulto con el menor porcentaje en calidad del suelo, Mora & Losada (2015).

7. Metodología

Se realizó una metodología mixta, basada en la interpretación de los resultados arrojados por los análisis en cada suelo y la aplicación de la prueba t-Student, para determinar las diferencias que presentan los parámetros físico-químicos de ambas coberturas.

7.1 Identificación del área de estudio

Se realizó visitas de campo (ilustraciones 1-2) en la fase de reconocimiento visual de algunas áreas pertenecientes al área de compensación ecológica, que presentara las características de las unidades de coberturas que permitieran realizar la comparación objetiva del proyecto, consecuente a esto la parcela experimental seleccionada es denominada San Francisco.



Ilustración 1. *Unidad de Cobertura Pastizal*

Nota: Fotografía tomada por el autor (2021)



Ilustración 2. *Unidad de Cobertura Arbustal*

Nota: Fotografía tomada por el autor (2021)

7.2 Localización del área estudiada

El área experimental denominada parcela San Francisco, se encuentra ubicada a 780 m.s.n.m. en zona aluvial dentro del área de compensación ecológica en la jurisdicción del municipio del Agrado en el departamento del Huila, Guauque (2016). La zona es de clima cálido-seco debido a que el área presenta temperaturas entre 18 a 24 grados centígrados, La precipitación se enmarca entre 1000 a 2000 milímetros de precipitación, dando un ambiente de humedad Seco.

La siguiente imagen muestra la ubicación general de estos suelos los cuales se diferencian así: zona de cobertura-pastizal como suelo alterado por la explotación ganadera, deforestación y zona de cobertura arbustal como suelo de ecosistema de referencia de Bosque Seco Tropical.

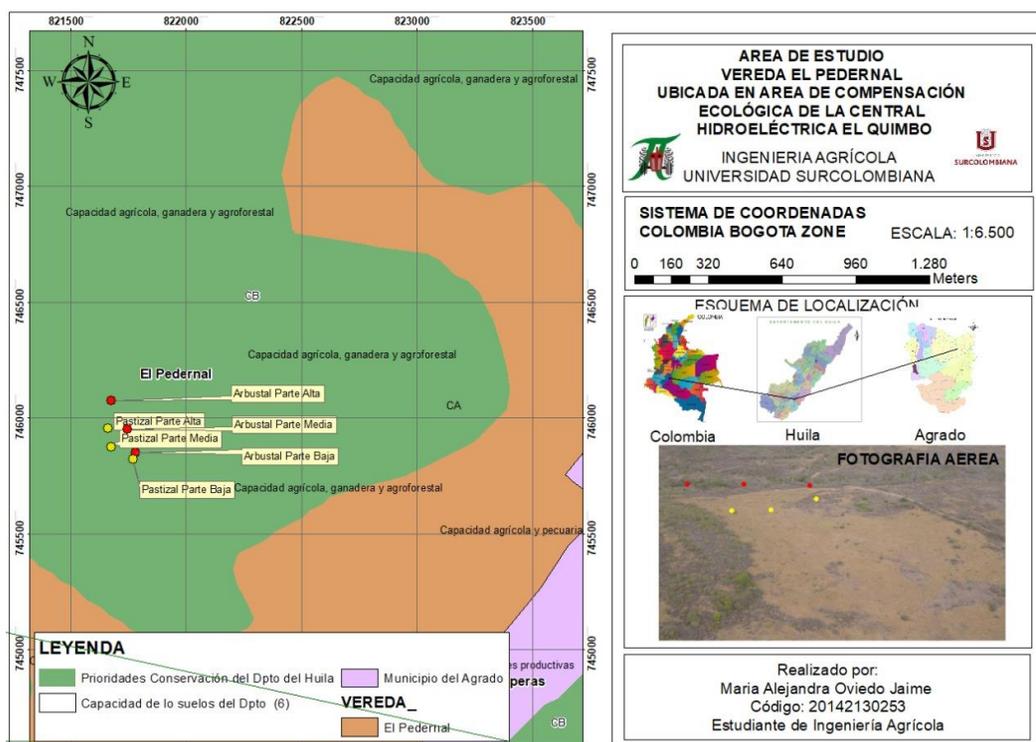


Ilustración 3. Zona de Estudio, correspondiente a una parcela del Área de Compensación Ecológica de la Central Hidroeléctrica el Quimbo.

Nota: Mapa realizado por el autor (2021)

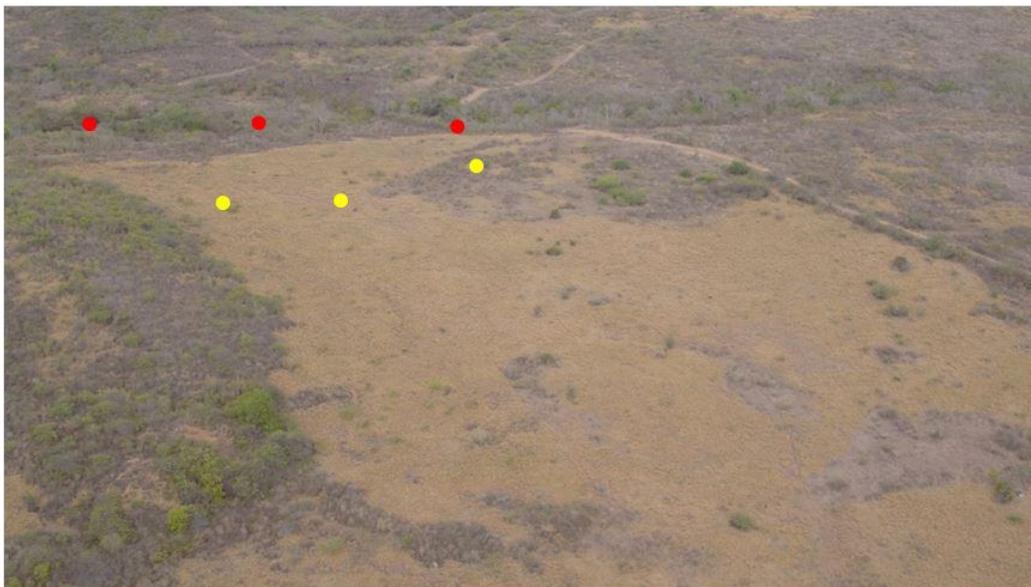


Ilustración 4. *Fotografía Aérea del Sitio de Estudio, Parcela San Francisco*

Nota: Fotografía tomada por el autor (2021)

La imagen anterior representa los tres puntos de muestreo que se realizaron en cada unidad de cobertura vegetal de la Parcela san Francisco. La ubicación de los suelos estudiados se muestra en la siguiente tabla y sus coordenadas en el sistema MAGNA-SIRGAS tipo plana.

Tabla 1. *Coordenadas de los Suelos Estudiados*

Suelo	Sitio	Coordenadas		Elevación (msnm)
		X	Y	
1	Pastizal parte alta	821745	748065	780
2	Pastizal parte media	821764	745838	780
3	Pastizal parte baja	821696	746088	780
4	Arbustal Parte alta	821650	745962	788
5	Arbustal parte media	821696	745887	780
6	Arbustal parte baja	811764	745838	780

Fuente: Autor (2021)

7.3 Descripción de las unidades de cobertura vegetal

Se recorrió las dos coberturas y se realizó una breve identificación de especies que contenía cada una, teniendo en cuenta material base para realizarlo, como guías con las especies identificadas en el plan piloto de restauración ecología del bosque seco tropical de la hidroeléctrica el Quimbo y que en su momento ya sumaban a 83 especies identificadas, la clase de manejo que tuvo antes de ser parte del área de compensación y las condiciones actuales del lugar.

7.4 Descripción de los perfiles de suelo

Para la descripción del perfil de suelo consistió en excavar una calicata y resaltar la variabilidad de los horizontes de suelo para obtener una información más detallada. Las características descritas del perfil de suelo con observaciones organolépticas fueron las siguientes:

- *Profundidad y espesor del suelo por horizontes*
- *Color del suelo.* El color se determinó con las de colores cartas Munsell.
-
- *Estructura.* La estructura del suelo se evaluó con base al grado de desarrollo, la forma y el tamaño de las estructuras (organoléptica).

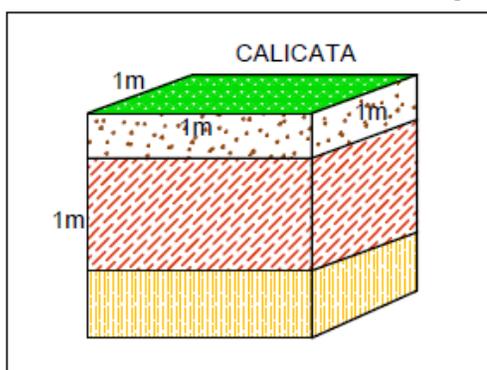


Ilustración 5. Calicata realizada en campo de 1m x 1m x 1m

Fuente: Autor (2021)

7.5 Muestreo

Para el muestreo en primer lugar se dividieron las dos coberturas en tres franjas (parte alta, media y baja) en relación con la pendiente, luego se procedió a georreferenciar cada sitio de muestreo y finalmente se procedió a la toma de las muestras de suelo, donde se recolectó una muestra simple por cada perfil (1kg de Suelo) de las dos coberturas, para la toma de muestras se realizó con pala, donde se abrió un hoyo aproximadamente de 25 x 25 cm de lado y 20 cm de profundidad y luego se retiró los 2 cm primeros del suelo y extrajo la muestra como lo indica el IGAC, con obtención de las seis muestras en total para la determinación de los análisis físicos y químicos del cual luego de ser recolectadas, empacadas y rotuladas apropiadamente como lo exige la guía se enviaron al laboratorio de ciencias básicas del Centro de Formación Agroindustrial La Angostura – SENA para sus respectivos análisis.

7.6 Interpretación de los parámetros de estudio

Una vez obtenidos los datos de campo y de laboratorio (ver anexos), éstos se interpretan en base a fuentes bibliográficas del IGAC, SENA, entre otros, para posteriormente edafológicamente compararlos entre sí, con el objetivo de obtener las diferencias e indicaciones en la calidad del suelo de estas coberturas.



Ilustración 6. *Muestras de Suelo empacadas para enviar a laboratorio*

Nota: Fotografía tomada por el autor (2021)

La siguiente tabla contiene los parámetros físicos – químicos seleccionados para evaluar la calidad del suelo en relación al estudio.

Tabla 2. *Parámetros físicos y químicos con su metodología*

PARAMETROS FISICOS	METODOLOGIA
Textura	Bouyoucos NTC 6299:2018
Compactación	Penetrometro
PARAMETROS QUIMICOS	METODOLOGIA
PH	Potenciométrico NTC 5264:2018
Acidez Intercambiable	Volumétrico NTC 5263:2017
Conductividad Eléctrica	Potenciométrico NTC 5596:2008
Carbono Orgánico	Volumétrico (walkley y Black) NTC 5403:2013
Materia Orgánico	Volumétrico (walkley y Black) o calculado NTC 5403:2013
Fosforo Disponible	Bray II NTC 5350:2016
(Ca, Mg, Na, K)	Espectrofotometría de Absorción Atómica NTC 5349:2016
Capacidad de Intercambio Catiónico	Acetato de Amonio 1N pH7, NTC 5268:2014

Fuente: Autor 2021

7.7 Prueba de compactación

Para determinar la resistencia a la penetración al suelo o prueba de compactación en las dos coberturas, se realiza con la ayuda de un dispositivo llamado penetrometro, de uso manual en campo. Allí, se toman 3 medidas alrededor de cada perfil del suelo, es decir un total de 18 puntos medidos; donde finalmente se obtuvieron datos como la fuerza ejercida, el cual su unidad de medida es el Newton (N) sobre el dispositivo y la profundidad (cm) máxima obtenida en cada prueba.



Ilustración 7. *Dispositivo Manual – Penetrómetro*

Nota: Fotografía tomada por el autor (2021)

7.8 Diferencias edáficas de las características físico-químicas entre las dos coberturas

A partir de la interpretación de los análisis se estableció las diferencias que presentan los parámetros del suelo de las dos coberturas, además, se aplicó la prueba estadística t –Student en hoja de cálculo Excel, para determinar las diferencias significativas de los parámetros cuantitativos del suelo.

8. Resultados y discusión

8.1 Descripción de coberturas

Históricamente, las zonas de cobertura de pastizal y arbustal fueron caracterizadas por haber sido terrenos explotados principalmente por la actividad productiva de ganadería extensiva bajo el sistema de rotación de potreros para el pastoreo, según el Acuerdo del año 2001 EOT del municipio del Agrado, el mayor porcentaje en el municipio se encuentra en áreas muy inadecuadas o en total conflicto, en tierras no aptas para actividades agropecuarias con capacidades VI y VIII de protección y conservación, localizadas en su mayoría en zonas escarpadas y de pendiente pronunciada en donde se observan coberturas de pastos naturales y con rastrojos en donde la ganadería aparece como principal actividad; Las unidades más representativas se encuentran localizadas en las veredas Yaguilga, Galda, Pedernal, Socorro y Olivos además de información tomada por personas que habitaban en la zona. En deducción para el año 2001 en cuanto la cobertura vegetal y usos de suelo, el pedernal presentaba unidades de cobertura vegetal como bosque plantado, pasto natural, pasto con rastrojo, pasto manejado y rastrojo.

El manejo actual que se realiza en las zonas, es de conservación por medio del aislamiento de tensionantes que perturban la evolución del ecosistema y el aporte de material nativo ya que estas hacen parte del área de compensación ecológica del Bosque Seco Tropical hace

aproximadamente 5 años en el Proyecto de Restauración Ecológica del Bosque Seco Tropical de la Hidroeléctrica el Quimbo ejecutado por Fundación Natura.

Esta parcela experimental denominada San Francisco presenta dos áreas de cobertura una fue denominada pastizal y la otra arbustal como ecosistema de referencia en el lugar.

Cobertura pastizal

El estrato vegetativo de la cobertura está caracterizado por la capa continua de pasto con la ocurrencia de árboles dispersos sin formar un dosel continuo. Está compuesto principalmente por la dominancia de las gramíneas en este caso el pasto *Brachiaria (Brachiaria Humidicola)* en gran parte de la parcela, dicha especie perteneciente a la familia Poaceae, es invasora y limitante para el proceso de restauración en la zona debido a su competitividad con el resto de las plantas y complejidad para su erradicación, la presencia de una matriz densa de pasto, se convierte en limitante para la regeneración del bosque, entre más extensa sea la matriz y más lejos se encuentre de la vegetación nativa la llegada de semillas al potrero es menor, Vargas, Espinosa, Trujillo, Velasco, Diaz, León, y Montenegro (2007). Esta cobertura también se pudo distinguir escasa presencia de algunos árboles leñosos como raspayuco (*Chloroleucum Mangense*), pelá (*Acasia Farnesiana*), tachuelo (*Zanthoxylum rhoifolium*) con edad de aproximadamente 5 años especies caracterizadas por su alta tolerancia a la sequía y por último se identificó poca variedad de herbáceas como *Sida Acuta*, *Croton Letostachum*, *Vastardia Viscosa* y *Mimosa Pubica*. Los bosques secos tropicales que ocupan zonas con precipitaciones entre 500 a 2000 mm anuales y con temperaturas superiores a los 24 C o, son posiblemente, el ecosistema boscoso más degradado del país y menos estudiado. Las poblaciones locales que viven en estas zonas, tienden a depender mucho de la vegetación para el pastoreo del ganado, la obtención de leña, postes para cercos y construcción Melo & Vargas (2003).

Cobertura arbustal

Melo & Vargas (2003), los bosques naturales de esta formación han sido destruidos casi en su totalidad para implantar ganaderías intensivas y cultivos agrícolas tecnificados cuando se dispone de distritos de riego, quedando solamente pequeños fragmentos de vegetación secundaria que sería de gran valor estudiar, conservar y recuperar.

Para el área de estrato arbustivo tomado como ecosistema de referencia estaba constituido principalmente por abundancia de especies como el Caguanejo (*Croton Glabelluz L*), Pico de Loro (*Solanum Gardneri*), también se encontraba mayor riqueza en especies nativas, en cuanto a árboles leñosos y estrato herbáceo. Dentro de la identificación de las especies se encontraron árboles leñosos como el Diomate (*Astronium Graveolens*), Tachuelo (*Zanthoxylum rhoifolium*), Dinde (*Maclura Tinctoria*), Pelá (*Acacia Farnesiana*), Cactus Cuatro Caras (*Cereus Hexagonus*), Guasimo (*Guazuma Ulmifolia*) y el Raspayuco (*Chloroleucum Mangense*).

Las siguientes tablas contienen las especies identificadas y las dos coberturas (pastizal y arbustal).

Tabla 3. Especies Identificadas en la Cobertura - Pastizal.

Nombre Común	Nombre Científico	Familia	Registro Fotográfico
Brachiaria	<i>Brachiaria Humidicola</i>	Poaceae	
Raspayuco	<i>Chloroleucum Mangense</i>	Fabaceae	
Pelá	<i>Acacia Farnesiana</i>	Fabaceae	
Tachuelo	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	Rutaceae	

Escoba	<i>Sida Acuta</i>	Malvaceae	
Villa mi Terruño	<i>Bastardia Viscosa</i>	Malvaceae	
Dormidera	<i>Mimosa Pubica</i>	Fabaceae	

Tabla 4. *Especies Identificadas en la Cobertura - Arbustal.*

Nombre Común	Nombre Científico	Familia	Registro Fotográfico
Caguanejo	<i>Croton Glabelluz L</i>	Euphorbiaceae	
Pico de Loro	<i>Solanum Gardnery</i>	Solanaceae	
Pelá	<i>Acasia Farnesiana</i>	Fabaceae	
Tachuelo	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	Rutaceae	
Diomate	<i>Astronium Graveolens</i>	Anacardiaceae	

Dinde	<i>Maclura Tinctoria</i>	Moraceae	
Cactus Cuatro Caras	<i>Cereus Hexagonus</i>	Cacteaceae	
Raspayuco	<i>Chloroleucum Mangense</i>	Fabaceae	
Guacimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Malvaceae	

8.2 Descripción de perfiles

Los perfiles descritos se encuentran ubicados en el predio denominado San Francisco perteneciente a zona dos (2), así denominada por el proyecto Restauración Ecológica del Bosque Seco Tropical de la Central Hidroeléctrica El Quimbo, en la vereda El Pedernal del municipio Agrado – Huila. La descripción de estos perfiles se realiza en dos zonas, zona de cobertura de pastizal y zona de cobertura de arbustal. En la misma parcela se encuentra estas características descritas.

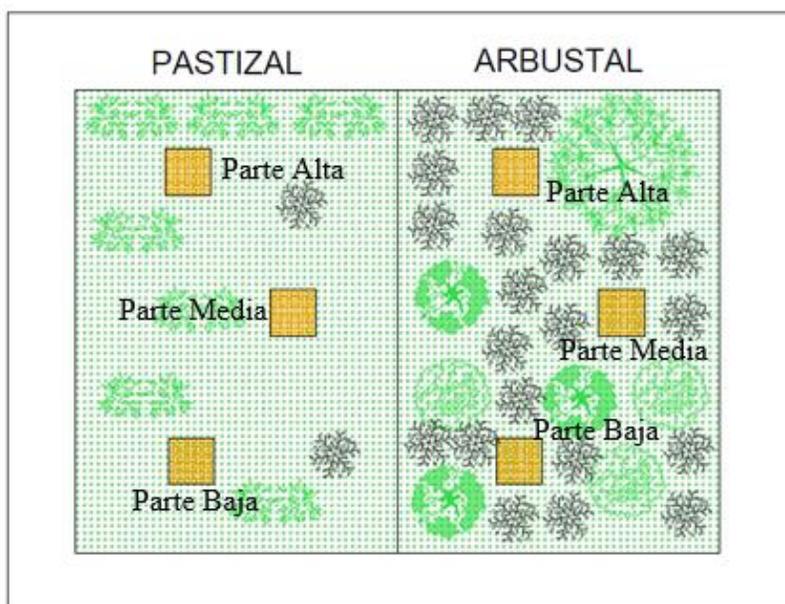


Ilustración 8. Parcela y División de Muestreo

Nota: Ilustración realizada por el Autor (2021)



Ilustración 9. Calicata realizada en campo con dimensiones de 1m x 1m x 1m

Nota: Fotografía tomada en campo por el autor (2021)

8.2.1 Perfil- PastAl-01

El primer perfil fue realizado en la parte alta de la cobertura- pastizal, en una posición fisiografica denominada pie de monte, con una pendiente de 10% y con una vegetación dominante en gramíneas mas exactamente pasto brachiaria (*brachiaria humidicola*).

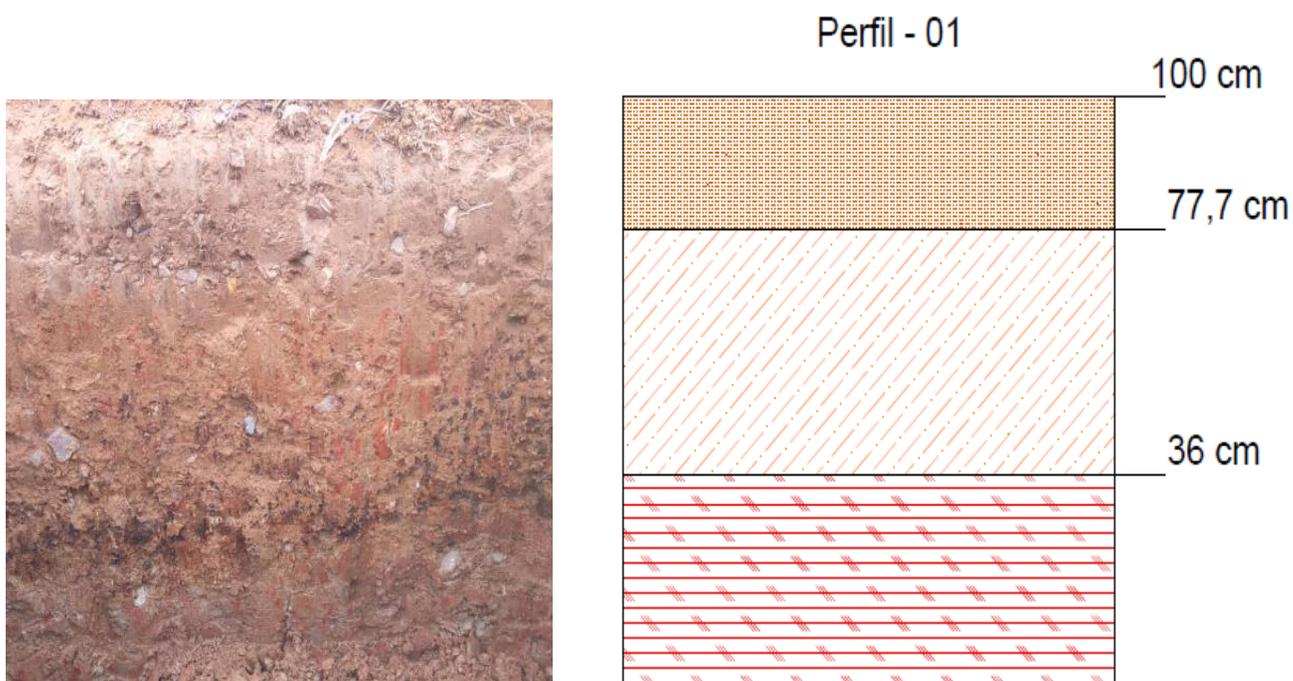


Ilustración 10. Perfil Pastizal Alta.

Nota: Fotografía tomada en campo por el Autor (2021)

Ap – tiene un espesor de 22,3cm Presenta color Gris rojizo (10R5/1) seco, con poco moteado naranja; estructura en bloques subangulares fina a media, frecuentes poros, raíces muy finas en los primeros 15cm del suelo con respecto a la superficie, pocas; presencia de agregados grandes, presencia de cuarzo.

Bw- Tiene un espesor de 41, 6 cm presenta color Rojo Grisáceo (2,5YR5/2) seco, sobresale la abundancia de moteado (color naranja y negro) y concreciones de Fe y Mn, su estructura es en bloques subangulares medio, poca porosidad, modificado por presencia de gravilla, no hay presencia de raíces y pocos agregados.

Bt/W- tiene un espesor de 36cm presente un color Rojo Grisáceo (7,5YR5/2) húmedo, Poca porosidad ya que el contenido de arcilla es abundante, pero presenta grietas estructurales de forma irregular y fragmentos esféricos, no hay presencia de raíces y se encontró un nivel freático en el subsuelo a una altura de 20cm con respecto a la profundidad de la calicata.

Los hallazgos en este perfil se ratifican con lo definido por el autor Castro (2018), con relación al drenaje natural sobre el desarrollo de las raíces y color del suelo por los fenómenos de oxidación – Reducción, define que es un perfil imperfectamente drenado.

8.2.2 Perfil PastMe-02

El segundo perfil de suelo fue realizado en la parte media de la cobertura- pastizal, en una posición fisiográfica intermedia, con una pendiente de 5% y con una vegetación dominante en gramíneas más exactamente pasto brachiaria (*brachiaria humidicola*) y con una población dispersa mínima de la especie nativa llamada comúnmente raspayuco (*Chloroleucon Mangense*) a su alrededor.



Ilustración 11. Calicata Pastizal Intermedia

Nota: Fotografía tomada en campo por el Autor (2021)

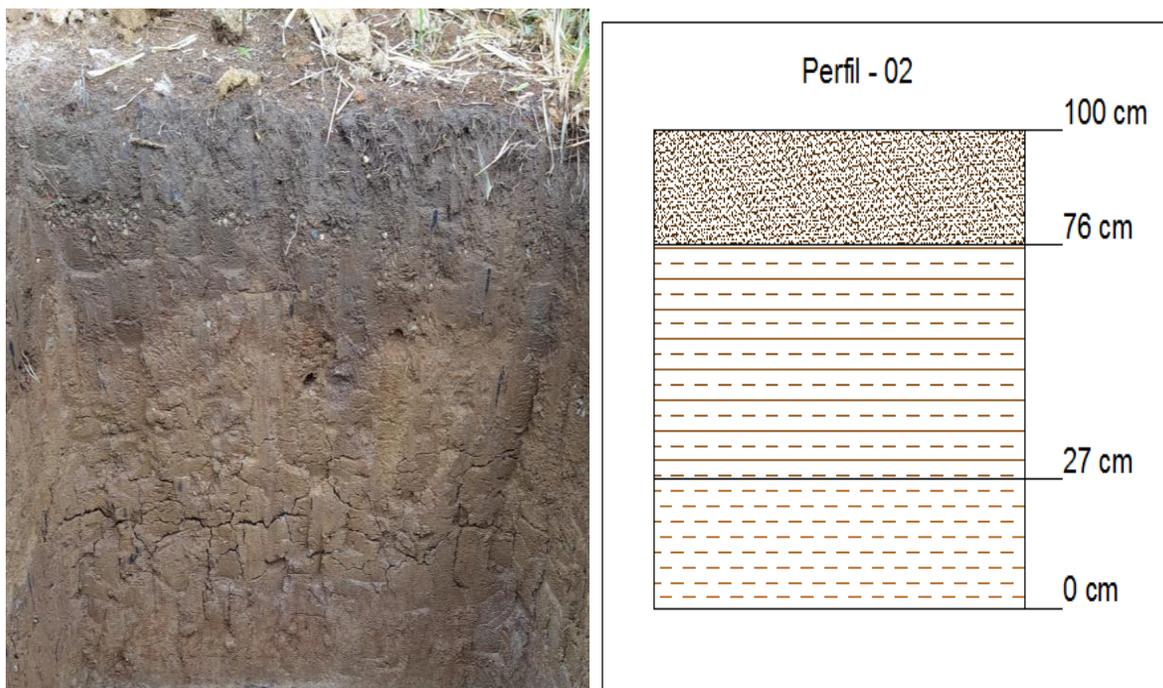


Ilustración 12. Perfil Pastizal Intermedia

Nota: Fotografía tomada en campo por el Autor (2021)

Ap- tiene un espesor de 24cm, Presenta color Gris Parduzco (5YR5/1) Húmedo, estructura en bloques subangulares fina, frecuentes poros, raíces muy finas, pocas; presencia de agregados pequeños.

Bw1- Tiene un espesor de 49cm, presenta color Marrón Grisáceo (5YR5/2) húmedo, estructura subangulares fina a media, frecuentes poros, raíces muy finas, pocas; poco moteado de color naranja.

Bw2 – Tiene un espesor de 27cm, presenta color Marrón Grisáceo (5YR5/2) húmedo, estructura en bloques subangulares fina a media, presenta grietas estructurales de forma irregular, no hay presencia de raíces.

8.2.3 Perfil PastBa-03

El tercer perfil de suelo fue realizado en la parte baja de la cobertura- pastizal, en una posición fisiografica Planice, con una pendiente de 2% y con una vegetación dominante en gramíneas mas exactamente pasto brachiaria (*brachiaria humidicola*), poca diversidad de las

especies nativas del ecosistema bosque seco tropical presenta pocos árboles como pelá (*Acasia Farneciana*) raspayuco (*Chloroleucon Mangense*) y muy pocas herbáceas alrededor.

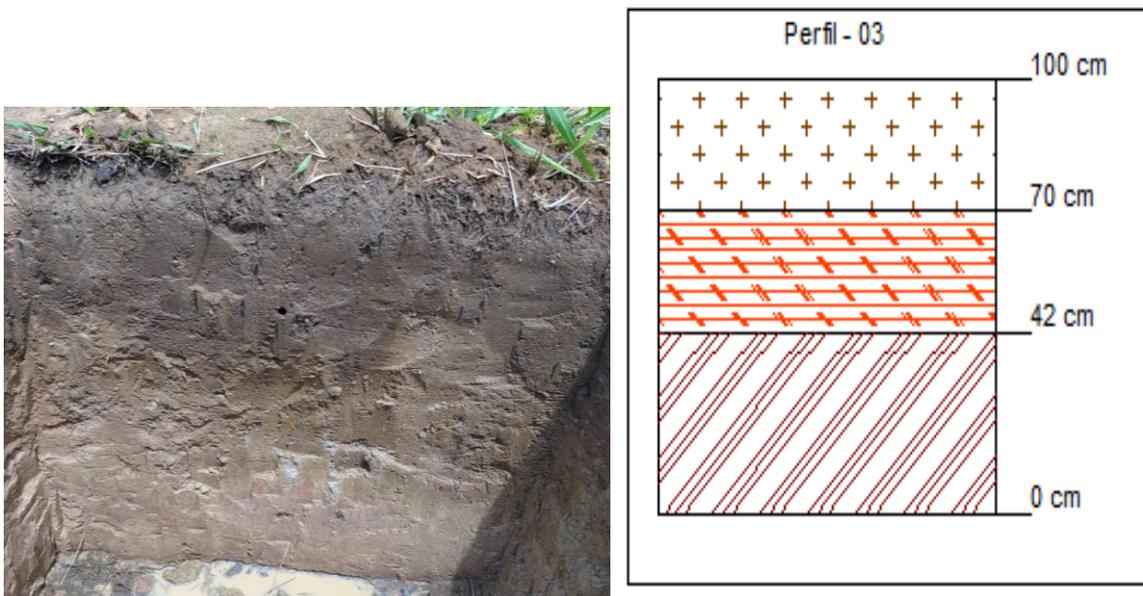


Ilustración 13. Perfil Pastizal Baja

Nota: Fotografía tomada en campo por el Autor (2021)

Ap- tiene un espesor de 30cm, Presenta color Gris Parduzco (5YR5/1) Húmedo, estructura en bloques subangulares fina, migajosa; frecuentes poros, raíces muy finas, frecuentes.

Bw- Tiene un espesor de 28cm, presenta un color Marrón Grisáceo (5YR5/2) húmedo, presenta moteado de color naranja y grises, estructura en bloques subangulares fina a media, frecuentes poros, frecuente presencia de raíces muy finas a finas.

Bt- Tiene un espesor de 42cm, presenta un color ligero parduzco (5YR7/1) húmedo, presenta moteado de color naranja, estructura maciza, pocos poros, presencia de raíces muy finas, pocas.

8.2.4 Perfil- ArbAl-04

El cuarto perfil de suelo fue realizado en la parte alta de la cobertura- arbustal, en una posición fisiográfica denominada pie de monte, con una pendiente de 10% y con una vegetación dominante en arbustos y árboles leñosos de especie nativa del ecosistema de bosque seco tropical

mas exactamente Diomate (*Astronium Graveolens*), Tachuelo (*Zanthoxylum rhorfolium*), Cactus cuatro caras(*Cereus Hexagonus*), Raspayuco (*Chloroleucon Mangense*), Cauanejo(*Croton glabellus L*), Pico de loro (*Solanum Gardneri*), Cola de marrano(Especie aun no estudiada) y tambien mayor abundancia en herbaceas.

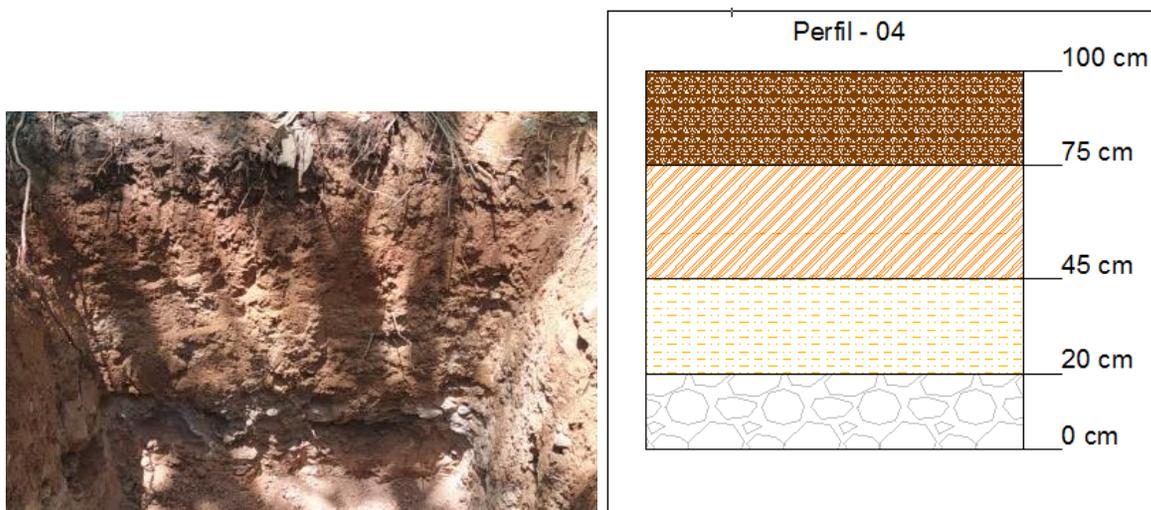


Ilustración 14. Perfil Arbustal Parte Alta.

Nota: Fotografía tomada en campo por el Autor (2021)

A - Tiene un espesor de 25cm, Presenta color Gris Parduzco (5YR6/1) seco, estructura en bloques subangulares fina a medio, frecuentes poros, sistema radicular desarrollada con raíces finas -grandes, frecuentes; presencia de gravilla pequeña a mediana.

Bw- Tiene un espesor de 30cm, Presenta color Marrón Rojizo Mate(5YR5/3) seco, presenta moteado color naranja, poco; estructura en bloques subangulares fina a medio, frecuentes poros, sistema radicular desarrollada con raíces finas -grandes, frecuentes; presencia de grava mediana y grande.

B/E- Tiene un espesor de 25cm, Presenta color Ligeroparduzco (5YR7/1) seco, estructura en bloques subangulares medio, frecuentes poros, sistema radicular desarrollada con raíces finas -grandes, frecuentes; presencia de gravilla pequeña.

B/C- Tiene un espesor de 20cm, Presenta color Gris Parduzco(7,5YR6/1) seco, Compacto medianamente poroso, estructura en bloques angulares irregulares, sistema radicular medianamente desarrollada con raíces finas a medianas, frecuentes; presencia de grava grande y lajas.

8.2.5 Perfil- ArbMe-05

El quinto perfil de suelo fue realizado en la parte media de la cobertura- arbustal, en una posición fisiografica denominada zona intermedia, con una pendiente de 5% y con una vegetación dominante en arbustos y árboles leñosos de especie nativa del ecosistema de bosque seco tropical mas exactamente Tachuelo (*Zanthoxylum rhorfolium*), Cactus cuatro caras(*Cereus Hexagonus*), Raspayuco (*Chloroleucon Mangense*), gran abundancia de Cauanejo(*Croton glabellus L*), Cola de marrano(Especie aun no estudiada) y tambien mayor abundancia en herbaceas.

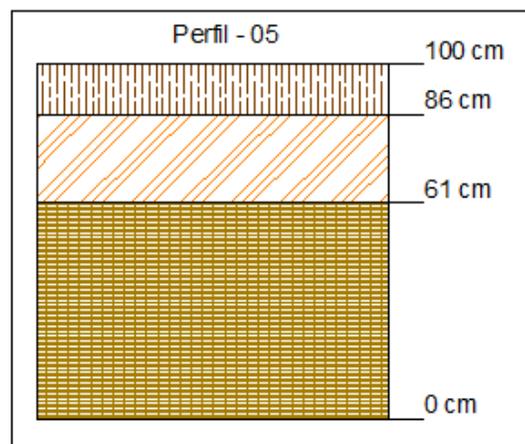
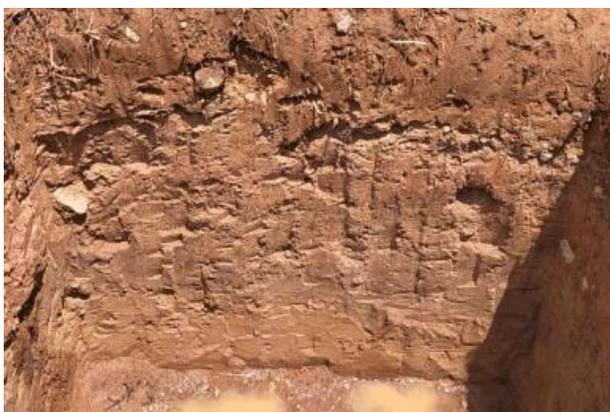


Ilustración 15. Perfil de Arbustal Parte Media

Nota: Fotografía tomada en campo por el Autor (2021)

A - Tiene un espesor de 14 cm, Presenta color Marrón Opaco (7,5YR5/4) Húmedo, estructura en bloques subangulares fina, frecuentes poros, sistema radicular medianamente desarrollada con raíces finas y mediana, pocas; presencia de agregado grande, poco.

B - Tiene un espesor de 25 cm, Presenta color Naranja mate (7,5YR6/4) Húmedo, escaso moteado color naranja a rojo estructura en bloques subangulares fina a mediana, frecuentes poros, sistema radicular desarrollada con raíces finas y mediana, pocas; presencia de gravas pequeñas.

Bw- Tiene un espesor de 61 cm, Presenta color Naranja mate (7,5YR6/4) Húmedo, escaso moteado color naranja a rojo, sin estructura, masiva; escasa porosidad, escaso sistema radicular.

8.2.6 Perfil- ArbBa-06

Finalmente el sexto perfil de suelo fue realizado en la parte baja de la cobertura- arbustal, en una posición fisiografica denominada planice, con una pendiente de 2% y con una vegetación dominante en arbustos y árboles leñosos de especie nativa del ecosistema de bosque seco tropical mas exactamente Tachuelo (*Zanthoxylum rhorfolium*), Cactus cuatro caras(*Cereus Hexagonus*), Raspayuco (*Chloroleucon Mangense*), gran abundancia de Cauanejo(*Croton glabellus L*), Cola de marrano(Especie aun no estudiada) y tambien mayor abundancia en herbaceas. Con este perfil solo se logro obtener una profundidad de 80 cm debido al alto porcentaje de roca que se encontro.

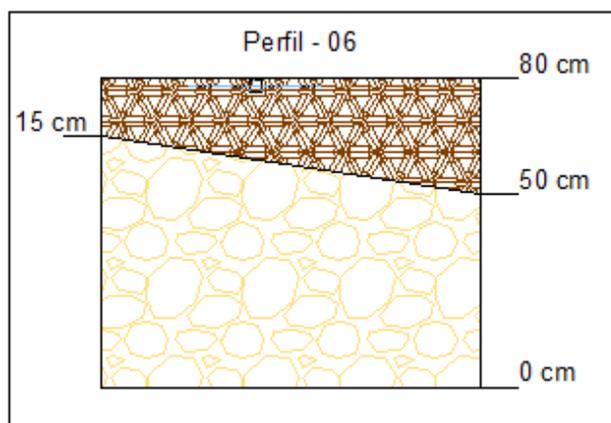


Ilustración 16. Perfil Arbustal Parte Baja

Nota: Fotografía tomada en campo por el Autor (2021)

A - Tiene un espesor en forma diagonal donde por un lado encontramos 15cm y al otro 30cm de espesor en este primer horizonte, Presenta color Marrón (7,5YR4/3) Húmedo, estructura semimigajosa fina, frecuentes poros, sistema radicular medianamente desarrollada con raíces finas, frecuentes; alto porcentaje de gravas y material e arreste.

C- Tiene un espesor en forma diagonal restante con respecto al primer horizonte donde por un lado encontramos 65cm y al otro 50cm, Presenta color Naranja Amarillo Opaco (10YR6/4) Húmedo, también presenta moteado naranja amarillento, sin estructura, masiva, escaso sistema radicular, alto porcentaje de gravas medianas a Extra grande y material e arreste.

8.3 Análisis físico-químicos de suelos.

8.3.1 Resultados de las propiedades del suelo evaluadas

Los resultados de los parámetros físico – químicos seleccionados para evaluar la calidad del suelo en relación al estudio se visualizan en la siguiente tabla.

Tabla 5. *Propiedades del Suelo Evaluadas*

Muestra	Unidad Cobertura	Textura %	pH	M.O %	C.O %	A.I Cmol(+)/kg	C.E dS/m	P mg/Kg	CIC Cmol(+)/kg	Ca/Mg Cmol(+)/kg
1	Pastizal Alta	Fr Arc-Ar	5,8	1,14	0,66	0,98	0,01	0,20	1,82	0,378
2	Pastizal Media	Fr Arc-Ar	5,4	1,21	0,70	0,58	0,04	1,68	6,91	0,365
3	Pastizal Baja	Fr Arc-Ar	5,5	1,70	0,99	0,49	0,05	1,35	8,83	0,392
4	Arbustal Alta	Fr Arc-Ar	6,4	0,59	0,34	0,39	0,02	0,24	0,12	0,549
5	Arbustal Media	Fr Arc-Ar	5,9	1,26	0,73	0,79	0,01	0,80	7,81	0,434
6	Arbustal Baja	Fr Arc-Ar	6,2	1,22	0,71	0,54	0,03	0,4	5,23	0,650

Fuente: Autor (2021)

Los datos anteriores se agruparon de los seis (6) resultados de los análisis de laboratorio realizados por el Centro de Formación Agroindustrial la Angostura Regional – Huila. Los resultados de los análisis se encuentran en la parte final del documento, en anexos.

Para la interpretación de los análisis, se realizó en base a diferentes guías de apoyo de análisis de suelos. Entre los más importantes se destacan: USDA (Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo), artículos de universidades, manual técnico para la interpretación de análisis de suelo y fertilización de cultivos (Universidad de la Salle y Universidad Nacional), muestreo de suelos, técnicas de laboratorio e interpretación de análisis de suelos (SENA).

8.3.2 Textura

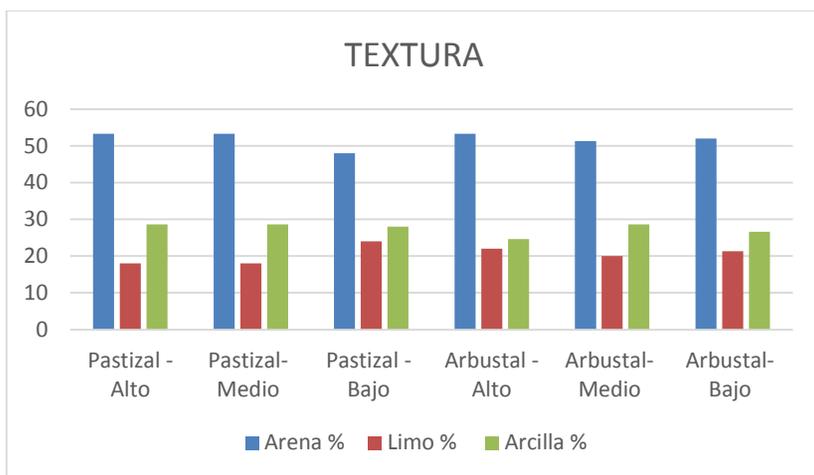
En la siguiente tabla se agrupan los seis (6) resultados de los análisis de laboratorio.

Tabla 6. *Valores Obtenidos del Parámetro de Textura en los Análisis de Suelos de cada Área (pastizal - arbustal de parte alta, media y baja).*

Muestra	Parámetro	Tipo de Suelo	Arena %	Limo %	Arcilla %	Interpretación
1	Textura	Pastizal Alta	53,34	18,00	28,66	Fr Ar-A
2		Pastizal Media	53,34	18,00	28,66	Fr Ar-A
3		Pastizal Baja	48,00	24,00	28,00	Fr Ar-A
4		Arbustal Alta	53,34	22,00	24,66	Fr Ar-A
5		Arbustal Media	51,34	20,00	28,66	Fr Ar-A
6		Arbustal Baja	52,00	21,33	26,66	Fr Ar-A

Fuente: Autor (2021)

De acuerdo a la **tabla 6**, la textura que presentan los suelos de ambas unidades, es denominado Franco Arcillo – Arenoso (Fr Ar-A) ya que los porcentajes de cada textura oscilaban entre 45-80 % de arena, 0-28 % de limo y 20-35 % de arcilla según las clases texturales catalogados por el USDA; según Castellanos (2000), es definida como Textura media, son suelos que presentan una alta proporción de poros de tamaño medio a fino, Son los suelos ideales para la producción agrícola por su amplia capacidad productiva y disponibilidad de agua y nutrientes. Pueden o no ser friables y a medida que se incremente la proporción de limo tienen mayor potencial de compactación, lo cual puede dificultar parcialmente su manejo. Por otra parte, también la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – (Corpoica), afirmó, que las texturas francas tienen buena condición de labranza, fertilidad media a alta, buena infiltración y retención de humedad media.



Grafica 1. *Porcentaje de Granulometría*

Como podemos observar en la gráfica de ambas coberturas no encontramos varianzas significativas en cuanto a los porcentajes de granulometría, lo que nos indican que estos suelos se catalogan en una misma clasificación de textura como Franco Arcillo- Arenoso y conforma el tipo de textura media.

8.3.3 pH.

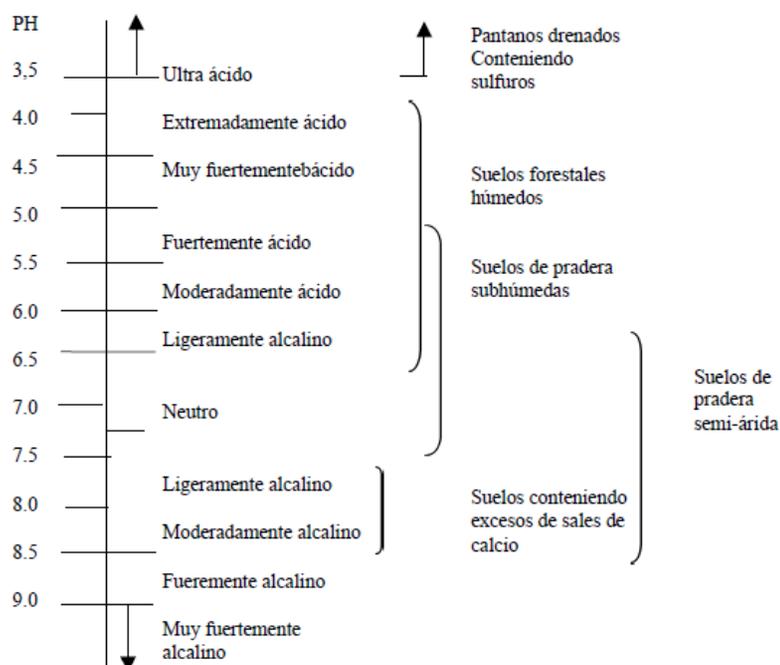


Ilustración 17. *pH del suelo, rangos de las clases de pH, y condiciones edáficas asociadas.*

Nota: *Adaptado del National Soil Survey Manual (1993) y de Troch y Thompson (1993).*

En la siguiente tabla se agrupan los seis (6) resultados de los análisis de laboratorio.

Tabla 7. Valores de pH Obtenidos en los Análisis de Suelos de cada Área (pastizal - arbustal de parte alta, media y baja)

Muestra	Parámetro	Tipo de Suelo	Resultado	Interpretación
1	pH	Pastizal parte alta	5,8	Moderadamente ácido
2		Pastizal parte media	5,4	Fuertemente Ácido
3		Pastizal parte baja	5,5	Fuertemente ácido
4		Arbustal parte alta	6,4	Ligeramente ácido
5		Arbustal parte media	5,9	Moderadamente ácido
6		Arbustal parte baja	6,2	Ligeramente ácido

Fuente: Autor (2021)

Teniendo como referencia la **tabla 7**, de los resultados obtenidos, la distribución de pH sobre el suelo de la unidad de *cobertura de pastizal* son suelos considerados fuertemente ácidos que corresponde a la parte media con valor más alto en acidez que fue de 5.4 y la parte baja del área con un valor de 5.5, a moderadamente ácido de la parte alta del terreno. Según Agrolab (2005), si el pH es menor a 5.5 (acidez fuerte) es muy probable que se tengan además problemas de aluminio intercambiable lo que afecta de manera directa al suelo en una baja fertilidad. El autor Montero (2015), también ratifica que el Al intercambiable precipita cuando el pH es superior a 5.5, pero cuando el pH está por debajo de ese valor, la solubilidad del Al se incrementa, al igual que el riesgo de causar toxicidad a las raíces.

Cuando los valores de pH están fuera del rango óptimo, los nutrientes pueden estar en menor disponibilidad, causando deficiencias nutricionales en las plantas. Según Toledo (2016) afirma que, cuando el pH se reduce por debajo de 5.5, los niveles de acidez son tan altos que nutrientes como el calcio, magnesio, molibdeno y fósforo pueden no estar tan disponibles para las plantas, las que sufrirán deficiencia nutricional. Por tanto, como se puede observar esta unidad presenta

problemas de acidez, en consecuencia, puede ser uno de los causantes de limitar el desarrollo normal de las especies nativas en el área de este ecosistema.

Para los autores Kuepfel & Lippert (2012), uno de los causantes de la acidificación del suelo es cuando el agua pasa a través del suelo lixivia nutrientes básicos como calcio y magnesio del suelo; estos son reemplazados por elementos ácidos como aluminio y hierro. Por esta razón, los suelos formados bajo condiciones de mucha lluvia son más ácidos que los formados en condiciones secas.

Adicionalmente, el Programa de Investigación Científica Fondo Nacional del Café – Cenicafé (2016), confirma que las causas generadoras de la acidez del suelo se encuentran: el lavado de bases intercambiables por la lluvia y su reemplazo por otros cationes de carácter ácido (Principalmente el Al^{3+}), la descomposición de la materia orgánica, la oxidación del azufre, la nitrificación del amonio, la liberación de H^+ por las raíces, los aniones de nitrato NO_3 , sulfato SO_4^{2-} y cloruro Cl^- que proceden de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos.

En la unidad de *cobertura arbustal* presenta pH desde moderadamente ácido correspondiente a la parte media del terreno, a ligeramente ácido en la parte alta y baja del terreno. En esta cobertura se evidencia suelos con mejores valores de pH, donde los rangos oscila entre 5.9 - 6.4, y de acuerdo a lo citado con el autor Castellanos (2000) el pH en los rangos 6.0-6.5 es considerada como condición ideal de pH, ya que hay una mejor y mayor disponibilidad de nutrientes para la mayoría de las plantas y presentan un mejor desarrollo fisiológico. De igual manera para Montero (2015), el pH óptimo para la mayoría de los cultivos debería estar entre 6 y 7, aunque muchos cultivos de origen tropical pueden crecer bien con un pH de 5,5 a 6.

8.3.4 Materia Orgánica

En la siguiente tabla se agrupan los seis (6) resultados de los análisis de laboratorio.

Tabla 8. *Valores Obtenidos del Parámetro de la Materia Orgánica en los Análisis de Suelos de cada Área (pastizal - arbustal de parte alta, media y baja)*

Muestra	Parámetro	Tipo de Suelo	Resultado %	Interpretación
1	MO	Pastizal parte alta	1,14	Bajo
2		Pastizal parte media	1,21	Bajo
3		Pastizal parte baja	1,70	Bajo
4		Arbustal parte alta	0,59	Muy Bajo
5		Arbustal parte media	1,26	Bajo
6		Arbustal parte baja	1,22	Bajo

Fuente: Autor (2021)

Los valores obtenidos en la tabla anterior, relacionados con el contenido de materia orgánica del suelo de estas coberturas, en general presentaron bajos a muy bajos porcentajes de materia orgánica, siendo el valor más significativo y muy bajo de todas con un porcentaje de 0,59% perteneciente a la cobertura arbustal parte alta. Montero (2015) afirma, que el centro y norte del Huila, donde el clima es cálido seco y los contenidos de materia orgánica en el suelo tienden a ser bajos a muy bajos.

De acuerdo a los rangos establecidos para la interpretación del parámetro materia orgánica en el suelo, referente a la guía de interpretación de análisis de suelo realizada por Osorio (2012) se puede afirmar, que los suelos de las dos coberturas, presentaron muy bajos porcentajes en contenido de MO y no se encontraron diferencias significativas entre ambas coberturas, significa que estos suelos son poco fértiles.

Es de recalcar que según Osorio (2012), el proceso de descomposición de la MOS depende de la actividad de los microorganismos; la temperatura es uno de los múltiples factores que controlan este proceso. Cuando existan condiciones favorables para la actividad de microorganismos del suelo, la cantidad de MOS en el horizonte A si es determinante para

suministrar N a las plantas. Estas condiciones se pueden presentar en las zonas de vida bosque seco y muy seco tropical.

8.5 Carbono Orgánico

En la siguiente tabla se agrupan los seis (6) resultados de los análisis de laboratorio.

Tabla 9. *Valores Obtenidos del Parámetro de Carbono Orgánico en los Análisis de Suelos de cada Área (pastizal - arbustal de parte alta, media y baja)*

Muestra	Parámetro	Tipo de Suelo	Resultado	Interpretación
1	CO	Pastizal parte alta	0,66	Bajo
2		Pastizal parte media	0,70	Bajo
3		Pastizal parte baja	0,99	Bajo
4		Arbustal parte alta	0,34	Bajo
5		Arbustal parte media	0,73	Bajo
6		Arbustal parte baja	0,71	Bajo

Fuente: Autor (2021)

el COS es un indicativo del porcentaje de la materia orgánica y que por ende si el porcentaje de este es bajo directamente la materia orgánica igualmente será baja, como se puede observar en la **tabla 9**, evidentemente, el nivel de porcentaje de carbono orgánico (%) en relación a los rangos típicos de clima cálido correspondiente a este ecosistema, el suelo de las dos coberturas, muestran valores porcentuales bajos, resultando el valor más bajo de carbono orgánico para la cobertura de arbustal parte alta con 0,34%, pero generalmente estos suelos no resultaron con diferencias significativas entre las dos coberturas, consecuentemente a esto se confirma la baja productividad de estos suelos.

De acuerdo con la FAO (2017), la pérdida de COS indica un cierto grado de degradación del suelo. Debido a las prácticas de gestión insostenibles, como el riego excesivo o dejar el suelo desnudo, ponen en peligro estos suelos, causando la pérdida de COS y la erosión masiva. Por otro lado, Rattan (2015) también definió, que el conjunto de COS, incluida su cantidad y calidad, es el componente definitorio del suelo. En efecto, El grupo de COS es el indicador más confiable para monitorear la degradación del suelo, especialmente el causado por erosión acelerada, debido

a esto se agota en el suelo el conjunto de COS, junto con él, el N disponible de la planta y otros nutrientes esenciales como P y S.

8.6 Acidez Intercambiable

Uno de los factores principales en el desarrollo de la acidez del suelo es a la presencia de aluminio (Al^{3+}) en la solución del suelo además de ser un metal tóxico para las plantas. Los autores Rivera, Moreno, Herrera, & Romero (2016), plantean que el aluminio soluble (Al^{3+}) es el factor más limitante del crecimiento y la productividad de los cultivos en los suelos ácidos del mundo.

En la siguiente tabla se agrupan los seis (6) resultados de los análisis de laboratorio.

Tabla 10. *Valores Obtenidos del Parámetro de Acidez Intercambiable en los Análisis de Suelos de cada Área (pastizal - arbustal de parte alta, media y baja)*

Muestra	Parámetro	Tipo de Suelo	Resultado cmol(+)/kg	Interpretación
1	Acidez Intercambiable	Pastizal parte alta	0,98	Bajo
2		Pastizal parte media	0,58	Bajo
3		Pastizal parte baja	0,49	Muy Bajo
4		Arbustal parte alta	0,39	Muy Bajo
5		Arbustal parte media	0,79	Bajo
6		Arbustal parte baja	0,54	Bajo

Fuente: Autor (2021)

En base a la **tabla 10**, interpretación basada en Osorio (2012), se puede afirmar que los valores obtenidos de este parámetro para las dos coberturas son bajos a muy bajos, presentando el valor más alto la cobertura pastizal con un valor de 0,98 cmol(+)/kg, pero generalmente las dos coberturas presentan valores que se encuentran en el apreciativo bajo, por ende, no presentan diferencias significativas, lo cual en este parámetro es positivo, puesto que indica en este caso que el aluminio no es causante de la fuerte acidez que se existente en el suelo de la cobertura pastizal, ya que como se mencionaba conceptualmente, este elemento es una de las fuentes principales de acidez del suelo y toxicidad para las plantas.

8.7 Conductividad Eléctrica

En la siguiente tabla se agrupan los seis (6) resultados de los análisis de laboratorio.

Tabla 11. *Valores Obtenidos del Parámetro de la Conductividad Eléctrica en los Análisis de Suelos de cada Área (pastizal - arbustal de parte alta, media y baja).*

Muestra	Parámetro	Tipo de Suelo	Resultado	Interpretación
1	CE	Pastizal parte alta	0,01	No salino
2		Pastizal parte media	0,04	No salino
3		Pastizal parte baja	0,05	No salino
4		Arbustal parte alta	0,02	No salino
5		Arbustal parte media	0,01	No salino
6		Arbustal parte baja	0,03	No salino

Fuente: Autor (2021)

Según los rangos de interpretación para análisis de suelo, tomado de la *Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo* por el USDA, los resultados obtenidos como se puede visualizar en la **tabla 11**, los resultados de las dos coberturas, no presentan problemas de salinidad lo cual sus efectos son casi despreciables y también, por otro lado, no afecta a los microorganismos, categorizando estos suelos con condición ideal para producir cualquier planta.

De lo contrario, como indican los autores Andrades & Martínez (2014) la solución del suelo contiene siempre sales solubles en mayor o menos proporción, pero si la cantidad de estas aumenta y alcanza un límite, la vegetación no puede subsistir.

8.8 Fosforo

El fosforo es de gran importancia para el desarrollo de las plantas por intervenir en funciones fundamentales como el desarrollo de las raíces, estimular el crecimiento y desarrollo en las plantas, favorecer la floración y fructificación entre otras.

En la siguiente tabla se agrupan los seis (6) resultados de los análisis de laboratorio.

Tabla 12. Valores Obtenidos del Parámetro del Fosforo en los Análisis de Suelos de cada Área (pastizal - arbustal de parte alta, media y baja)

Muestra	Parámetro	Tipo de Suelo	Resultado mg/kg	Interpretación
1	P	Pastizal parte alta	0,20	Muy Bajo
2		Pastizal parte media	1,68	Muy Bajo
3		Pastizal parte baja	1,35	Muy Bajo
4		Arbustal parte alta	0,24	Muy Bajo
5		Arbustal parte media	0,80	Muy Bajo
6		Arbustal parte baja	0,4	Muy Bajo

Fuente: Autor (2021)

Conforme a los resultados obtenidos en la **tabla 12**, el fosforo disponible en los suelos de las dos coberturas se encuentran en un muy bajo contenido, resultando para ambas que no hay diferencias significativas, es decir, que estos suelos no cuentan con las funciones fundamentales para un mejor desarrollo en las plantas, su ausencia puede ser uno de los causantes al poco desarrollo vegetal que presenta el ecosistema de Bs-T en estas zonas. Según Montero (2015), el municipio del Agrado es uno de los municipios que registra muy bajos contenidos de fosforo disponibles en el suelo. Y ciertamente ratifica, ya que la proporción de este elemento de acuerdo a los resultados en los suelos de las dos coberturas son muy bajos.

Montero (2015) tambien por otro lado, plantea que la fijación de fósforo es mayor, cuando el pH es menor de 5 y las plantas presentan deficiencias de fósforo debido a la fijación efectuada por parte del aluminio y el hierro. La mayor disponibilidad de fósforo en el suelo ocurre a pH entre 5.5 y 7.0, debido a que a este pH el aluminio precipita como $Al(OH)_3$ y deja de ser tóxico. En la mayor parte de los suelos ácidos del sur del Huila presentan deficiencias de fósforo por fijación, así el suelo muestre contenidos de este elemento. Cuando el pH disminuye o la acidez aumenta el fósforo se fija dando lugar a compuestos insolubles de hierro y aluminio. Entre otras palabras, Toledo (2016) conceptualiza que el fósforo es especialmente afectado por la condición del pH del suelo, y es más aprovechado por las plantas cuando el rango del pH está entre 6 y 6.5

8.9 Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

En la siguiente tabla se agrupan los seis (6) resultados de los análisis de laboratorio.

Tabla 13. *Valores Obtenidos del Parámetro Capacidad de Intercambio Catiónico en los Análisis de Suelos de cada Área (pastizal - arbustal de parte alta, media y baja)*

Muestra	Parámetro	Tipo de Suelo	Resultado Cmol (+)/kg	Interpretación
1	CIC	Pastizal parte alta	1,82	Baja
2		Pastizal parte media	6,91	Baja
3		Pastizal parte baja	8,83	Baja
4		Arbustal parte alta	0,12	Baja
5		Arbustal parte media	7,81	Baja
6		Arbustal parte baja	5,23	Baja

Fuente: Autor (2021)

De acuerdo a la información que presenta la tabla anterior, respecto al indicador CIC el suelo de las dos coberturas arrojaron valores bajos pero siendo el valor más significativo, representado por la cobertura arbustal parte alta con 0,12 cmol (+)/kg, el cual este valor coincide con el resultado obtenido de materia orgánica que presenta específicamente esta cobertura, significa que estos suelos tienen poca capacidad de atraer y retener elementos esenciales para las plantas de este ecosistema, por ende, la baja potencialidad productiva del suelo de las dos coberturas. Como lo argumenta Montero (2015), la capacidad de intercambio catiónico depende esencialmente de los coloides orgánicos e inorgánicos del suelo compuestos por la materia orgánica, el contenido y tipo de arcillas, conformando el almacén de cationes y constituyéndose en la reserva nutritiva para las plantas. Y también lo menciona Agrolab (2005), la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) es una medida de la capacidad del suelo para retener y liberar elementos tales como K, Ca, Mg y Na. Los suelos con alto contenido de barro o de materia orgánica tienden a tener un alto CIC.

Por otro lado, Toledo (2016) también plantea, que los suelos con una alta CIC son más fértiles que los de baja CIC. En suelos con una baja CIC, los espacios donde puedan adherirse los nutrientes son reducidos, por lo que muchos de ellos quedan en la solución del suelo expuestos a ser lavados por el agua de riego o lluvias.

8.10 Relaciones Iónicas

8.10.1 Relación Ca/Mg

Tabla 14. Valores Obtenidos del Parámetro Relación Ca/Mg en los Análisis de Suelos de cada Área (pastizal - arbustal de parte alta, media y baja).

Parámetro	Tipo de Suelo	Resultado mg/kg	Interpretación
Ca/Mg	Pastizal parte alta	0,378	Crítico, deficiencia de calcio
	Pastizal parte media	0,365	Crítico, deficiencia de calcio
	Pastizal parte baja	0,392	Crítico, deficiencia de calcio
	Arbustal parte alta	0,549	Crítico, deficiencia de calcio
	Arbustal parte media	0,434	Crítico, deficiencia de calcio
	Arbustal parte baja	0,650	Crítico, deficiencia de calcio

Fuente: Autor (2021)

8.10.2 Relación Mg/K

Tabla 15 Valores Obtenidos del Parámetro Relación Mg/K en los Análisis de Suelos de cada Área (pastizal - arbustal de parte alta, media y baja).

Parámetro	Tipo de Suelo	Resultado mg/kg	Interpretación
Mg/K	Pastizal parte alta	13,63	Crítico, deficiencia de potasio
	Pastizal parte media	92,26	Crítico, deficiencia de potasio
	Pastizal parte baja	96,48	Crítico, deficiencia de potasio
	Arbustal parte alta	68,66	Crítico, deficiencia de potasio
	Arbustal parte media	27,88	Crítico, deficiencia de potasio
	Arbustal parte baja	29,39	Crítico, deficiencia de potasio

Fuente: Autor (2021)

8.10.3 Relación Ca/K

Tabla 16. Valores Obtenidos del Parámetro Relación Ca/K en los Análisis de Suelos de cada Área (pastizal - arbustal de parte alta, media y baja).

Parámetro	Tipo de Suelo	Resultado mg/kg	Interpretación
-----------	---------------	--------------------	----------------

Ca/K	Pastizal parte alta	5,15	Crítico, deficiencia de Calcio
	Pastizal parte media	33,68	Crítico, deficiencia de potasio
	Pastizal parte baja	37,84	Crítico, deficiencia de potasio
	Arbustal parte alta	37,67	Crítico, deficiencia de potasio
	Arbustal parte media	12,09	Crítico, deficiencia de Calcio
	Arbustal parte baja	19,11	Relación ideal

Fuente: Autor (2021)

De acuerdo a la relación entre las bases intercambiables, se obtuvieron las deficiencias en cada relación de los elementos calcio, potasio y magnesio que hay en cada cobertura. Como se puede evidenciar en general los valores arrojados de las relaciones iónicas, estos suelos presentan deficiencias de calcio y potasio en las dos coberturas se puede decir que en general presentan las mismas condiciones en cuanto a las deficiencias y no hay diferencias significativas entre ellas, salvo en la cobertura arbustal parte baja en relación Ca/K es la única que presenta condiciones ideales ya que su resultado se encuentra dentro los rangos aceptables y finalmente también los suelos de estas dos coberturas presentan condiciones óptimas de magnesio. Según el autor Ladino (2010) afirma que, cuando no se cumple la relación ni está aproximado a ella, hay que suministrar el elemento que sea deficiente, ya sea calcio, magnesio y/o potasio.

8.11 Prueba de compactación

Henríquez et al. (2011) considera que, la compactación afecta negativamente tanto en forma directa como indirecta diversas propiedades del suelo como la estructura, la dinámica del agua y el aire, así como procesos de oxidación-reducción y poblaciones de organismos.

A continuación, en la siguiente tabla, se relacionan los resultados obtenidos en campo de la prueba de compactación realizada con el penetrometro manual.

Tabla 17. *Datos de Prueba de Resistencia a la Penetración*

Cobertura	Profundidad (cm)	Fuerza (N)
Pastizal Alta	0	600
	1	700
	0	600
Pastizal Media	5	600

	5	600
	2	600
	10	500
Pastizal Baja	15	600
	10	400
	25	340
Arbustal Alta	20	400
	15	400
	15	240
Arbustal Media	20	100
	25	400
	20	300
Arbustal Baja	20	320
	20	400

Fuente: Autor (2021)

Los resultados obtenidos de la prueba de compactación realizada en campo, presentan que el suelo de *cobertura pastizal* en la parte alta y media se obtuvieron valores muy altos de fuerza ejercida (N) entre 600-700N, en estos puntos a medida que se trataba de profundizar, obteniendo bajas profundidades y hasta sin lograr una profundidad, lo que indica que son suelos muy compactados y poco profundos debido a la trayectoria del lugar. Para los puntos de la parte baja de esta cobertura, se logró obtener una mayor profundidad al momento de la penetración, debido a la diferencia de nivel, al estar ubicado en una zona más baja, este recibe el material de arrastre del resto de la pendiente; el cual presento mejor profundidad y mayor facilidad al realizar la prueba, lo que nos indica que es un suelo menos compactado. Los valores más bajos de resistencia a la penetración y mayor profundidad obtenida se logró la *cobertura arbustal*, en ambas variables presentan un comportamiento directamente proporcional, ya que a fuerza ejercida (N) con el dispositivo se obtuvo una mayor profundidad en cada intento; lo que indica que este suelo tiene mejor aireación y menor grado de compactación, por ende, puede ser el factor que está favoreciendo el desarrollo radicular y de crecimiento de las plantas establecidas en esta cobertura.

Esta tendencia de mayores valores de resistencia a la penetración en las capas superficiales del suelo, ha sido encontrado por otros investigadores principalmente en sistemas de pastoreo. Forsythe et al. (2005) citado en Henríquez et al. (2011) menciona el efecto de la compactación superficial en áreas dedicadas a la explotación ganadera, así como el apareamiento de encharcamiento y apareamiento de coloraciones grises (gleización) lo cual es evidencia de mala infiltración y de procesos de reducción en el suelo.

9. Prueba estadística t-Student

Para representar las diferencias significativas de los parámetros cuantitativos del suelo, y de acuerdo a la cantidad de datos se aplicó la metodología estadística **T ESTUDENT** en hoja de

cálculo Excel, ya que esta metodología es utilizada para determinar si hay una diferencia significativa entre las medias de dos grupos.

Los valores que presenta la primera tabla de cada parámetro nos indica la media de ambas coberturas con respecto al parámetro, y se define si son variables iguales o desiguales a partir de una prueba F, finalmente obtener el valor de p el cual nos indica el nivel de significancia.

A continuación, se muestra la prueba t- Student realizada para cada variable con un factor de 0.05.

Tabla 18. Prueba t-Student Parámetro Ph

		PASTIZAL	ARBUSTAL
PH		5,8	6,4
		5,4	5,9
		5,5	6,2
MEDIA		5,6	6,2
PRUEBA F		0,8125	
VARIABLES IGUALES		X	
VARIABLES DESIGUALES			
VALOR T		-3,18	
VALOR P		0,03	
	PASTIZAL	ARBUSTAL	
PH	5,8	6,4	
	5,4	5,9	
	5,5	6,2	
			Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales
			Ph
			PASTIZAL
			ARBUSTAL
			Media
			5,6
			6,2
			Varianza
			0,043
			0,063
			Observaciones
			3
			3
			Varianza agrupada
			0,053333333
			Diferencia hipotética de las medias
			0
			Grados de libertad
			4
			Estadístico t
			-3,181980515
			P(T<=t) una cola
			0,016735872
			Valor crítico de t (una cola)
			2,131846786
			P(T<=t) dos colas
			0,033471745
			Valor crítico de t (dos colas)
			2,776445105

Fuente: Autor (2021)

De acuerdo al valor de significancia se rechaza la hipótesis nula y se realiza prueba t para variables iguales donde el resultado obtenido es de 0.03 para el parámetro del Ph, el cual indica estadísticamente este parámetro si presentan diferencias significativas entre ambas coberturas.

Tabla 19. Prueba t-Student Parámetro MO

			ARBUSTAL
MO		1,14	0,59
		1,21	1,26
		1,7	1,22
MEDIA		1,35	1,02
PRUEBA F		0,79	
VARIABLES IGUALES		X	
VARIABLES DESIGUALES			
VALOR T		1,17	
VALOR P		0,31	

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales			
	PASTIZAL	ARBUSTAL	
			MO
			PASTIZAL
			ARBUSTAL
MO	1,14	0,59	Media
	1,21	1,26	Varianza
	1,7	1,22	Observaciones
			Varianza agrupada
			Diferencia hipotética de las medias
			Grados de libertad
			Estadístico t
			P(T<=t) una cola
			Valor crítico de t (una cola)
			P(T<=t) dos colas
			Valor crítico de t (dos colas)

Fuente: Autor (2021)

Como se aprecia en la tabla anterior, al valor de significancia se rechaza la hipótesis nula y se realiza prueba t para variables iguales donde el resultado obtenido es de 0.31 para el parámetro de la MO, el cual indica estadísticamente que no hay diferencias significativas entre ambas coberturas ya que su valor es mayor al valor de significancia (0.05).

Tabla 20. Prueba t-Student Parámetro CO

		PASTIZAL	ARBUSTAL
CO		0,66	0,34
		0,7	0,73
		0,99	0,71
MEDIA		0,78	0,59
PRUEBA F		0,80	
VARIABLES IGUALES		X	
VARIABLES DESIGUALES			
VALOR T		1,16	
VALOR P		0,31	

		PASTIZAL	ARBUSTAL	Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
CO		0,66	0,34			
		0,7	0,73			
		0,99	0,71			
				CO	PASTIZAL	ARBUSTAL
				Media	0,783333333	0,593333333
				Varianza	0,032433333	0,048233333
				Observaciones	3	3
				Varianza agrupada	0,040333333	
				Diferencia hipotética de las medias	0	
				Grados de libertad	4	
				Estadístico t	1,15868977	
				P(T<=t) una cola	0,15552283	
				Valor crítico de t (una cola)	2,131846786	
				P(T<=t) dos colas	0,311045661	
				Valor crítico de t (dos colas)	2,776445105	

Fuente: Autor (2021)

Teniendo como referencia la tabla 20, se confirma que el valor de significancia rechaza la hipótesis nula y se realiza prueba t para variables iguales donde el resultado obtenido es de 0.31 para el parámetro de la CO valor igualmente obtenido en el parámetro de la MO, por ende igualmente indica estadísticamente que no hay diferencias significativas entre ambas coberturas ya que su valor es mayor al valor de significancia (0.05).

Tabla 21. Prueba t-Student Parámetro AI

		PASTIZAL	ARBUSTAL	Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
AI		1	0,4			
		0,6	0,8			
		0,5	0,54			
MEDIA		0,70	0,58			
PRUEBA F		0,74				
VARIABLES IGUALES		X				
VARIABLES DESIGUALES						
VALOR T		0,62				
VALOR P		0,57				
				Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
				AI	PASTIZAL	ARBUSTAL
AI		1	0,4	Media	0,7	0,58
		0,6	0,8	Varianza	0,07	0,0412
		0,5	0,54	Observaciones	3	3
				Varianza agrupada	0,0556	
				Diferencia hipotética de las medias	0	
				Grados de libertad	4	
				Estadístico t	0,623289025	
				P(T<=t) una cola	0,283436582	
				Valor crítico de t (una cola)	2,131846786	
				P(T<=t) dos colas	0,566873164	
				Valor crítico de t (dos colas)	2,776445105	

Fuente: Autor (2021)

De acuerdo al valor de significancia se rechaza la hipótesis nula y se realiza prueba t para variables iguales y referente a la anterior tabla el resultado obtenido del valor p es de 0.5 para el parámetro del AI, el cual indica estadísticamente que no hay diferencias significativas ya que ese valor es mayor al nivel de significancia.

Tabla 22. Prueba t-Student Parámetro CE

		PASTIZAL	ARBUSTAL
CE		0,01	0,02
		0,04	0,01
		0,05	0,03
MEDIA		0,03	0,02
PRUEBA F		0,38	
VARIABLES IGUALES		X	
VARIABLES DESIGUALES			
VALOR T		1	
VALOR P		0,37	

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales			
		PASTIZAL	ARBUSTAL
CE	PASTIZAL	ARBUSTAL	
	0,01	0,02	
	0,04	0,01	
	0,05	0,03	
		CE	PASTIZAL ARBUSTAL
		Media	0,033333333 0,02
		Varianza	0,000433333 0,0001
		Observaciones	3 3
		Varianza agrupada	0,000266667
		Diferencia hipotética de las medias	0
		Grados de libertad	4
		Estadístico t	1
		P(T<=t) una cola	0,186950483
		Valor crítico de t (una cola)	2,131846786
		P(T<=t) dos colas	0,373900966
		Valor crítico de t (dos colas)	2,776445105

Fuente: Autor (2021)

En la tabla 22 se observa que el valor de significancia rechaza la hipótesis nula y se realiza prueba t para variables iguales donde el resultado obtenido es de 0.3 para el parámetro de la CE, el cual indica estadísticamente que no hay diferencias significativas entre ambas coberturas ya que el valor es mayor a 0.05.

Tabla 23. Prueba t-Student Parámetro P

		PASTIZAL	ARBUSTAL
P		0,2	0,24
		1,68	0,8
		1,35	0,4
MEDIA		1,08	0,48
PRUEBA F		0,24	
VARIABLES IGUALES		X	
VARIABLES DESIGUALES			
VALOR T		1,25	
VALOR P		0,28	
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales			
		P	PASTIZAL ARBUSTAL
P	PASTIZAL	ARBUSTAL	
	0,2	0,24	
	1,68	0,8	
	1,35	0,4	
		Media	1,076666667 0,48
		Varianza	0,603633333 0,0832
		Observaciones	3 3
		Varianza agrupada	0,343416667
		Diferencia hipotética de las medias	0
		Grados de libertad	4
		Estadístico t	1,24700077
		P(T<=t) una cola	0,140213845
		Valor crítico de t (una cola)	2,131846786
		P(T<=t) dos colas	0,280427691
		Valor crítico de t (dos colas)	2,776445105

Fuente: Autor (2021)

Igualmente, el parámetro P y de acuerdo a los resultados valor de significancia se rechaza la hipótesis nula y se realiza prueba t para variables iguales, estadísticamente ambas coberturas no presentan diferencias significativas ya que como se observa en la tabla anterior el valor p (0.2) es mayor al valor de significancia (0.05).

Tabla 24. Prueba t-Student Parámetro CIC

		PASTIZAL	ARBUSTAL
CIC		1,82	0,12
		6,91	7,81
		8,83	5,23
MEDIA		5,85	4,39
PRUEBA F		0,92	
VARIABLES IGUALES		X	
VARIABLES DESIGUALES			
VALOR T		0,48	
VALOR P		0,66	

			Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
			<i>CIC</i>		
	PASTIZAL	ARBUSTAL	PASTIZAL	ARBUSTAL	
CIC	1,82	0,12	Media	5,853333333	4,386666667
	6,91	7,81	Varianza	13,12243333	15,31743333
	8,83	5,23	Observaciones	3	3
			Varianza agrupada	14,21993333	
			Diferencia hipotética de las medias	0	
			Grados de libertad	4	
			Estadístico t	0,476352305	
			P(T<=t) una cola	0,329338234	
			Valor crítico de t (una cola)	2,131846786	
			P(T<=t) dos colas	0,658676468	
			Valor crítico de t (dos colas)	2,776445105	

Fuente: Autor (2021)

De acuerdo a la información que presenta la tabla 24, el valor p (0.6) es mayor al valor de significancia el cual indica que no hay diferencias significativas entre ambas coberturas, y de igual manera rechaza la hipótesis nula y se realizó prueba t para variables iguales.

Tabla 25. Prueba t-Student Parámetro Ca/Mg

			PASTIZAL	ARBUSTAL
Ca/Mg			0,38	0,55
			0,37	0,43
			0,39	0,65
MEDIA			0,38	0,54
PRUEBA F			0,016	
VARIABLES IGUALES				
VARIABLES DESIGUALES			X	
VALOR T			-2,56	
VALOR P			0,12	

			Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales		
			<i>Ca/Mg</i>		
	PASTIZAL	ARBUSTAL	PASTIZAL	ARBUSTAL	
Ca/Mg	0,38	0,55	Media	0,38	0,543333333
	0,37	0,43	Varianza	0,0001	0,012133333
	0,39	0,65	Observaciones	3	3
			Diferencia hipotética de las medias	0	
			Grados de libertad	2	
			Estadístico t	-2,55777918	
			P(T<=t) una cola	0,062430229	
			Valor crítico de t (una cola)	2,91998558	
			P(T<=t) dos colas	0,124860458	
			Valor crítico de t (dos colas)	4,30265273	

Fuente: Autor (2021)

Como se observa en la tabla anterior la prueba f se obtuvo un valor de 0.016 el cual indica que se debe realizar la prueba t para varianzas desiguales, donde el resultado obtenido es 0.12 para la relación Ca/Mg, el cual indica estadísticamente que no hay diferencias significativas entre ambas coberturas.

10. Conclusiones

La parcela san Francisco perteneciente a la zonificación, del área de compensación ecológica del bosque seco tropical, presento dos escenarios notorios, que se diferenciaban de una cobertura a la otra, en este caso cobertura pastizal y cobertura arbustal como ecosistema medianamente conservado en el lugar.

Es relevante, mencionar que la abundancia de pasturas (Pasto Brachiaria) en el área de la cobertura de pastizal no permite el establecimiento para la diversificación de este ecosistema, debido a su alta competitividad. Además, en el área arbustal se denoto diferencias caracterizadas por el establecimiento de especies nativas tanto de herbáceas, arbustales, y leñosos del ecosistema de bosque seco tropical Bs-t.

La prueba de compactación realizada en la cobertura de pastizal parte alta y media presentaron valores de fuerza ejercida de 600 – 700 (N) y profundidades de 0 – 5cm, lo que indica que ambas partes presentan problemas de compactación; a diferencia de la parte baja de esta cobertura que se obtuvieron valores de fuerza ejercida de 400 – 500 (N) y profundidad de 10 – 15cm, significa que a medida que se ejercía fuerza se obtenía mayor profundidad, no se encontraba tan compacto como las partes anteriores.

La prueba de compactación realizada en la cobertura de arbustal (ecosistema de referencia) presento valores de fuerza ejercida de 100 – 400 (N) logrando profundidades de 15 – 25cm lo que indica que estos suelos presentan mejor aireación y su compactación es menor.

Las clasificaciones texturales de las dos coberturas no presentaron diferencias significativas, ya que, de acuerdo a sus porcentajes de granulometría, ambas son de textura Franco Arcillo – Arenoso (Fr Ar-A).

El resultado de las propiedades químicas permitió una mayor idea del estado actual del suelo en las dos coberturas. En la zona de estudio, presentaron valores bajos, aunque heterogéneos en general, no obstante, se apreciaron constantes deficiencias de fósforo, de Carbono Orgánico, Materia Orgánica, de Calcio y Potasio. Cabe resaltar que se generaliza ya que entre las dos coberturas no se presentaron diferencias significativas en cuanto a los parámetros químicos.

Los valores de la acidez intercambiable resultaron ser bajos a muy bajos, esto quiere decir que no se correlacionaron con las bajas cantidades de pH. Los valores de pH del ecosistema de referencia oscilaron entre 5,9 – 6,4 (moderadamente ácidos a ligeramente ácidos), lo que quiere decir que estaban más cercanos a la neutralidad (7) y no presentan problemas de acidez; a diferencia de la cobertura de pastizal que presentó pH entre 5,4 – 5,8 (fuertemente ácidos a moderadamente ácidos) y presentan mayor grado de acidez. En estos rangos de pH la disponibilidad de los nutrientes es más restringida para la absorción de las plantas, pero no está generando problemas radiculares, ni toxicidad a las plantas ya que su AI se encuentra baja.

La cobertura pastizal y el ecosistema de referencia (arbustal) presentaron bajos porcentajes de contenido de materia orgánica (MO), carbono orgánico (CO) y una baja Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), estos suelos se consideran poco productivos, ya que a los valores resultaron siendo muy bajos afectando la calidad al suelo y aumentando su degradación.

En cuanto a los suelos, ambas coberturas presentan semejanzas de condiciones en los parámetros químicos y la textura, salvo la resistencia a la penetración del suelo, ya que, que este parámetro si presentó diferencias. En cuanto los parámetros químicos son suelos que no tienen problemas de acidez intercambiable, no presentan problemas de sales, pero si presentan

deficiencias de CO, MO, Fosforo, Calcio y Potasio, su fertilidad es baja y tienen una baja CIC; de acuerdo a los indicadores de calidad como el CO, MO y CIC estos suelos presentan muy baja calidad, poca productividad e indicativo de degradación en ambas coberturas vegetativas.

De acuerdo a los resultados obtenidos y según la metodología empleada (t-Student), los parámetros químicos cuantitativos del suelo evaluados (MO, CO, AI, CE, P, CIC y la relación Ca/Mg) para ambas coberturas vegetales, estadísticamente no presentan diferencias significativas excepto el Ph.

11. Recomendaciones

De acuerdo a los resultados obtenidos de los análisis de suelos realizados en el año 2020, se propone los manejos adecuados a las propiedades físico-químicas del suelo teniendo en cuenta mejoras o enmiendas que contribuyan a la restauración tanto del suelo como del ecosistema.

Ya que los suelos de la zona de estudio, en su actualidad son suelos con el propósito de conservación, destinados para la restauración de las especies nativas del Ecosistema de Bosque Seco Tropical, las recomendaciones realizadas van encaminadas a enmendar y/o mejorar las condiciones naturales del suelo, mas no dirigidas a un plan de fertilización. Para este ecosistema no hay información de la cual se pueda hablar de requerimientos nutricionales, como normalmente se relaciona la fertilización en la producción agrícola.

En el área de cobertura pastizal, se recomienda realizar labranza reducida para lograr descompactar el suelo y posterior a esto sembrar árboles, más específicamente leguminosas de especies nativas; con el objetivo de mejorar la aireación del suelo, aportar sombrero para la erradicación del pasto *Brachiaria* que funcione como abono verde, mejorar el aporte de nitrógeno, hábitat para la fauna y por ende también aporte de materia orgánica y carbono orgánico al suelo.

Para las dos coberturas es necesario adicionar materia orgánica, para mejorar su contenido en el suelo como para regular el pH, mejorar la capacidad de intercambio catiónico, la porosidad del suelo y aumentar su fertilidad.

Proponer un seguimiento o monitoreo al suelo, con el objetivo de seguir evaluando las propiedades físico-químicas de esta área, antes y después de realizar las mejoras.

Divulgar la importancia de este recurso ecosistémico para la contribución en la restauración y conservación del ecosistema de Bs-t y por ende, a la biodiversidad.

Referencias Bibliográficas

- Agrolab (2005). *Guia de Referencia para la Interpretación de Análisis de Suelos*.
- Andrades , M., & Martínez , M. E. (2014). *Fertilidad del Suelo y Parametros que la Definen*. 3 Edición.
- Astier Calderón , M., Mass Moreno , M., & Etchevers Barra, J. (2002). *Derivación de Indicadores de Calidad de Suelos en el Contexto de la Agricultura Sostenible*. Agrociencia, 17.
- Campos Segura , R. (2013). *Manual de Suelos Guías de Laboratorio y Campo*. Universidad de la Salle , Bogotá.
- Castellanos , J. (2000). *Guia para la Interpretación de Análisis de Suelo y Agua*. Intagri, 10.
- Castro Mendez, C. (2018). *Tabla Munsell: Teórica y Práctica*. IGAC, Bogotá.
- Corporación Colombiana de Investigació Agropecuaria . (s.f.). Universidad de Pamplona . Obtenido de Universidad de Pamplona : http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portaIG/home_4/mod_virtuales/modulo2/tema_21.html
- Espinoza , L., Slaton , N., & Mozaffari , M. (s.f.). *Como Interpretar los Resultados de los Análisis de Suelos*. División de Agricultura de la Universidad de Arkansas, 4. Obtenido de <https://www.uaex.edu/publications/pdf/fsa-2118sp.pdf>
- Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerna, J., Cruz Gaishard, C., Encina Rojas, A., . . . Vargas, R. (2014). *Atlas de suelos de américa latina y el caribe*. Comisión europea. doi:10.2788/37334
- Gomez , C. E., Ojeda , E., Alvarez , C. M., Sanchez , R., Otero , J., Carrillo , H., . . . Camacho , M. A. (2010). *Protocolo para la Identificación y Evaluacion de los Procesos de Degradación de Suelos y Tierras por Desertificación*. Bogotá.

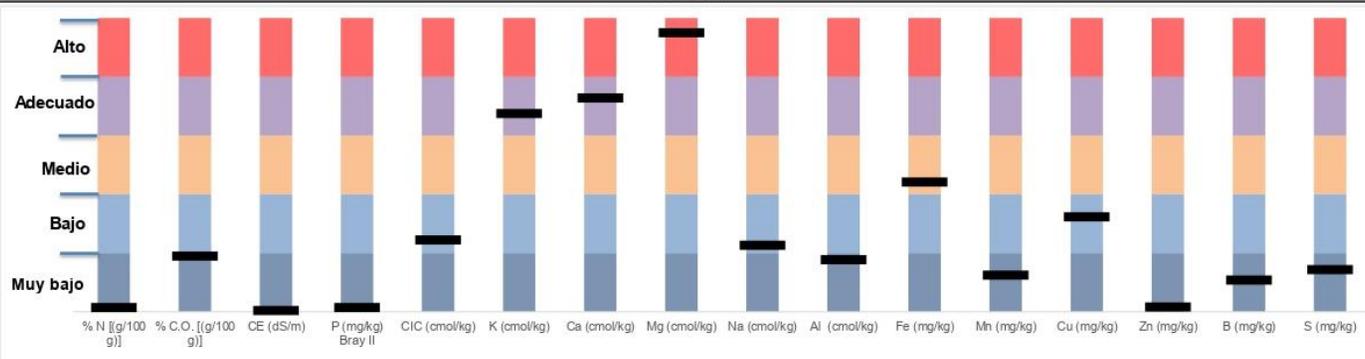
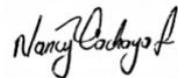
- Guauque Diaz, G. A. (2016). *Caracterización de los Suelos del Área de Compensación Ecológica a Escala 1:25.000 y Caracterización de los Suelos en las Áreas Priorizadas a Escala 1:10.000*.
- Grupo de Restauración Ecológica GRENUAL. (2012). *Guías Técnicas para la Restauración Ecológicas de los Ecosistemas de Colombia*. Bogotá.
- Grupo de Restauración Ecológica, Universidad Nacional de Colombia . (2008). *Estrategias para la Restauración Ecológica del Bosque Altoandino* . Cagua, Cundinamarca .
- Henríquez , C., Ortiz, O., Largaespada , K., Portugués , P., Vargas , M., Villalobos , P., & Gómez , D. (01 de Abril de 2011). *Determinación de la Resistencia a la Penetración, al Corte Tangencial, Densidad Aparente y Temperatura en el Suelo Cafetero, Juan Viñas, Costa Rica*. Agronomía Costarricense, 10. Obtenido de file:///C:/Users/admin/Downloads/Dialnet-DeterminacionDeLaResistenciaALaPenetracionAlCorteT-3855281.pdf
- Hernandez Criado, J. C., Herrera Galviz, J. D., & Granadillo Cuello , J. A. (2016). *Establecimiento de la Cobertura Vegetal en Suelos Degradados del Bosque Seco Tropical de la UFPSO*. Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 6. doi:10.14483
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). (2014). *Bosque Seco Tropical en Colombia* . (C. Pizano , & H. Garcia , Edits.) Bogotá, Colombia .
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt . (2015). *Fundamentos y Consideraciones Generales sobre Restauración Ecológica para Colombia* . Humboldt, 30.
- INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI (IGAC), INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM) Y MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL (MAVDT). (2010). *PROTOCOLO PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE DEGRADACIÓN DE SUELOS Y TIERRAS POR DESERTICACIÓN*. Bogotá.
- Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura . (s.f.). *El Aluminio y el Desarrollo Radical de los Cultivos*. Intagri. Obtenido de Intagri : <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/el-aluminio-y-el-desarrollo-radical-de-los-cultivos>
- Kuepfel, M., & Lippert , B. (22 de Octubre de 2012). *Cambiando el Ph* . Obtenido de Cambiando el Ph : <https://hgic.clemson.edu/factsheet/cambiando-el-ph-del-suelo/#:~:text=Factores%20que%20afectan%20el%20pH%20del%20Suelo&text=Cuando%20el%20agua%20pasa%20a%20traves,%C3%A1cidos%20como%20aluminio%20y%20hi%20erro.&text=Tambi%C3%A9n%20la%20descomposici%C3%B3n%20d>
- L. Jesen , J., Schjonning , P., W. Watts, C., T. Christensen , B., B. Obour , P., & J. Munkholm, L. (2020). *Degradación y Recuperación del Suelo: Cambios en las Fracciones de Materia Orgánica y Estabilidad Estructural*. ScienceDirect, 29. doi:10.1016
- Ladino Paque, Á. (2010). *Caracterización de Propiedades Fisico-Químicas de los Suelos de la Zona Cafetera del Municipio de Isnos con el Fin de Establecer su Aptitud de Uso y Manejo*. Neiva.

- Lizcano Toledo, R., Olivera Viciado, D., Saavedra Mora, D., Machado Cuellar, L., Valencia, E. R., Moreno Pérez, M. F., & Flórez, M. F. (2017). *Muestreo de Suelos, Técnicas de Laboratorio e Interpretación de Análisis de Suelos*. Centro de Formación Agroindustrial la Angostura Regional - Huila, Campoalgre.
- Luters, A., & Salazar Lea Plaza, J. C. (2000). *Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo*. Instituto de Calidad de Suelos, Argentina.
- Marando, G. (2012). *Estudio de los Cambios, Durante el Proceso de Restauración, en la Materia Orgánica, Biomasa Microbiana y las actividades Biológicas de los Suelos Degradados Enmendados con Lodos de EDAR Sometidos a Diferentes Posttratamientos*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Catalunya, Catalunya.
- Martínez, E., Puentes, J. P., & Acevedo H, E. (2008). Carbono Orgánico y Propiedades del Suelo. *Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal*, 12.
- Melo Cruz, O., & Vargas Ríos, R. (2003). *Evaluación Ecológica y Silvicultural de los Ecosistemas Boscosos*. Ibagué.
- Mina Galeano, M., & Palecia Rivera, J. (2017). *Transformación del Bosque Seco Tropical y del Servicio Ecosistémico de Apoyo "Habitat para Especies" en los Municipios Pertenecientes a la Jurisdicción de la Hidroeléctrica el Quimbo (Huila, Colombia) Durante los Años 2000 y 2016*. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Bogotá.
- Mongil Manso, J., & Martínez de Azagra Paredes, A. (2008). Restauración de los Suelos y de la Vegetación en la Lucha Contra la Desertificación. *Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 5.
- Mongil Manso, J., & Martínez de Azagra Paredes, A. (2008). Restauración de los Suelos y de la Vegetación en la Lucha Contra la Desertificación. *Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 5.
- Montero Espinosa, J. E. (2015). *Diagnóstico de la Fertilidad de los Suelos en el Departamento del Huila*. Neiva.
- Mora Cubillos, D. E., & Losada Losada, H. F. (2015). *Evaluación de Algunas Propiedades Hidrofísicas del Suelo Bajo Diferentes Condiciones de Manejo y Conservación*. Tesis, Neiva.
- Navarrete Segueda, A., Vela Correa, G., López Blanco, J., & Rodríguez Gamiño, M. (2011). Naturaleza y Utilidad de los Indicadores de la Calidad del Suelo. 9.
- Núñez Ravelo, F. (2013). Efectos de la costra microbiótica en algunas propiedades del suelo. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, 15. doi:10.14350
- Orjuela, H. B. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 8. doi:10.22267
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2017). *Mapa de Carbono Orgánico del Suelo*.

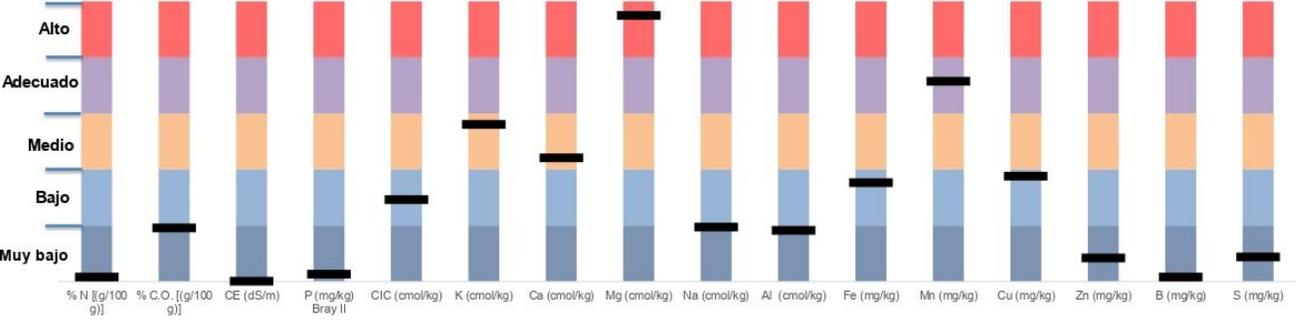
- Osorio , W. (2012). Como Interpretar los Resultados del Analisis de la Fertilidad del Suelo. *Universidad Nacional*, 3.
- Peña Venegas , R. (2013). *Manual Técnico para la Interpretación de Análisis de Suelos y Fertilización de Cultivos*. Bogotá: Universidad de la Salle.
- Pizano , C., & García , H. (2014). *El Bosque Seco Tropical en Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt , Bogotá.
- Pla Sentis , I. (2015). *Problemas de Degradación de Suelos en America Latina: Evaluación de Causas y Efectos*. Obtenido de <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/1.-Problemas-de-Degradacion1.pdf>
- Pla Sentis , I. (s.f.). Problemas de degradación de suelos en américa latina:Evaluación de causas y efectos . *X congreso ecuatoriano de la ciencia del suelo*, 13.
- Programa de Investigación Científica Fondo Nacional del Café. (2016). *La Acidez del Suelo, una Limitante Común para la Producción de Café* .
- Rattan Lal. (13 de Mayo de 2015). Restauración de la Calidad del Suelo para Mitigar la Degradación del Suelo. (M. A. Rosen, Ed.) *Sustentabilidad*, 37. doi:10.3390
- Rivera Montilla , N. E., & Cortes Bernal , R. (2016). *Caracterización y Evaluación de la Fertilidad Actual de los Suelos de la Granja Experimental de la Univerdad Surcolombiana*. Tesis , Neiva.
- Rivera, Y., Moreno, L., Herrera, M., & Romero, H. (Enero-Marzo de 2016). La Toxicidad por Aluminio Al³⁺ como Limitante del Crecimiento y la Productividad Agrícola: el Caso de la Palma de Aceite. *Palmas, I*, Bogota. Recuperado el 6 de Mayo de 2021, de file:///C:/Users/admin/Downloads/11696-Texto-12949-1-10-20160503.pdf
- Romero, C. M. (2014). *Estado Degradación/Recuperación de Suelos Agrícolas en el Departamento Tercero Arriba*. Cordoba.
- Romero, C. M. (2014). *Estado Degradación/Recuperación de Suelos Agrícolas en el Departamento Tercero Arriba (Córdoba)*. Córdoba .
- Sarria Carabalí, M. M., Cortes Paez , L. E., & Martin Peinado , F. J. (2015). Evaluación de la Recuperación de Suelos Contaminados por el Vertido de Aznalcóllar. *Acta Agronomica*, 10. doi:10.15446
- Soil Survey Staff. (2014). *Claves para la Taxonomía de Suelos* . Estados Unidos : Segunda Edición 2014.
- Toledo , M. (2016). *Manejo de Suelos Ácidos de las Zonas Altas de Honduras*. Honduras: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- USDA. (2001). *Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo*.
- Vargas , O., Diz Espinosa , A., Trujillo , L., Velasco Linares , P., Diaz Martin , R., León , O., & Montenegro , A. (2007). *Barreras de la Restauración Ecológica* . Bogotá.
- Vargas, O., & Montenegro, A. (2008). *Barreras para la Restauración Ecológica*.

ANEXOS

Anexo1: Resultados de Análisis de Suelo Cobertura de Arbustal – Parte Alta.

 Servicios Tecnológicos La Angostura		LABORATORIO DE CIENCIAS BÁSICAS PROCEDIMIENTO DE REPORTE Y ENTREGA DE RESULTADOS FORMATO DE INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS DE SUELOS				Versión: 5 Código: F-PSS-002 Página: 1 de 1						
DATOS DEL SOLICITANTE												
NIT/CC: 860.404.135		Empresa: Fundación Natura Colombia		Informe No. 003-2020								
Dirección: Cra 21 No. 39 - 43		Contacto: Maria Alejandra Oviedo Jaimes		Fecha Informe: 2020-04-03								
Municipio/Departamento: Bogotá D.C.		Teléfono: (+57) (1) 2455700		Correo electrónico: alejandraoviedojaime@gmail.com								
DATOS DEL LABORATORIO												
NIT/CC: 899.999.034-1		Nombre: Laboratorio de Ciencias Básicas - Centro de Formación Agroindustrial "La Angostura"		Dirección: km 38 vía al sur de Neiva								
Municipio/Departamento: Campoalegre/Huila		Teléfono de contacto: (+57) 3102754389		Correo electrónico: lguaca@sena.edu.co								
INFORMACIÓN ACERCA DE LA MUESTRA Y RESULTADOS												
Nombre y/o descripción de la muestra: Muestra de suelo N°1		Código Interno Muestra: 003-S-2020		Fuente de la muestra: Parcela "San Pacho"								
Lugar de muestreo: Vereda Pedemal- El Agrado		Fecha de muestreo: 2020-02-22		Fecha de ingreso: 2020-02-28		Fecha de análisis: del 2020-03-04 al 2020-04-02						
Parámetro y unidades	pH [unidades de pH]	Textura			A.I. [cmol(+)/kg]	CE [dS/m]	C.O. (%) [g/100 g]	M.O. (%) [g/100 g]	N total (%) [g/100 g]	P disp. [mg/kg]		
		% Arena	% Limo	% Arcilla								
Resultado	6.2	52.00	21.33	26.66	0.54	0.03	0.71	1.22	0.09	0.44		
Parámetro y unidades	Bases intercambiables [cmol(+)/kg] o [meq/100 g]				Micronutrientes [mg/kg]				CIC [cmol(+)/kg]	CICE [cmol/kg]	B disp. [mg/kg]	S disp. [mg/kg]
		Na	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn	Cu			
Resultado	2.75	0.62	11.85	18.22	3.75	43.02	< 0,1	0.97	5.23	33.98	0.13	2.59
NOTA: Los resultados corresponden únicamente a la muestra procesada en el laboratorio y no a otro material de la misma procedencia. Las contramuestras permanecerán almacenadas por seis meses a partir de la emisión del resultado.												
GRÁFICA												
												
MÉTODOS: Acidez intercambiable (A.I.), Volumétrico, NTC 5263:2017 - Azufre disponible, turbidimétrico, NTC 5402:2006 - Bases Intercambiables (Ca, Mg, Na, K), espectrofotometría de absorción atómica, NTC 5349:2016 - Boro, Colorimétrico, NTC 5404:2011 - Capacidad de intercambio catiónico (CIC), acetato de amonio 1N pH 7, NTC 5268:2014 - Carbono Orgánico (C.O.), Volumétrico (Walkley y Black), NTC 5403:2013 - Conductividad eléctrica (CE), potenciométrico, NTC 5596:2008 - Fósforo disponible, Bray II, NTC 5350:2016 - Materia orgánica, Volumétrico (Walkley y Black) o cálculo, NTC 5403:2013 - Micronutrientes (Zn, Fe, Mn, Cu), espectrofotometría de absorción atómica, NTC 5526:2007 - Nitrógeno total, Kjeldahl modificado, NTC 5889:2011 - pH, potenciométrico, NTC 5264:2018 - Textura, Bouyoucos, NTC 6299:2018.												
CONVENCIONES: N.S.: No solicitado; I.M.: Insuficiente Muestra; > Mayor; < Menor.												
INFORMACIÓN DE LA DESVIACIÓN DE LOS MÉTODOS DE ENSAYO: No se presentaron desviaciones en los métodos evaluados.												
 Nancy Cachaya Lemus Gestor Técnico				 Luis Carlos Gutierrez Peña Gestor de Calidad				 Lised Guaca Cruz Gestor de Laboratorio				
FIN DEL REPORTE DE RESULTADOS												

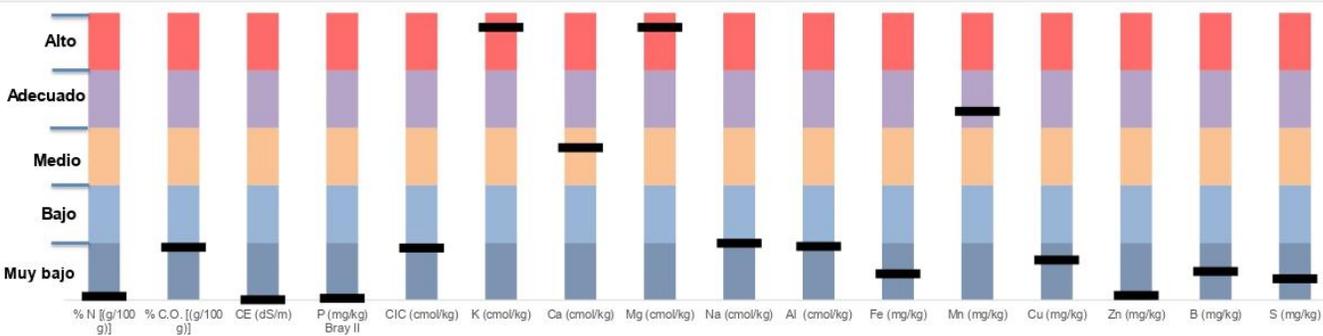
Anexo 2: Resultados de Análisis de Suelo Cobertura de Arbustal – Parte Media.

 Servicios Tecnológicos La Angostura	LABORATORIO DE CIENCIAS BÁSICAS PROCEDIMIENTO DE REPORTE Y ENTREGA DE RESULTADOS FORMATO DE INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS DE SUELOS			Versión: 5 Código: F-PSS-002 Página: 1 de 1
	DATOS DEL SOLICITANTE			
	NIT/CC: 860,404,135 Dirección: Cra 21 No. 39 - 43 Municipio/Departamento: Bogotá D.C.	Empresa: Fundación Natura Colombia Contacto: Maria Alejandra Oviedo Jaimes Teléfono: (+57) (1) 2455700	Informe No.: 004-2020 Fecha Informe: 2020-04-03 Correo electrónico: alejandraoviedojaime@gmail.com	
DATOS DEL LABORATORIO				
NIT/CC: 899.999.034-1 Municipio/Departamento: Campoalegre/Huila	Nombre: Laboratorio de Ciencias Básicas - Centro de Formación Agroindustrial "La Angostura" Teléfono de contacto: (+57) 3102754389	Dirección: km 38 vía al sur de Neiva Correo electrónico: lguaca@sena.edu.co		
INFORMACIÓN ACERCA DE LA MUESTRA Y RESULTADOS				
Nombre y/o descripción de la muestra: Muestra de Suelo N°2 Lugar de muestreo: Vereda Pedemal- El Agrado	Código Interno Muestra: 004-S-2020 Fecha de muestreo: 2020-02-22	Fuente de la muestra: Parcela "San Pacho" Fecha de ingreso: 2020-02-28	Fecha de análisis: del 2020-03-04 al 2020-04-02	
Parámetro y unidades pH [unidades de pH] Textura % Arena % Limo % Arcilla Resultado	A.I. [cmol(+)/kg] Resultado 0.79	CE [dS/m] Resultado 0.01	C.O. (%) [g/100 g] Resultado 0.73	M.O. (%) [g/100 g] Resultado 1.26
Parámetro y unidades Bases intercambiables [cmol(+)/kg] o [meq/100 g] Na K Ca Mg Resultado 1.31 0.41 4.96 11.43	Micronutrientes [mg/kg] Mn Fe Zn Cu Resultado 21.46 32.45 0.51 1.26	CIC [cmol(+)/kg] Resultado 7.81	CICE [cmol/kg] Resultado 18.90	B disp. [mg/kg] Resultado 0.02
Resultado 0.10	S disp. [mg/kg] Resultado 1.59			
NOTA: Los resultados corresponden únicamente a la muestra procesada en el laboratorio y no a otro material de la misma procedencia. Las contramuestras permanecerán almacenadas por seis meses a partir de la emisión del resultado.				
GRÁFICA				
				
MÉTODOS: Acidez intercambiable (A.I.), Volumétrico, NTC 5263:2017 - Azufre disponible, turbidimétrico, NTC 5402:2006 - Bases Intercambiables (Ca, Mg, Na, K), espectrofotometría de absorción atómica, NTC 5349:2016 - Boro, Colorimétrico, NTC 5404:2011 - Capacidad de intercambio catiónico (CIC), acetato de amonio 1N pH 7, NTC 5268:2014 - Carbono Orgánico (C.O.), Volumétrico (Walkley y Black), NTC 5403:2013 - Conductividad eléctrica (CE), potenciométrico, NTC 5596:2008 - Fósforo disponible, Bray II, NTC 5350:2016 - Materia orgánica, Volumétrico (Walkley y Black) o cálculo, NTC 5403:2013 - Micronutrientes (Zn, Fe, Mn, Cu), espectrofotometría de absorción atómica, NTC 5526:2007 - Nitrógeno total, Kjeldahl modificado, NTC 5889:2011 - pH, potenciométrico, NTC 5264:2018 - Textura, Bouyoucos, NTC 6299:2018.				
CONVENCIONES: N.S.: No solicitado; I.M.: Insuficiente Muestra; > Mayor; < Menor.				
INFORMACIÓN DE LA DESVIACIÓN DE LOS MÉTODOS DE ENSAYO: No se presentaron desviaciones en los métodos evaluados.				
 Nancy Cachaya Lemus Gestor Técnico	 Luis Carlos Gutiérrez Peña Gestor de Calidad	 Lised Guaca Cruz Gestor de Laboratorio		
FIN DEL REPORTE DE RESULTADOS				

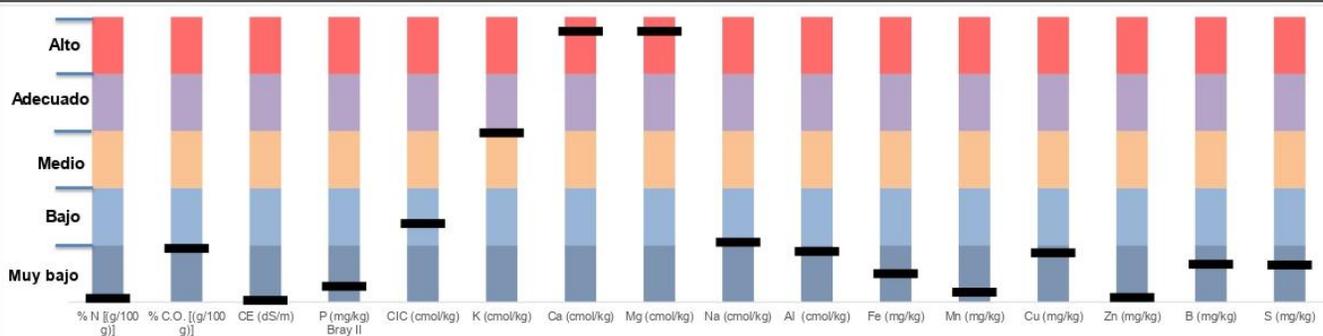
Anexo 3: Resultados de Análisis de Suelo Cobertura de Arbustal – Parte Baja.

 Servicios Tecnológicos La Angostura		LABORATORIO DE CIENCIAS BÁSICAS PROCEDIMIENTO DE REPORTE Y ENTREGA DE RESULTADOS FORMATO DE INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS DE SUELOS				Versión: 5 Código: F-PSS-002 Página: 1 de 1						
DATOS DEL SOLICITANTE												
NIT/CC:	860,404,135	Empresa:	Fundación Natura Colombia	Informe No.	005-2020							
Dirección:	Cra 21 No. 39 - 43	Contacto:	María Alejandra Oviedo Jaimes	Fecha Informe:	2020-04-03							
Municipio/Departamento:	Bogotá D.C.	Teléfono:	(+57) (1) 2455700	Correo electrónico:	alejandraoviedojaime@gmail.com							
DATOS DEL LABORATORIO												
NIT/CC:	899.999.034-1	Nombre:	Laboratorio de Ciencias Básicas - Centro de Formación Agroindustrial "La Angostura"	Dirección:	km 38 vía al sur de Neiva							
Municipio/Departamento:	Campoalegre/Huila	Teléfono de contacto:	(+57) 3102754389	Correo electrónico:	lguaca@sena.edu.co							
INFORMACIÓN ACERCA DE LA MUESTRA Y RESULTADOS												
Nombre y/o descripción de la muestra:	Muestra de Suelo N°3	Código Interno Muestra:	005-S-2020	Fuente de la muestra:	Parcela "San Pacho"							
Lugar de muestreo:	Vereda Pedemal- El Agrado	Fecha de muestreo:	2020-02-22	Fecha de ingreso:	2020-02-28		Fecha de análisis:	del 2020-03-04 al 2020-04-02				
Parámetro y unidades	pH [unidades de pH]	Textura			A.I. [cmol(+)/kg]	CE [dS/m]	C.O. (%) [g/100 g]	M.O. (%) [g/100 g]	N total (%) [g/100 g]	P disp. [mg/kg]		
Resultado	6.4	% Arena	% Limo	% Arcilla	0.39	0.02	0.34	0.59	0.05	0.24		
Parámetro y unidades	Bases intercambiables [cmol(+)/kg] o [meq/100 g]				Micronutrientes [mg/kg]				CIC [cmol(+)/kg]	CICE [cmol/kg]	B disp. [mg/kg]	S disp. [mg/kg]
	Na	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn	Cu				
Resultado	35.31	1.03	38.80	70.72	13.71	6.96	1.27	1.10	0.12	146.25	0.13	1.23
NOTA: Los resultados corresponden únicamente a la muestra procesada en el laboratorio y no a otro material de la misma procedencia. Las contramuestras permanecerán almacenadas por seis meses a partir de la emisión del resultado.												
GRÁFICA												
MÉTODOS: Acidez intercambiable (A.I.), Volumétrico, NTC 5263:2017 - Azufre disponible, turbidimétrico, NTC 5402:2006 - Bases Intercambiables (Ca, Mg, Na, K), espectrofotometría de absorción atómica, NTC 5349:2016 - Boro, Colorimétrico, NTC 5404:2011 - Capacidad de intercambio catiónico (CIC), acetato de amonio 1N pH 7, NTC 5268:2014 - Carbono Orgánico (C.O.), Volumétrico (Walkley y Black), NTC 5403:2013 - Conductividad eléctrica (CE), potenciométrico, NTC 5596:2008 - Fósforo disponible, Bray II, NTC 5350:2016 - Materia orgánica, Volumétrico (Walkley y Black) o cálculo, NTC 5403:2013 - Micronutrientes (Zn, Fe, Mn, Cu), espectrofotometría de absorción atómica, NTC 5526:2007 - Nitrógeno total, Kjeldahl modificado, NTC 5889:2011 - pH, potenciométrico, NTC 5264:2018 - Textura, Bouyoucos, NTC 6299:2018.												
CONVENCIONES: N.S.: No solicitado; I.M.: Insuficiente Muestra; > Mayor; < Menor.												
INFORMACIÓN DE LA DESVIACIÓN DE LOS MÉTODOS DE ENSAYO: No se presentaron desviaciones en los métodos evaluados.												
 Nancy Cachaya Lemus Gestor Técnico				 Luis Carlos Gutiérrez Peña Gestor de Calidad				 Lised Guaca Cruz Gestor de Laboratorio				
FIN DEL REPORTE DE RESULTADOS												

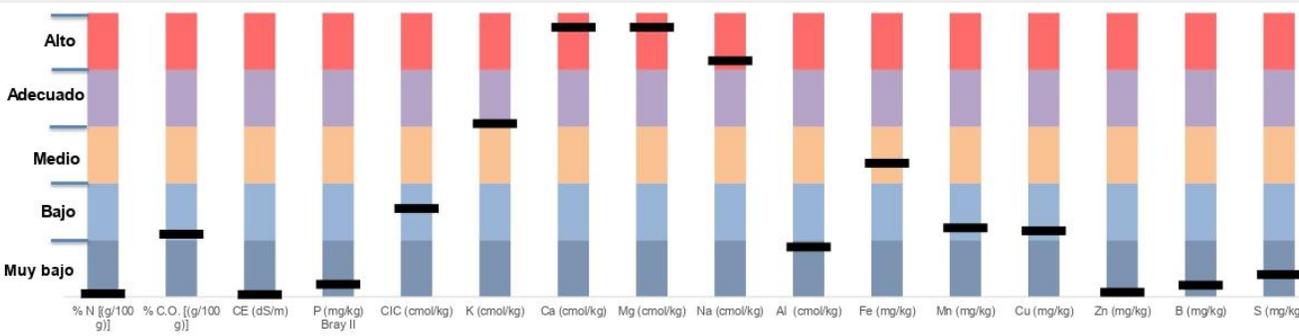
Anexo 4: Resultados de Análisis de Suelo Cobertura de Pastizal – Parte Alta.

 Servicios Tecnológicos La Angostura		LABORATORIO DE CIENCIAS BÁSICAS PROCEDIMIENTO DE REPORTE Y ENTREGA DE RESULTADOS FORMATO DE INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS DE SUELOS				Versión: 5 Código: F-PSS-002 Página: 1 de 1						
DATOS DEL SOLICITANTE												
NIT/CC: 860404135	Empresa: Fundación Natura Colombia		Informe No. 006-2020									
Dirección: Cra 21 No. 39 - 43		Contacto: María Alejandra Oviedo Jaimes		Fecha Informe: 2020-04-03								
Municipio/Departamento: Bogotá D.C.		Teléfono: (+57) (1) 2455700		Correo electrónico: alejandraoviedojaime@gmail.com								
DATOS DEL LABORATORIO												
NIT/CC: 899.999.034-1	Nombre: Laboratorio de Ciencias Básicas - Centro de Formación Agroindustrial "La Angostura"		Dirección: km 38 vía al sur de Neiva									
Municipio/Departamento: Campoalegre/Huila		Teléfono de contacto: (+57) 3102754389		Correo electrónico: lguaca@sena.edu.co								
INFORMACIÓN ACERCA DE LA MUESTRA Y RESULTADOS												
Nombre y/o descripción de la muestra: Muestra de Suelo N° 4		Código Interno Muestra: 006-S-2020		Fuente de la muestra: Parcela "San Pacho"								
Lugar de muestreo: Vereda Pedemal- El Agrado		Fecha de muestreo: 2020-02-22		Fecha de ingreso: 2020-02-28		Fecha de análisis: del 2020-03-04 al 2020-04-02						
Parámetro y unidades	pH [unidades de pH]	Textura			A.I. [cmol(+)/kg]	CE [dS/m]	C.O. (%) [g/100 g]	M.O. (%) [g/100 g]	N total (%) [g/100 g]	P disp. [mg/kg]		
		% Arena	% Limo	% Arcilla								
Resultado	5.8	53.34	18.00	28.66	0.98	0.01	0.66	1.14	0.08	0.20		
Parámetro y unidades	Bases intercambiables [cmol(+)/kg] o [meq/100 g]				Micronutrientes [mg/kg]				CIC [cmol(+)/kg]	CICE [cmol/kg]	B disp. [mg/kg]	S disp. [mg/kg]
	Na	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn	Cu				
Resultado	1.49	1.31	6.75	17.85	19.73	11.06	< 0,1	0.42	1.82	28.38	0.12	1.34
NOTA: Los resultados corresponden únicamente a la muestra procesada en el laboratorio y no a otro material de la misma procedencia. Las contramuestras permanecerán almacenadas por seis meses a partir de la emisión del resultado.												
GRÁFICA												
												
MÉTODOS: Acidez intercambiable (A.I.), Volumétrico, NTC 5263:2017 - Azufre disponible, turbidimétrico, NTC 5402:2006 - Bases Intercambiables (Ca, Mg, Na, K), espectrofotometría de absorción atómica, NTC 5349:2016 - Boro, Colorimétrico, NTC 5404:2011 - Capacidad de intercambio catiónico (CIC), acetato de amonio 1N pH 7, NTC 5268:2014 - Carbono Orgánico (C.O.), Volumétrico (Walkley y Black), NTC 5403:2013 - Conductividad eléctrica (CE), potenciométrico, NTC 5596:2008 - Fósforo disponible, Bray II, NTC 5350:2016 - Materia orgánica, Volumétrico (Walkley y Black) o cálculo, NTC 5403:2013 - Micronutrientes (Zn, Fe, Mn, Cu), espectrofotometría de absorción atómica, NTC 5526:2007 - Nitrógeno total, Kjeldahl modificado, NTC 5889:2011 - pH, potenciométrico, NTC 5264:2018 - Textura, Bouyoucos, NTC 6299:2018.												
CONVENCIONES: N.S.: No solicitado; I.M.: Insuficiente Muestra; > Mayor; < Menor.												
INFORMACIÓN DE LA DESVIACIÓN DE LOS MÉTODOS DE ENSAYO: No se presentaron desviaciones en los métodos evaluados.												
 Nancy Cachaya Lemus Gestor Técnico				 Luis Carlos Gutierrez Peña Gestor de Calidad				 Lised Guaca Cruz Gestor de Laboratorio				
FIN DEL REPORTE DE RESULTADOS												

Anexo 5: Resultados de Análisis de Suelo Cobertura de Pastizal – Parte Media.

 Servicios Tecnológicos La Angostura		LABORATORIO DE CIENCIAS BÁSICAS				Versión: 5						
		PROCEDIMIENTO DE REPORTE Y ENTREGA DE RESULTADOS				Código: F-PSS-002						
		FORMATO DE INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS DE SUELOS				Página: 1 de 1						
DATOS DEL SOLICITANTE												
NIT/CC:	860,404,135	Empresa:	Fundación Natura Colombia	Informe No.	007-2020							
Dirección:	Cra 21 No. 39 - 43	Contacto:	María Alejandra Oviedo Jaimes	Fecha Informe:	2020-04-03							
Municipio/Departamento:	Bogotá D.C.	Teléfono:	(+57) (1) 2455700	Correo electrónico:	alejandraoviedojaime@gmail.com							
DATOS DEL LABORATORIO												
NIT/CC:	899.999.034-1	Nombre:	Laboratorio de Ciencias Básicas - Centro de Formación Agroindustrial "La Angostura"	Dirección:	km 38 vía al sur de Neiva							
Municipio/Departamento:	Campoalegre/Huila	Teléfono de contacto:	(+57) 3102754389	Correo electrónico:	lguaca@sena.edu.co							
INFORMACIÓN ACERCA DE LA MUESTRA Y RESULTADOS												
Nombre y/o descripción de la muestra:	Muestra de suelo N° 5		Código Interno Muestra:	007-S-2020	Fuente de la muestra:	Parcela "San Pacho"						
Lugar de muestreo:	Vereda Pedemal- El Agrado		Fecha de muestreo:	2020-02-22	Fecha de ingreso:	2020-02-28	Fecha de análisis: del 2020-03-04 al 2020-04-02					
Parámetro y unidades	pH [unidades de pH]	Textura			A.I. [cmol(+)/kg]	CE [dS/m]	C.O. (%) [g/100 g]	M.O. (%) [g/100 g]	N total (%) [g/100 g]	P disp. [mg/kg]		
		% Arena	% Limo	% Arcilla								
Resultado	5.4	53.34	18.00	28.66	0.58	0.04	0.70	1.21	0.08	1.68		
Parámetro y unidades	Bases intercambiables [cmol(+)/kg] o [meq/100 g]				Micronutrientes [mg/kg]				CIC [cmol(+)/kg]	CICE [cmol/kg]	B disp. [mg/kg]	S disp. [mg/kg]
	Na	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn	Cu				
Resultado	2.02	0.47	15.83	43.36	1.07	12.02	< 0,1	0.52	6.91	62.26	0.16	2.35
NOTA: Los resultados corresponden únicamente a la muestra procesada en el laboratorio y no a otro material de la misma procedencia. Las contramuestras permanecerán almacenadas por seis meses a partir de la emisión del resultado.												
GRÁFICA												
												
MÉTODOS: Acidez intercambiable (A.I.), Volumétrico, NTC 5263:2017 - Azufre disponible, turbidimétrico, NTC 5402:2006 - Bases Intercambiables (Ca, Mg, Na, K), espectrofotometría de absorción atómica, NTC 5349:2016 - Boro, Colorimétrico, NTC 5404:2011 - Capacidad de intercambio catiónico (CIC), acetato de amonio 1N pH 7, NTC 5268:2014 - Carbono Orgánico (C.O.), Volumétrico (Walkley y Black), NTC 5403:2013 - Conductividad eléctrica (CE), potenciométrico, NTC 5596:2008 - Fósforo disponible, Bray II, NTC 5350:2016 - Materia orgánica, Volumétrico (Walkley y Black) o cálculo, NTC 5403:2013 - Micronutrientes (Zn, Fe, Mn, Cu), espectrofotometría de absorción atómica, NTC 5526:2007 - Nitrógeno total, Kjeldahl modificado, NTC 5889:2011 - pH, potenciométrico, NTC 5264:2018 - Textura, Bouyoucos, NTC 6299:2018.												
CONVENCIONES: N.S.: No solicitado; I.M.: Insuficiente Muestra; > Mayor; < Menor.												
INFORMACIÓN DE LA DESVIACIÓN DE LOS MÉTODOS DE ENSAYO: No se presentaron desviaciones en los métodos evaluados.												
 Nancy Cachaya Lemus Gestor Técnico			 Luis Carlos Gutiérrez Peña Gestor de Calidad			 Lised Guaca Cruz Gestor de Laboratorio						
FIN DEL REPORTE DE RESULTADOS												

Anexo 6: Resultados de Análisis de Suelo Cobertura de Pastizal – Parte Baja.

 Servicios Tecnológicos La Angostura	LABORATORIO DE CIENCIAS BÁSICAS				Versión: 5									
	PROCEDIMIENTO DE REPORTE Y ENTREGA DE RESULTADOS				Código: F-PSS-002									
	FORMATO DE INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS DE SUELOS				Página: 1 de 1									
DATOS DEL SOLICITANTE														
NIT/CC: 860.404.135	Empresa: Fundación Natura Colombia		Informe No. 008-2020											
Dirección: Cra 21 No. 39 - 43	Contacto: Maria Alejandra Oviedo Jaimes		Fecha Informe: 2020-04-03											
Municipio/Departamento: Bogotá D.C.	Teléfono: (+57) (1) 2455700		Correo electrónico: alejandraoviedojaime@gmail.com											
DATOS DEL LABORATORIO														
NIT/CC: 899.999.034-1	Nombre: Laboratorio de Ciencias Básicas - Centro de Formación Agroindustrial "La Angostura"			Dirección: km 38 vía al sur de Neiva										
Municipio/Departamento: Campoalegre/Huila	Teléfono de contacto: (+57) 3102754389		Correo electrónico: lguaca@sena.edu.co											
INFORMACIÓN ACERCA DE LA MUESTRA Y RESULTADOS														
Nombre y/o descripción de la muestra: Muestra de suelo N° 6		Código Interno Muestra: 008-S-2020		Fuente de la muestra: Parcela "San Pacho"										
Lugar de muestreo: Vereda Pedemal- El Agrado		Fecha de muestreo: 2020-02-22		Fecha de ingreso: 2020-02-28										
				Fecha de análisis: del 2020-03-04 al 2020-04-02										
Parámetro y unidades	pH [unidades de pH]	Textura % Arena % Limo % Arcilla			A.I. [cmol(+)/kg]	CE [dS/m]	C.O. (%) [g/100 g]	M.O. (%) [g/100 g]	N total (%) [g/100 g]	P disp. [mg/kg]				
Resultado	5.5	48.00	24.00	28.00	0.49	0.05	0.99	1.70	0.07	1.35				
Parámetro y unidades	Bases intercambiables [cmol(+)/kg] o [meq/100 g]				Micronutrientes [mg/kg]				CIC [cmol(+)/kg]	CICE [cmol/kg]	B disp. [mg/kg]	S disp. [mg/kg]		
	Na	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn	Cu						
Resultado	59.79	0.50	18.92	48.24	7.31	46.57	< 0,1	0.70	8.83	127.94	0.05	1.42		
NOTA: Los resultados corresponden únicamente a la muestra procesada en el laboratorio y no a otro material de la misma procedencia. Las contramuestras permanecerán almacenadas por seis meses a partir de la emisión del resultado.														
GRÁFICA														
														
MÉTODOS: Acidez intercambiable (A.I.), Volumétrico, NTC 5263:2017 - Azufre disponible, turbidimétrico, NTC 5402:2006 - Bases Intercambiables (Ca, Mg, Na, K), espectrofotometría de absorción atómica, NTC 5349:2016 - Boro, Colorimétrico, NTC 5404:2011 - Capacidad de intercambio catiónico (CIC), acetato de amonio 1N pH 7, NTC 5268:2014 - Carbono Orgánico (C.O.), Volumétrico (Walkley y Black), NTC 5403:2013 - Conductividad eléctrica (CE), potenciométrico, NTC 5596:2008 - Fósforo disponible, Bray II, NTC 5350:2016 - Materia orgánica, Volumétrico (Walkley y Black) o cálculo, NTC 5403:2013 - Micronutrientes (Zn, Fe, Mn, Cu), espectrofotometría de absorción atómica, NTC 5526:2007 - Nitrógeno total, Kjeldahl modificado, NTC 5889:2011 - pH, potenciométrico, NTC 5264:2018 - Textura, Bouyoucos, NTC 6299:2018.														
CONVENCIONES: N.S.: No solicitado; I.M.: Insuficiente Muestra; > Mayor; < Menor.														
INFORMACIÓN DE LA DESVIACIÓN DE LOS MÉTODOS DE ENSAYO: No se presentaron desviaciones en los métodos evaluados.														
 Nancy Cachaya Lemus Gestor Técnico			 Luis Carlos Gutiérrez Peña Gestor de Calidad			 Lised Guaca Cruz Gestor de Laboratorio								
FIN DEL REPORTE DE RESULTADOS														