Caracterización físicas y químicas de suelos de morichales en el departamento del Guaviare- Colombia

Katherine Pinzón

Asesor

Luis Hernando Rodríguez Velásquez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Vicerrectoría Académica y de Investigación

Escuela De Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente -ECAPMA

Trabajo de grado de opción de Pasantía por el título de Agronomía

2024

Agradecimientos

Primeramente le doy gracias a Dios por permitirme desarrollar este proceso de investigación, del mismo le agradezco al Instituto amazónico de investigaciones el SINCHI quien formulo su proyecto de fortalecimiento del ecosistema de ciencia, tecnología e innovación en el departamento del Guaviare, permitiéndome desarrollar el proceso de investigación en sus instalaciones y el apoyo que he podido recibir del personal, También quiero agradecer a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia quien por medio de ella me postule para el proceso de investigación, del mismo modo me permito brindar un agradecimiento a las personas propietarias de los respectivos sitios de muestreos donde se aplicó la investigación por brindarme el ingreso y autorización.

Resumen

Los morichales son bosques inundables dominados por la palma *Mauritia fleuxosa.* Estos ecosistemas cumplen importantes funciones, brindando diferentes servicios ecosistémicos donde se destacan la regulación y soporte en agua y carbono, siendo también hábitat de muchas especies por su aprovisionamiento. Estos ecosistemas, propios de la región amazónica son abundantes en el departamento del Guaviare, funcionalidad del ecosistema que está relacionado con las características de los suelos donde se desarrollan, de este modo nos permitió interrogarnos cuales son las características físico químicas de los suelos en el departamento del Guaviare, con el objetivo de desarrollar la evaluación de los análisis físicos químicos del suelo en áreas de morichales en el departamento del Guaviare, aplicando análisis estadísticos de los resultados obtenidos. Para caracterizar los suelos, se seleccionaron tres sitios, codificados sito A, B y C. en cada uno de los cuales se abrieron 5 cajuelas, extrayendo las muestras de suelos a una profundidad de 30 cm. Para un total de 15 cajuelas, se evaluaron 4 características físicas del suelo (Densidad aparente, moteados, raíces y compactación) y características químicas (Carbono orgánico y Fosforo). Como resultado se pudo observar que hay diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0{,}0001$), en compactación del suelo, densidad aparente y concentración de carbono, donde el sitio B con mayor estado de conservación de los morichales es donde presenta menos compactación en el suelo, un mayor contenido de carbono orgánico. En el caso donde no hay diferencia significativa siendo resultados de $p > 0{,}05$, la medida de longitud de moteados, rango de raíces y concentración de fosforo. Podemos concluir que los suelos de morichales son homogéneos en sentido horizontal en los diferentes sitios de estudio.

***Palabras Claves*:** Carbono, compactación de suelos, fósforo, *Mauritia flexuosa*, servicios ecosistémicos, Morichales.

Abstrac

The morichales are flooded forests dominated by the Mauritia fleuxosa palm. These ecosystems fulfill important functions, providing different ecosystem services where regulation and support in water and carbon stand out, and are also habitat for many species due to their provisioning. These ecosystems, typical of the Amazon region, are abundant in the department of Guaviare, functionality of the ecosystem that is related to the characteristics of the soils where they develop, in this way it allowed us to ask ourselves what the physical and chemical characteristics of the soils in the department are. del Guaviare, with the objective of developing the evaluation of physical-chemical analyzes of the soil in morichales areas in the department of Guaviare, applying statistical analyzes of the results obtained. To characterize the soils of the morichales, three sites were selected, coded site A, B and C. in each of which 5 trunks were opened, extracting soil samples to a depth of 30 cm. For a total of 15 pits, 4 physical characteristics of the soil (apparent density, mottling, roots and compaction) and chemical characteristics (organic carbon and phosphorus) were evaluated. As a result, it was observed that there are highly significant statistical differences ($p < 0.0001$) in soil compaction, apparent density and carbon concentration, where site B with the highest state of conservation of the morichales is where it presents the least compaction in the soil, a higher organic carbon content. In the case where there is no significant difference with results of $p > 0.05$, the measurement of speckle length, root range and phosphorus concentration. We can conclude that the morichales soils are homogeneous horizontally in the different study sites, it is evident that the morichales with greater conservation occur in site B where there is no type of intervention, being a key service for carbon capture, and other ecosystem services that it can provide.

***Keywords**:* Carbon, soil compaction, phosphorus, Mauritia flexuosa, ecosystem services, Morichales.

Tabla de contenido

Introducción....12
Justificación....14
Objetivos....15
Objetivo general....15
Objetivos específicos....15
Metodología....16
Toma de muestras....17
Análisis de suelos....29
Curva de calibración....30
Concentraciones....39
Resultados....42
Punto de Muestreo....42
Profundidad....44
Moteados....45
Color....46
Raíces....47
Horizonte....49
Compactación....50
Densidad aparente....53
Muestra de suelo de Fertilidad....54
Ingreso de muestras al laboratorio....55
Curva de calibración....56
Fosforo:....56

Carbono....58
Concentración Fosforo....59
Concentración de Carbono....63
Análisis de los resultados....66
Profundidad....66
Moteados....66
Color....69
Raíces....71
Horizonte....73
Compactación....74
Densidad aparente....76
Aplicando unos análisis estadísticos a los resultados....77
Moteados....77
Color....78
Raíces....80
Compactación....82
Horizonte....84
Densidad aparente....87
Fosforo....87
Carbono....88
Estadísticas en ANAVA....89
Moteados....90
Raíces....91
Compactación....91

Densidad Aparente.....92

Carbono orgánico (C.O). 93

Fosforo (P). 94

Referencias 99

Lista de tablas

Tabla 1. 16

Tabla 2. 32

Tabla 3. 37

Tabla 4. 42

Tabla 5. 45

Tabla 6. 46

Tabla 7. 47

Tabla 8. 49

Tabla 9. 50

Tabla 10. 53

Tabla 11. 54

Tabla 12. 55

Tabla 13. 55

Tabla 14. 56

Tabla 15. 58

Tabla 16. 59

Tabla 17. 60

Tabla 18. 61

Tabla 19. 62

Tabla 20. 63

Tabla 21. 64

Tabla 22. 64

Tabla 23. 68

Tabla 24. 71

Tabla 25. 72

Tabla 26. 77

Tabla 27. 79

Tabla 28. 80

Tabla 29. 82

Tabla 30. 85

Lista de figuras

Figura 1.....17

Figura 2.....18

Figura 3.....19

Figura 4.....19

Figura 5.....20

Figura 6.....21

Figura 7.....23

Figura 8.....24

Figura 9.....26

Figura 10.....28

Figura 11.....31

Figura 12.....34

Figura 13.....35

Figura 14.....38

Figura 15.....39

Figura 16.....41

Figura 17.....43

Figura 18.....44

Figura 19.....48

Figura 20.....52

Figura 21.....57

Figura 22.....58

Figura 23.....67

Figura 24.....69

Figura 25.....69

Figura 26.....70

Figura 27.....72

Figura 28.....73

Figura 29.....75

Figura 30.....76

Figura 31.....78

Figura 32.....79

Figura 33.....81

Figura 34.....84

Figura 35.....86

Figura 36.....87

Figura 37.....88

Figura 38.....88

Figura 39.....90

Figura 40.....91

Figura 41.....92

Figura 42.....93

Figura 43.....94

Figura 44.....94

Introducción

Los suelos de morichales, también conocidos como Igapó donde hacen parte del ecosistema permitiendo en época de sequía el reservorio de agua, regulando el clima, previniendo la erosión y sedimentación, atribuyendo a la mitigación de los efectos de gases de invernadero y a la mitigación del cambio climático (Orozco et al,2022). En el departamento del Guaviare se alberga gran cantidad de biodiversidad en sus bosques, donde son importantes en el desarrollo de conservación del ecosistema (Sánchez, 2022) En este modo vemos que los morichales se han visto afectados por la acción del hombre, amenazando las altillanuras aluviales, ecosistema presente y la biodiversidad de la amazonia (Peniche et al., 2011).

En los suelos de morichales se desarrolla la función de captura de dióxido de carbono donde es muy importante para la amazonia colombiana conocer las características químicas presentes en sus suelos con similitud a otros estudios reportados, aplicando la determinación química de carbono y fosforo, para determinar que deficiencia podemos encontrar en estas dos propiedades (Martín, 2010). La vegetación más predominante es el Moriche (*Mauritia fleuxosa)* y Asai (*Euterpe precatoria*), así mismo Herbáceas, como Aráceas y Melastomatáceas (Marrero, 2011). De acuerdo con el Inventario Forestal Nacional en el departamento del Guaviare hay volumen de especies maderables de 80,7 m^3/ha (Meléndez, 2022), donde comprende de 2352 ha, al interior de sabana de la fuga norte. La vegetación del Guaviare alcanza parte de Megacuenca de sedimentación Orinoquia y la Megacuenca de la Amazonia (IGAC, 2013), los bosques se desarrollan en paisajes, Bosque de planicie aluvial, Bosque de Altillanura, Bosque de lomerío.

Las áreas de morichales brindan unos servicios ecosistémicos como son almacenamiento y disponibilidad de agua potable, fijación de CO_2, hábitat de fauna y flora, alimentos, prevención de erosión, sedimentación, controla los drenajes, regula el clima (Orozco et al., 2022). Un área de

suelos que se encuentre sin intervención y totalmente aislada ofrece mejores condiciones físicas y químicas del suelo y así mismo se obtendría un mejor desarrollo y reproducción de la vegetación.

La gran preocupación que nos limita son los grandes terratenientes que quieren expandir sus tierras para la ganadería y ejecutan la intervención en los suelos de morichales afectando el ecosistema (Riveros, 2021). El objetivo de este estudio fue evaluar las condiciones físicas y químicas en términos de contenido de carbono orgánico y fosforo en suelos de morichales del departamento del Guaviare. Teniendo en cuenta que se aplicó la estandarización de métodos para estos análisis químicos en el laboratorio del instituto de investigaciones científicas SINCHI en el CEAD de San José del Guaviare. (Calderón et al., 2018). Además de los servicios ecosistémicos que la conservación de estos espacios puede ofrecer.

Justificación

La gran problemática son los grandes terratenientes que quieren expandir sus tierras para la ganadería y ejecutan la intervención en los suelos de morichales afectando el desarrollo de nuestro ecosistema. El estudio de suelo encuentra la importancia de permitir evaluar las condiciones de los suelos de morichales en 3 áreas diferentes para conocer sus diferencias estadísticamente de acuerdo a la situación encontrada, de bosques de morichales que han sido intervenidos y el comportamiento en bosque de morichales que no presentan ninguna intervención y a consideración de la comunidad han sido protegidos, buscado con sus resultados enseñar la importancia de la conservación de los suelos de morichales.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar las condiciones físicas y químicas en términos de contenido de carbono orgánico y fosforo en suelos de morichales del departamento del Guaviare

Objetivos específicos

Realizar análisis estadísticos de los resultados obtenidos.

Aplicar análisis comparativo entre los diferentes sitios de muestreos.

Comprender la importancia de la conservación de los suelos de morichales

Metodología

Se desarrollo inicialmente el respectivo protocolo para la implementación de la toma de muestras de suelos en los suelos de morichales, adicionalmente con un análisis de los sitios de área de estudio a implementar los análisis, teniendo en cuenta la cartografía. El protocolo de análisis de suelos tiene en cuenta las herramientas a utilizar, metodología a aplicar durante el proceso de toma de muestras de suelos.

De esta manera se realizaron las correspondientes tomas de muestras en los tres sitios diferentes del departamento del Guaviare en zona de suelos de morichales; los sitios seleccionados para la toma de muestras de suelo fueron en el Municipio de San José -Vereda Las delicias y en el Municipio de Retorno - Vereda Caño bonito, con una presencia de Cobertura vegetal de aráceas, melastomatáceas, Asai *(Euterpe precatoria*), Moriche (*Mauritia fleuxosa).*

Las tomas de muestras fueron distribuidas de la siguiente manera:

Tabla 1.

Distribución de las áreas de estudios.

Fecha toma de muestra de suelo	Tipo de muestras	Departamento	Municipio	Código	Vereda	Finca/usuario
23/10/2023	Suelos	Guaviare	San José	SJLD_01	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho
24/10/2023	Suelos	Guaviare	Retorno	RCB_01	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano
25/10/2023	Suelos	Guaviare	Retorno	RCB2_01	Caño Bonito	Isidoro Sánchez

Nota: la tabla indica los correspondientes sitios de muestreos y las fechas en que se aplicaron las tomas de muestras. Fuente de: Elaboración propia

Toma de muestras

En cada sitio de muestreo se hizo la recolección de 10 toma de muestras de suelos de las cuales correspondían 5 muestras para densidad aparente y 5 muestras para análisis de suelos, dichas muestras se distribuyeron en el terreno en un tramo de 100 metros de las cuales se distribuyó los 5 puntos de muestreo, tratando de ordenar en manera de zigzag ya que se tenía que ubicar puntos estratégicos donde no tuviéramos la presencia de humedad o encharcamientos, donde se desarrolló las tomas de muestras siguiendo el protocolo, para ello en cada punto de toma de muestra se tomó la correspondiente coordenadas (Figura 1).

Figura 1.

Toma de coordenadas

Fuente. Autoría propia

En cada punto de muestreo se desarrolló una calicata de 40 x 40 cm a una profundidad de 30 cm permitiendo desarrollar una calicata para poder observar los perfiles de suelos tomando datos como es profundidad, color, moteados, raíces, rocas, horizonte, compactación, (Figura 2).

seguidamente se hace la toma de recolección de muestras de densidad aparente y la muestra de fertilidad.

Figura 2.

Perfil del suelo.

Fuente. Autoría propia

Profundidad: La profundidad se tomó con la ayuda de un metro desde la parte superficial del suelo hasta el fondo de la calicata, como se indica en la figura 2.

Color: la coloración del suelo se tomó de acuerdo a la observación en el perfil, identificando el tono presente de acuerdo en la tabla de Munsell.

Moteados: Los moteados se observaron en el perfil del suelo, identificado si su coloración es Alta, Baja o Media y de acuerdo a su presencia se toma su medida en cm desde la parte superficial hasta donde inicia los moteados. Como muestra en la figura 3.

Figura 3.

Identificación de Moteados

Fuente. Autoría propia

Raíces: En la calicata desarrollada se encontró la presencia de raíces donde se tomó su medida con la ayuda de un calibrador identificando su rango aproximado, para ello se tomó la raíz más delgada y más gruesa de cada punto de muestreo para tomar sus medidas en centímetros. De esta manera se presenta en la figura 4.

Figura 4.

Toma de Diámetro de las Raíces

Fuente. Autoría propia

Rocas: Durante el desarrollo de la calicata se observó si se encontraba la presencia de rocas y tomar la medida de rango aproximado con un calibrador.

Horizonte: El horizonte se tomó a partir de la observación del perfil del suelo, identificado los cambios presentes de coloración del perfil y se toma su medida de cada horizonte en centímetros con la ayuda de un metro.

Compactación: se toma la compactación del suelo en cada punto de muestreo con la ayuda de un penetrómetro, tomando su medida en ohmios (Ω) cada 10cm, 20 cm y 30 cm de profundidad. Como se muestra en la figura 5.

Figura 5.

Toma de Compactación del Suelo.

Fuente. Autoría propia

Densidad Aparente: La toma de muestra de densidad aparente se desarrolló en la mitad de la calicata o donde fuera permitido ya que en algunos de los puntos de muestreos se tenía un alto nivel freático (Figura 6- B), esta recolección de muestra fue desarrollada con 2 cilindros y un martillo de goma (Figura 6 -A). Seguidamente el cilindro fue tapado para llevar a laboratorio.

Figura 6.

Toma de Muestra de Densidad Aparente.

Fuente. Autoría propia

Fuente. Autoría propia

Las tomas de muestras de Densidad Aparente fueron dirigidas de manera inmediata a laboratorio para hacer su correspondiente toma de peso en fresco (Figura 7- A) en la balanza,

llevándolas al horno a un secado de 105 °C por 24 horas en el horno (Figura 7- B). Al finalizar se hace la toma de peso en seco. (Figura 7- C). El peso fresco se toma para el ingreso a laboratorio.

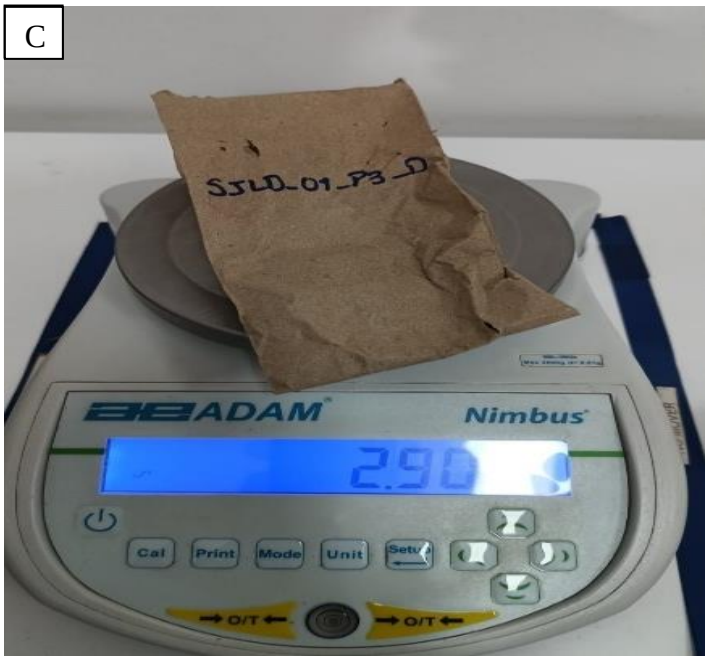
Figura 7.
Procedimiento de Toma de Datos en las Muestras de Densidad Aparente

A

Fuente. Autoría propia

B

Fuente. Autoría propia



Fuente. Autoría propia

Los resultados de peso fresco y en peso seco de las muestras de densidad aparente fueron tomadas para hallar el resultado de final de densidad aparente, teniendo en cuenta el volumen del cilindro con el que se tomó las muestras. El volumen del cilindro se obtiene de la medida de la base (figura 8- A) por la medida de la altura (figura 8- B), aplicando la fórmula de: $V = Abs \times h$. (Abs: medida de base) y (h: Medida de altura). (Ruiz, 2022).

Figura 8.

Toma de Medida del Cilindro

A

Fuente. Autoría propia

B

Fuente. Autoría propia

Formula de hallar volumen del cilindro:

$$V = Abs \times h$$

$$Ab = 5\ cm$$

$$Ab = \pi\, r^2$$

$$Ab = 3{,}1416 \times (5)^2$$

$$Ab = 1{,}1416 \times 25$$

$$Ab = 78{,}54$$

$$V = 78{,}54 \times 5$$

$$V = 392{,}7$$

De acuerdo al resultado que se obtuvo del volumen del cilindro se permite presentar los datos de la densidad aparente (Tabla 8), aplicado en cada una de las muestras recolectadas, aplicando la fórmula de $DA = \frac{g}{c^3} = \frac{peso\ suelo\ seco\ (g)}{Volumen\ del\ cilindo\ (c^3)}$.

Muestras de suelo: La toma de muestra de Fertilidad fue tomada de un perfil de la calicata con la ayuda de un palín (Figura 9- A), siendo llevada a la bolsa ziploc debidamente rotulada (Figura 9- B). para hacer su debido transporte hacia el laboratorio.

Figura 9.

Toma de Muestras

Fuente. Autoría propia

Fuente. Autoría propia

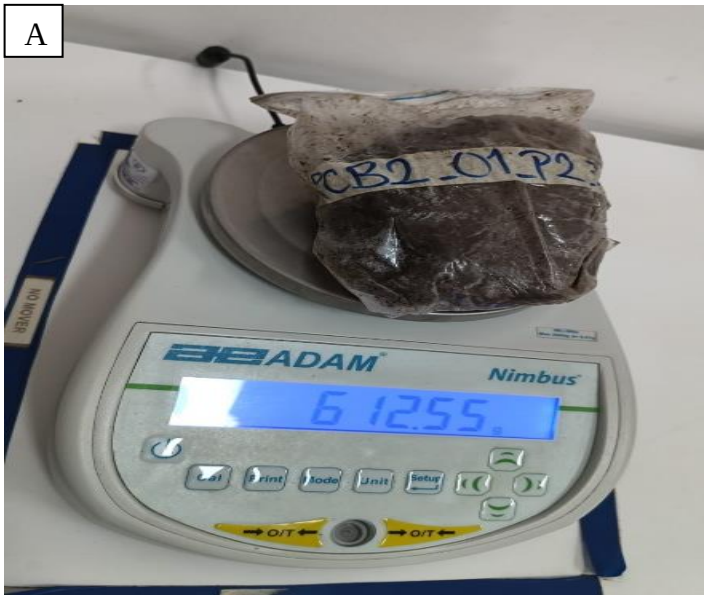
Las muestras de suelo de fertilidad se le aplicaron un peso en fresco para poder dar ingreso al respectivo laboratorio (Figura 10- A), seguidamente se aplicó el proceso de secado a

temperatura ambiente (Figura 10- B) y macerado dejando las muestras listas para su correspondiente análisis en el laboratorio.

Figura 10.

Procesamiento de las Muestras de Fertilidad

A



Fuente. Autoría propia

B

Fuente. Autoría propia

Después de obtener los respectivos datos de las muestras de suelos y tener los suelos, de manera adecuada para aplicar el análisis, se desarrolló la respectiva elaboración del protocolo para análisis de suelos en el laboratorio, donde se contó con el proceso de acompañamiento de la Química Lorena Orduz y la Ingeniera Yuli Fonseca. Dicho protocolo se elaboró para análisis de Fosforo y Carbono, protocolo aprobado para desarrollo de análisis de muestras en el laboratorio.

Análisis de suelos

Se aplica el análisis de suelos a la toma de muestras tomadas en las 3 diferentes áreas de estudio siendo la finca de Adolfo Romero Camacho, Carlos julio Bejarano y Isidoro Sánchez siendo 10 muestras por sitio para un total de 30 muestras de suelo por analizar, distribuidas 15 para determinación análisis de Fosforo y 15 para análisis de Carbono, cada muestra de suelo tiene su respectiva codificación. Actividad de análisis desarrolladas teniendo en cuenta todas las medidas de protección personal, las condiciones de generales del método, del ambiente y de operación.

En el caso de densidad aparente se aplicó en laboratorio solo el proceso de pesaje en fresco y seco después de ser ingresadas al horno para su secado y allí se aplicó la respectiva fórmula para el resultado final de densidad aparente. Proceso diferente a las muestras de análisis químicos.

Las respectivas muestras de suelo luego de aplicar su secado a temperatura ambiente y al ser maceradas para iniciar su correspondiente análisis en laboratorio se le aplico un nuevo peso en seco para ser ingresadas al laboratorio y así proceder con su respectivo análisis en determinación de Fosforo y Carbono.

Curva de calibración

Para poder iniciar con los análisis de suelos lo primero que se tiene en cuenta es la curva de calibración, donde nos permite iniciar con un proceso de patrones preparando una disolución de concentración donde nos permite obtener el resultado de la curva de calibración, (Laboratorio, 2017) esta curva nos permite ver la concentración de analítica de Fosforo y Carbono.

Fosforo

El fosforo es un elemento que pertenece en la naturaleza combinado con fosfatos inorgánicos y organismos vivos (Partal ,2020). Se realiza la preparación de reactivos que se van a utilizar en el manejo de fosforo, desarrollando la preparación de reactivos para los patrones, en primer paso se procede a pesar los reactivos necesarios para la solución extractora, estándar, Solución A, solución B y solución de trabajo.

Preparación de reactivos:

Para la solución estándar se llevó a cabo la preparación del reactivo para los patrones, la solución extractora se llevó a cabo su preparación para los patrones y análisis de suelos, en el caso de la solución A, B y solución de trabajo se prepara diariamente.

Solución extractora: Se llevo a cabo el peso de los reactivos siendo una cantidad de 0,2775 de fluoruro de amonio donde se disolvió en 125 ml de agua desionizada, luego se adiciono una cantidad de Ácido clorhídrico de 2,088 gramos y se completó con 250 ml de agua desionizada.

Solución estándar: la solución estándar se prepara para patrón em métodos volumétricos (Camacho, 2017), se pesó 0,0110 gramos de fosfato acido de potasio (KH_2PO_4), previamente

con un secado durante de 1 hora a 105 °C y aclimatado en desecador, para dilución de 10 mg se disolvió en un balón aforado de 25 ml con una solución de 2,5 de solución estándar de fosforo de 100 mg/L y adicionar 22,5 de agua desionizada para llevar al volumen de 25 ml.

Solución A: se pesó 0,60 gramos de molibdato de amonio tetrahidratado ((NH4)6Mo7O24.4H2O) en 2 ml de agua desionizada y 0,0238 gramos de tartrato de antimonio y potasio (C8H4K2Sb2O12.3H2O). Adicionar lentamente 7,00 ml de ácido sulfúrico concentrado (H2SO4) y llevar a un volumen final de 10 ml con agua desionizada en un balón aforado, esta soluciono se debe almacenar en un frasco ámbar.

Solución B: se pesó 1,3200 gramos de ácido ascórbico (C6H8O6) (Figura 11) y disolverlo en 5 ml de agua desionizada, llevar a un volumen de 10 ml.

Figura 11.

Preparación de Solución B

Fuente. Autoría propia

Solución de trabajo: se disolvió 1,25 ml de solución A en 200 ml de agua. Adicionar 0,5 ml de solución B y diluir a 50 ml.

Preparación de patrones:

La preparación de la curva de calibración o de patrones se realizó directamente en un tubo eppendorf, utilizando patrones de blanco, (0,4), (0,5), (0,6), (0,7), (0,8), (0,9), (1,0), (2,0), (4,0), (7,0), (10,0), (15,0), (20,0). Para cada patrón se utilizó 3 réplicas. En el caso de Blanco se utiliza solo la solución extractora de Bray II, utilizando las cantidades que nos indica la tabla 2. Adicionando la solución estándar , luego se adicional la solución extractora llevándolo todos a una cantidad de 1000 microlitros, después de este paso se agita en el vortexer a 180 rpm durante 40 segundos, luego se toma 200 microlitros de cada tubo eppendorf y se coloca en una celda adicionando 900 microlitros de la solución de trabajo y se da un tiempo de espera de 20 observando el cambio de color (Figura 12- A) para ser leía en el espectrofotómetro a una onda de 887 mm y tomar sus resultados. (Figura 12-B)

Tabla 2.

Cantidad para la Curva de Calibración.

Soluciones Estándares de la curva de Calibración (mg/l)	Preparación	Cantidad (microlitros-ul)
(Blanco)	Solución extractora Bray II	1000
0,4	Colocar en tubo ependor Solución estándar 10 mg/L. Llevar a volumen de 1000 ul con solución extractora.	1000 40 960
0,5	Colocar en tubo ependor Solución estándar 10 mg/L. Llevar a volumen de 1000 ul con solución extractora.	1000 50 950
0,6	Colocar en tubo ependor Solución estándar 10 mg/L.	1000 60

Soluciones Estándares de la curva de Calibración (mg/l)	Preparación	Cantidad (microlitros-ul)
	Llevar a volumen de 1000 ul con solución extractora.	940
0,7	Colocar en tubo ependor Solución estándar 10 mg/L. Llevar a volumen de 1000 ul con solución extractora.	1000 70 930
0,8	Colocar en tubo ependor Solución estándar 10 mg/L. Llevar a volumen de 1000 ul con solución extractora.	1000 80 920
0,9	Colocar en tubo ependor Solución estándar 10 mg/L. Llevar a volumen de 1000 ul con solución extractora.	1000 90 910
1,0	Colocar en tubo ependor Solución estándar 10 mg/L. Llevar a volumen de 1000 ul con solución extractora.	1000 100 900
2,0	Colocar en tubo ependor Solución estándar 10 mg/L. Llevar a volumen de 1000 ul con solución extractora.	1000 20 980
4,0	Colocar en tubo ependor Solución estándar 10 mg/L. Llevar a volumen de 1000 ul con solución extractora.	1000 40 960
7,0	Colocar en tubo ependor Solución estándar 10 mg/L. Llevar a volumen de 1000 ul con solución extractora.	1000 70 930
10,0	Colocar en tubo ependor Solución estándar 10 mg/L. Llevar a volumen de 1000 ul con solución extractora.	1000 100 900
15,0	Colocar en tubo ependor Solución estándar 10 mg/L. Llevar a volumen de 1000 ul con solución extractora.	1000 150 850
20,0	Colocar en tubo ependor Solución estándar 10 mg/L. Llevar a volumen de 1000 ul con solución extractora.	1000 200 800

Nota: esta es la tabla de las cantidades exactas utilizadas en la curva de calibración para fosforo.
Fuente de: Elaboración propia

Figura 12.

Lectura de Patrones en el Espectrofotómetro

A

Fuente. Autoría propia

B

Fuente. Autoría propia

Carbono

Se realiza la preparación de reactivos que se van a utilizar para los patrones de Carbono, en el caso del dicromato de potasio se utiliza la preparación para muestras y patrones, en el caso

del Ácido sulfúrico se utiliza de manera concentrada entre 95 % al 98 % grado industrial y la preparación de glucosa solo para patrones.

Preparación de reactivos

Para la solución de glucosa se llevó a cabo la preparación del reactivo para los patrones, la solución extractora, su preparación para los patrones y análisis de suelos, en el caso de la solución A, B y solución de trabajo se prepara diariamente.

Glucosa: se procedió a pesar 0,25 gramos de glucosa en la balanza analítica (Figura 13) y se llevó a disolver en agua desionizada llevándolo a un volumen de 10 ml, donde su preparación de hizo en un balón aforado y se procedió a llevar a refrigeración.

Solución de dicromato de potasio: se pesó 2,452 gramos de dicromato de potasio, donde se disolvió en agua desionizada, llevando a un volumen de 50 ml en un balón aforado, después se llevó a refrigeración en un frasco ámbar.

Figura 13.

Peso de Reactivo de Glucosa

Fuente. Autoría propia

Preparación de patrones

La preparación de la curva de calibración se aplicó directamente en un tubo eppendorf (Figura 14- A), utilizando patrones de blanco, (0,010), (0,10), (0,20), (0,30), (0,40), (0,50), (0,60). Para cada patrón se utilizó 3 réplicas. En el caso de Blanco se utiliza Solución de dicromato de potasio y ácido sulfúrico con el agua destilada, en los patrones de 0,010 hasta 0,60 se tiene en cuenta el uso de la glucosa. Se adiciona la glucosa, dicromato de potasio y el ácido sulfúrico en la cantidad que indica en la tabla 3. luego se tiene un tiempo de espera de 3 horas en reposo, después se adicional el agua destilada llevándolos al volumen de 1000 microlitros, se procede a dar un tiempo de espera de 1 hora en reposo y se procede a centrifugar a 3000 rpm durante 10 minutos y llevan a una celda (Figura 14-B), para ser leídas en el espectrofotómetro a una longitud de 585 mm.

Tabla 3.

Cantidad Curva de Calibración

Estándares de la curva de Calibración (mg/l)	Preparación	Cantidad (microlitros-ul)
Blanco (concentración 0)	Colocar en un tubo espendor Solución de dicromato de potasio Agregar Ácido sulfúrico Llevar a un volumen de 100 microlitros	1000 200 100 700
0,010	Colocar en un tubo espendor Solución primaria de glucosa de 10 mg(ml) Solución dicromato de potasio Agregar Ácido sulfúrico Llevar a un volumen de 100 microlitros	1000 1 200 100 699
0,10	Colocar en un tubo espendor Solución primaria de glucosa de 10 mg(ml) Solución dicromato de potasio 1ml Agregar Ácido sulfúrico Llevar a un volumen de 100 microlitros	1000 10 200 100 690
0,20	Colocar en un tubo espendor Solución primaria de glucosa de 10 mg(ml) Solución dicromato de potasio Agregar Ácido sulfúrico Llevar a un volumen de 100 microlitros	1000 20 200 100 680
0,30	Colocar en un tubo espendor Solución primaria de glucosa de 10 mg(ml) Solución dicromato de potasio Agregar Ácido sulfúrico Llevar a un volumen de 100 microlitros	1000 30 200 100 670
0,400	Colocar en un tubo espendor Solución primaria de glucosa de 10 mg(ml) Solución dicromato de potasio Agregar Ácido sulfúrico Llevar a un volumen de 100 microlitros	1000 40 200 100 660
0,50	Colocar en un tubo espendor Solución primaria de glucosa de 10 mg(ml) Solución dicromato de potasio Agregar Ácido sulfúrico Llevar a un volumen de 100 microlitros	1000 50 200 100 650
0,60	Colocar en un tubo espendor Solución primaria de glucosa de 10 mg(ml) Solución dicromato de potasio	1000 60 200 100

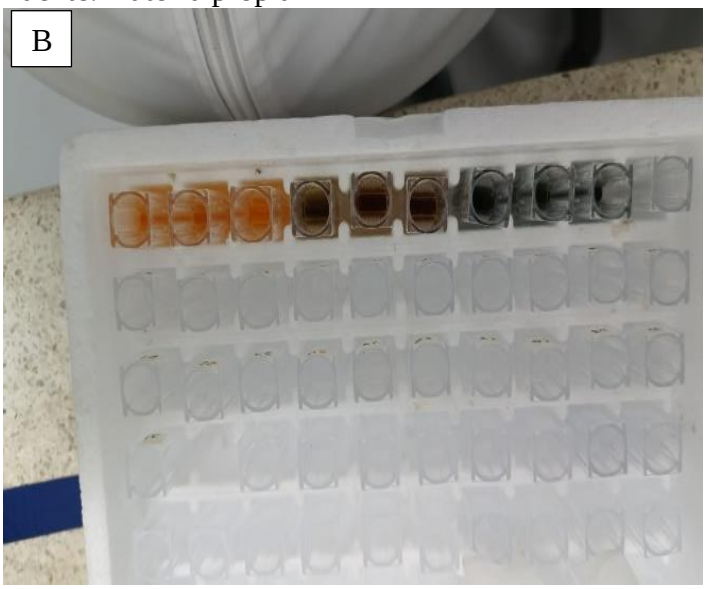
Estándares de la curva de Calibración (mg/l)	Preparación	Cantidad (microlitros-ul)
	Agregar Ácido sulfúrico	640
	Llevar a un volumen de 100 microlitros	

Nota: esta es la tabla de las cantidades exactas utilizadas en la curva de calibración para fosforo.
Fuente de: Elaboración propia

Figura 14.

Proceso de preparación de patrones de Carbono

Fuente. Autoría propia



Fuente. Autoría propia

Concentraciones

Concentración de Fosforo:

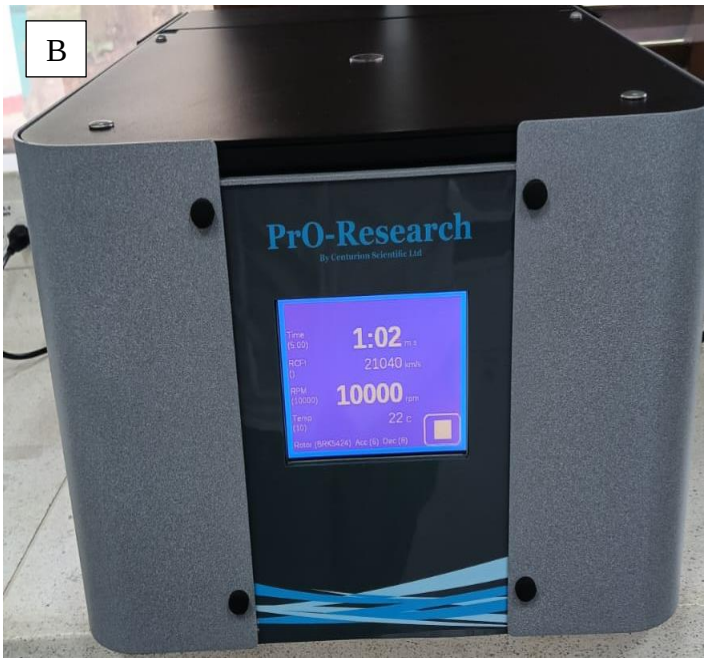
Se inicio con el correspondiente peso de suelo para su análisis teniendo en cuenta que por muestra se llevó a cabo 3 triplicados, ingresando el suelo en el tubo eppendorf, se procede a adicionar 1 ml de solución extractora a cada muestra, luego se llevó a agitar en el vortexer durante 40 segundos a 180 rpm (Figura 15-A), después de ello se centrifuga a 10000 rpm durante 5 minutos a una temperatura de 10 °C (Figura 15-B).

Figura 15.

Uso de Vortexer y Centrifuga

Fuente. Autoría propia

B



Fuente. Autoría propia

A partir de este paso se hace la preparación nuevamente de los reactivos de Solución A, Solución B y solución de trabajo en las mismas cantidades mencionadas para los patrones. Luego se tomó 200 microlitros de cada muestra con la transferpipeta llevando 2 duplicados de cada muestra a una celda, luego se le adiciono 900 microlitros de solución de trabajo y se aplicó una espera de 20 minutos para evidenciar el color y ser leídas en el espectrofotómetro.

Concentración Carbono:

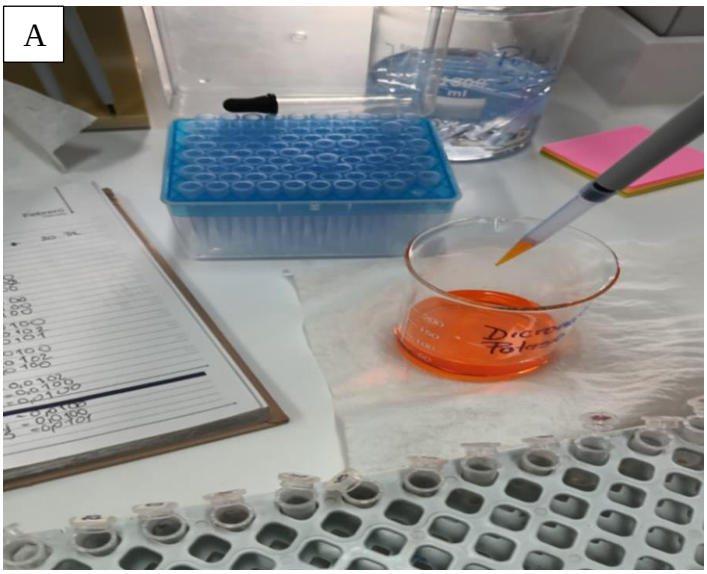
Se inicio con el correspondiente peso de suelo para su análisis teniendo en cuenta que por muestra se llevó a cabo 3 triplicados, ingresando el suelo en el tubo eppendorf, se procede a adicionar 0,2 ml de dicromato de potasio (Figura 16-A) y se agito, seguidamente se agregó 0,1 ml de Ácido sulfúrico y se dejó en reposo durante 3 horas. Luego de la espera se adiciono 0,7 ml de agua desionizada y se dejó otro tiempo de espera de 1 hora. Después del reposo se llevó a la

centrifuga durante 3000 rpm durante 10 minutos. Luego se pipeteo del tubo eppendorf a la celda para hacer lectura de la muestra en una onda de longitud de 585mm (Figura 16-B).

Figura 16.

Proceso de Análisis en Carbono con uso de Transferpipeta y Espectrofotómetro

A



Fuente. Autoría propia

B

Fuente. Autoría propia

Resultados

Se presenta los resultados obtenidos durante el proceso de la toma de muestras de suelos en campo y resultados de los análisis de laboratorio.

Punto de Muestreo

De acuerdo a cada punto de muestreo desarrollado en el área de estudio, se obtuvo las siguiente coordenadas y Altitud (Tabla 4). Donde fueron tomadas con un GPS sistema americano de navegación localización mediante satélites (Huerta et al., 2005). Permitiendo la toma de coordenadas exactas de un lugar.

Tabla 4.

Coordenadas de Cada Punto de Muestreo.

Fecha toma de muestra de suelo	Departamento	Municipio	Código	Vereda	Finca/usuario	Coordenadas	Altitud (msnm)
23/10/2023	Guaviare	San José	SJLD_01_P1	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	N2 32 51.5 W72 44 02.7	190
23/10/2023	Guaviare	San José	SJLD_01_P2	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	N2 32 51.6 W72 44 03.3	192
23/10/2023	Guaviare	San José	SJLD_01_P3	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	N2 32 51.6 W72 44 04.1	193
23/10/2023	Guaviare	San José	SJLD_01_P4	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	N2 32 52.3 W72 44 05.0	192
23/10/2023	Guaviare	San José	SJLD_01_P5	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	N2 32 52.0 W72 44 06.0	195
24/10/2023	Guaviare	Retorno	RCB_01_P1	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	N2 21 05.4 W72 41 16.7	178

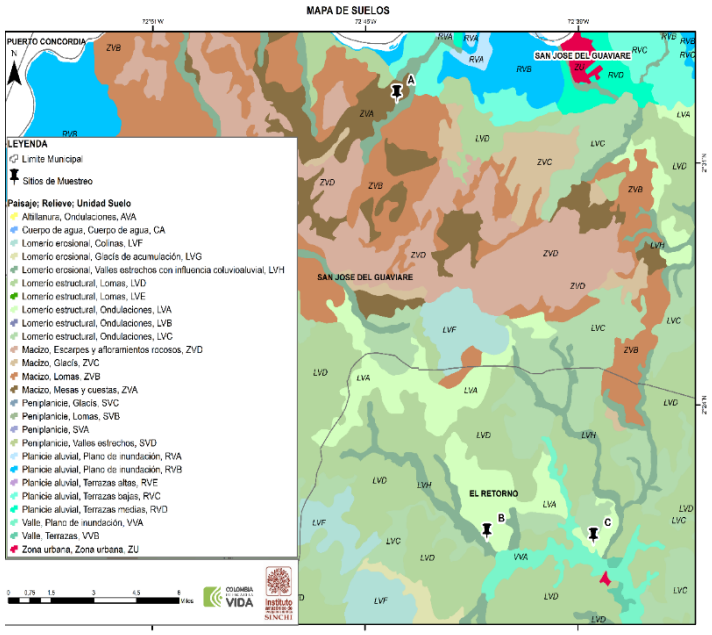
Fecha toma de muestra de suelo	Departamento	Municipio	Código	Vereda	Finca/usuario	Coordenadas	Altitud (msnm)
24/10/2023	Guaviare	Retorno	RCB_01_P2	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	N2 21 06.2 W72 41 16.8	193
24/10/2023	Guaviare	Retorno	RCB_01_P3	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	N2 21 07.4 W72 41 16.7	192
24/10/2023	Guaviare	Retorno	RCB_01_P4	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	N2 21 09.1 W72 41 18.9	194
24/10/2023	Guaviare	Retorno	RCB_01_P5	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	N2 21 08.6 W72 41 20.1	195
25/10/2023	Guaviare	Retorno	RCB2_01_P1	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	N2 20 58.5 W72 38 01.6	189
25/10/2023	Guaviare	Retorno	RCB2_01_P2	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	N2 20 57.7 W72 38 01.4	188
25/10/2023	Guaviare	Retorno	RCB2_01_P3	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	N2 20 57.1 W72 38 00.9	186
25/10/2023	Guaviare	Retorno	RCB2_01_P4	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	N2 20 56.5 W72 38 01.7	186
25/10/2023	Guaviare	Retorno	RCB2_01_P5	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	N2 20 55.3 W72 38 01.9	185

Nota: información de georeferenciación sobre cada punto de muestreo Fuente de: Elaboración propia.

Con la toma de coordenadas de cada punto de muestreo nos permite evaluar la distancia del tramo, y generar visualmente un Mapa Satelital con la ayuda de Google Earth Figura 17, en este caso se presenta los puntos de muestreo de la vereda Las Delicias.

Figura 17.

Mapa de los Puntos de Muestreo



Nota: En la parte de leyenda se muestra de cada color el paisaje, relieve y unidad de suelo dentro del mapa de san José del Guaviare. Fuente. Angelica Romero

Profundidad

En cada toma de muestra de suelo se realizó a una profundidad efectiva de 30 centímetros permitiendo evaluar cada uno de los perfiles del suelo, para hacer la comprobación de la medida aplicada en la calicata se evalúa con la ayuda de un metro (Figura 18). El metro nos permite tener medidas exactas en milímetros, centímetros o metros

Figura 18.

Profundidad Efectiva.

Fuente. Autoría propia

Moteados

Se presentan los resultados obtenidos en cada punto de muestreo (Tabla 5), donde en algunos de los puntos de muestreos no se logró observar la presencia de moteados, Permitiendo identificar el indicador de drenaje y aireación del suelo (FAO, 2020).

Tabla 5.

Resultados de Moteados

Código	Vereda	Finca/usuario	Moteados (Alto, Medio o Bajo) cm
SJLD_01_P1	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	No hay presencia
SJLD_01_P2	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	Medio: 8 cm
SJLD_01_P3	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	No hay presencia
SJLD_01_P4	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	No hay presencia
SJLD_01_P5	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	Bajo: 16 cm
RCB_01_P1	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	Bajo: 20 cm
RCB_01_P2	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	No hay presencia

Código	Vereda	Finca/usuario	Moteados (Alto, Medio o Bajo) cm
RCB_01_P3	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	No hay presencia
RCB_01_P4	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	No hay presencia
RCB_01_P5	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	Bajo: 25 cm
RCB2_01_P1	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	Bajo: 20 cm
RCB2_01_P2	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	Medio: 21 cm
RCB2_01_P3	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	Bajo: 21 cm
RCB2_01_P4	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	Medio: 10 cm
RCB2_01_P5	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	Alto: 4 cm

Nota: información de moteados tomado en campo. Fuente de: Elaboración propia.

Color

En la descripción del perfil se pudo evaluar los colores que se asocian al suelo identificando con la ayuda de la tabla de Munsell (Tabla 6), Según (Infoagronomo, 2020) la tabla de Munsell nos permite tener una precisión en los colores en matiz, brillo y croma. Para llegar a la apreciación de materia orgánica.

Tabla 6.

Resultado de Color

Código	Vereda	Finca/usuario	Color
SJLD_01_P1	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	4/1
SJLD_01_P2	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	5/1
SJLD_01_P3	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	5/2
SJLD_01_P4	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	4/2
SJLD_01_P5	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	5/3
RCB_01_P1	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	2/1
RCB_01_P2	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	2/2
RCB_01_P3	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	3/2
RCB_01_P4	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	2/1
RCB_01_P5	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	3/1
RCB2_01_P1	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	4/1
RCB2_01_P2	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	5/1

Código	Vereda	Finca/usuario	Color
RCB2_01_P3	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	5/1
RCB2_01_P4	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	5/2
RCB2_01_P5	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	6/1

Nota: resultados de color presente en los puntos de muestreo según la tabla de Munsell. Fuente de: Elaboración propia

Raíces

Las raíces fueron la parte más predominante en cada sitio de muestreo, en este caso en cada punto de muestreo se tomó la medida de la raíz más delgada (Figura 19-A) a la más gruesa (Figura 19-B) para obtener su rango aproximado (Tabla 7). Las medidas fueron tomadas con la ayuda de un calibrador digital, según (Martinez, 2022) es un pie de rey donde nos indica en la pantalla directamente su medición, el pie de rey es un nombre antiguo que hace referencia a una unidad de medida.

Tabla 7.

Resultados de Rango de Raíces.

Código	Vereda	Finca/usuario	Raíces (Rango tamaño aproximado)
SJLD_01_P1	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	0,10 – 6,21
SJLD_01_P2	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	0,12 – 23,73
SJLD_01_P3	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	0,21 – 11,95
SJLD_01_P4	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	0,09 – 10,60
SJLD_01_P5	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	0,57 – 15,64
RCB_01_P1	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	0,70 – 19,15
RCB_01_P2	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	0,37 – 5,84
RCB_01_P3	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	0,26 – 13,75
RCB_01_P4	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	0,13 – 11,07
RCB_01_P5	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	0,39 – 5,53
RCB2_01_P1	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	0,19 – 7,59
RCB2_01_P2	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	0,35 – 7,56
RCB2_01_P3	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	0,31 - 11,70
RCB2_01_P4	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	0,30 – 5,09

Código	Vereda	Finca/usuario	Raíces (Rango tamaño aproximado)
RCB2_01_P5	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	0,47 – 7,32

Nota: datos del rango de raíces tomados con el calibrador digital, Fuente de: elaboración propia

Figura 19.

Toma de Medida en las raíces

Fuente. Autoría propia

Fuente. Autoría propia

Horizonte

Se obtiene los resultados de los horizontes presentados en el perfil del suelo en cada punto de muestreo (tabla 8), donde se tuvo en cuenta las diferencias de tono o coloración para diferenciar cada horizonte y tomar su correspondiente dato de medida.

Tabla 8.

Resultados de Medidas en los Horizontes

Código	Vereda	Finca/usuario	Horizonte (cm)
SJLD_01_P1	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	H0: 14
			H1: 16
			H2: 6
SJLD_01_P2	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	H0: 8
			H1: 8
			H2: 14
SJLD_01_P3	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	H0: 10
			H1: 20
			H2:
SJLD_01_P4	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	H0: 4
			H1: 26
			H2:
SJLD_01_P5	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	H0: 15
			H1: 10
			H2: 5
RCB_01_P1	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	H0: 20
			H1: 10
			H2:
RCB_01_P2	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	H0: 5
			H1: 6
			H2: 19
RCB_01_P3	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	H0: 8
			H1: 3
			H2: 19
RCB_01_P4	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	H0: 9
			H1: 21
			H2:
RCB_01_P5	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	H0: 4
			H1: 26

Código	Vereda	Finca/usuario	Horizonte (cm)
			H2:
RCB2_01_P1	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	H0: 10
			H1: 10
			H2: 10
RCB2_01_P2	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	H0: 10
			H1: 11
			H2: 9
RCB2_01_P3	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	H0: 15
			H1: 6
			H2: 9
RCB2_01_P4	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	H0: 10
			H1: 10
			H2: 10
RCB2_01_P5	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	H0: 4
			H1: 10
			H2: 6

Nota: datos de los horizontes presentes en las cajuelas de los puntos muestreos. Fuente de: elaboración propia

Compactación

Se presenta los resultados de la compactación del suelo en cada punto de muestreo (Tabla 9), La compactación fue medida con la ayuda de un penetrómetro (Figura 20- A), Las medidas fueron tomadas con un intervalo de 10 cm, hasta los 30 cm de profundidad (Figura 20-B). un penetrómetro nos permite medir la resistencia del suelo dando indicación de que tan compactado se puede presentar (lapaca, 2023).

Tabla 9.

Resultados Medida de Compactación del Suelo.

Código	Vereda	Finca/usuario	Compactación (cm)	Resistencia (Ω)
SJLD_01_P1	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	10 cm	1035
			20 cm	1518
			30 cm	1518
SJLD_01_P2			10 cm	0483

Código	Vereda	Finca/usuario	Compactación (cm)	Resistencia (Ω)
	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	20 cm	0655
			30 cm	0241
SJLD_01_P3	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	10 cm	0897
			20 cm	0931
			30 cm	1690
SJLD_01_P4	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	10 cm	1035
			20 cm	1207
			30 cm	1069
SJLD_01_P5	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	10 cm	0931
			20 cm	1414
			30 cm	0557
RCB_01_P1	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	10 cm	0
			20 cm	0
			30 cm	0
RCB_01_P2	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	10 cm	0034
			20 cm	032
			30 cm	0379
RCB_01_P3	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	10 cm	0034
			20 cm	0390
			30 cm	0379
RCB_01_P4	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	10 cm	0138
			20 cm	0669
			30 cm	0103
RCB_01_P5	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	10 cm	0345
			20 cm	0345
			30 cm	0241
RCB2_01_P1	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	10 cm	0448
			20 cm	1345
			30 cm	1794
RCB2_01_P2	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	10 cm	0483
			20 cm	1345
			30 cm	1380
RCB2_01_P3	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	10 cm	0517
			20 cm	0937
			30 cm	1897
RCB2_01_P4	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	10 cm	0897
			20 cm	0793
			30 cm	0966
RCB2_01_P5	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	10 cm	1138
			20 cm	1138

Código	Vereda	Finca/usuario	Compactación (cm)	Resistencia (Ω)
			30 cm	0793

Nota: datos de compactación del suelo en cada punto de muestreó tomado con un penetrómetro.
Fuente de: elaboración propia

Figura 20.

Medida de Compactación del Suelo con el Penetrómetro.

A

Fuente. Autoría propia

B

Fuente. Autoría propia

Densidad aparente

Se presenta los resultados obtenidos de densidad aparente teniendo en cuenta el peso fresco de la muestra, el peso seco y aplicando la formula su resultado final de densidad aparente (Tabla 10).

Tabla 10.

Resultados de Densidad Aparente

Código	Peso fresco muestra cilindro (PF/g)	Peso seco muestra cilindro (PS/g)
SJLD_01_P1	175,85	153,42
SJLD_01_P2	196,93	162,25
SJLD_01_P3	173,86	125,62
SJLD_01_P4	204,34	168,62
SJLD_01_P5	152,20	116,54
RCB_01_P1	112,96	47,83
RCB_01_P2	105,5	35,41
RCB_01_P3	112,08	46,76
RCB_01_P4	112,76	55,75
RCB_01_P5	122,90	66,43
RCB2_01_P1	58,30	112,96
RCB2_01_P2	158,85	110,45
RCB2_01_P3	71,02	125,24
RCB2_01_P4	159,67	101,66
RCB2_01_P5	160,05	121,3

Nota: se muestra los diferentes datos de densidad aparente desde la toma de la muestra. Fuente de elaboración propia

La densidad aparente del suelo es la relación que hay entre la masa del suelo seco y el volumen total aparente del mismo (Hossne, 2008). Es por ello que se toma los valores Peso seco para aplicar la formula y determina la densidad aparente. hallando primero el volumen del

cilindro $V = Abs \times h$. Después aplicando la determinación de densidad aparente. $DA = \frac{g}{c^3} = \frac{peso\ suelo\ seco\ (g)}{Volumen\ del\ cilindo\ (c^3)}$. (Tabla 11)

Tabla 11.

Densidad Aparente

Código	Sitio	Peso fresco muestra cilindro (PF/g)	Peso seco muestra cilindro (PS/g)	Densidad aparente (g)
SJLD_01_P1	A	175,85	153,42	0,39
SJLD_01_P2	A	196,93	162,25	0,41
SJLD_01_P3	A	173,86	125,62	0,32
SJLD_01_P4	A	204,34	168,62	0,43
SJLD_01_P5	A	152,20	116,54	0,30
RCB_01_P1	B	112,96	47,83	0,12
RCB_01_P2	B	105,5	35,41	0,09
RCB_01_P3	B	112,08	46,76	0,12
RCB_01_P4	B	112,76	55,75	0,14
RCB_01_P5	B	122,90	66,43	0,17
RCB_02_P1	C	58,30	112,96	0,29
RCB_02_P2	C	158,85	110,45	0,28
RCB_02_P3	C	71,02	125,24	0,32
RCB_02_P4	C	159,67	101,66	0,26
RCB_02_P5	C	160,05	121,3	0,31

Nota: se indica el resultado final de la densidad aparente. Fuente de: Elaboración propia

Muestra de suelo de Fertilidad

Los resultados obtenidos de las muestras de suelo para dar el ingreso al laboratorio. (Tabla 12).

Tabla 12.

Peso Fresco de la muestra de Fertilidad.

Código	Vereda	Finca/usuario	Peso fresco de la muestra (g)
SJLD_01_P1	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	871,79
SJLD_01_P2	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	785,06
SJLD_01_P3	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	824,35
SJLD_01_P4	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	1140,32
SJLD_01_P5	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	795,46
RCB_01_P1	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	671,04
RCB_01_P2	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	498,63
RCB_01_P3	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	512,36
RCB_01_P4	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	631,96
RCB_01_P5	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	492,12
RCB2_01_P1	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	597,92
RCB2_01_P2	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	608,49
RCB2_01_P3	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	598,4
RCB2_01_P4	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	606,32
RCB2_01_P5	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	658,33

Nota: se indica el peso en fresco de las muestras que son llevadas a laboratorio a analizar. Fuente de: Elaboración propia

Ingreso de muestras al laboratorio

Después de aplicar el proceso de macerado para ingresar las muestras de suelo al laboratorio para iniciar su respectivo análisis se procede a presentar el peso seco de la muestra (Tabla 13).

Tabla 13.

Peso de Ingreso de las Muestras al Laboratorio

Código	Vereda	Finca/usuario	Peso Seco de la muestra (g)
SJLD_01_P1	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	718,01 g
SJLD_01_P2	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	587,94 g
SJLD_01_P3	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	554,55 g
SJLD_01_P4	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	862,15 g

Código	Vereda	Finca/usuario	Peso Seco de la muestra (g)
SJLD_01_P5	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	478,08 g
RCB_01_P1	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	210,33 g
RCB_01_P2	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	149,64 g
RCB_01_P3	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	188,92 g
RCB_01_P4	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	162,79 g
RCB_01_P5	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	260,96 g
RCB_02_P1	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	300,20 g
RCB_02_P2	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	337,16 g
RCB_02_P3	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	386,83 g
RCB_02_P4	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	351,09 g
RCB_02_P5	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	533,29 g

Nota: se indica el peso en seco de las muestras se suelo ingresadas a laboratorio a analizar.
Fuente de: Elaboración propia

Curva de calibración

Después del procedimiento de proceso de patrones y teniendo su lectura en el espectrofotómetro se toman los datos de absorbancia de cada patrón con su triplicado, se procede a presentar los resultados de Fosforo y Carbono.

Fosforo:

se presenta los resultados de absorbancia (Tabla 14) de cada triplicado aplicado a cada patrón aplicado en blanco, (0,4), (0,5), (0,6), (0,7), (0,8), (0,9), (1,0), (2,0), (4,0), (7,0), (10,0), (15,0), (20,0). y el proceso de promedio de los resultados de absorbancia.

Tabla 14.

Datos de Absorbancia de Fosforo

Concentración	Absorbancia 1	Absorbancia 2	Absorbancia 3	de absorbancia
0	0	0	0	0,0000
0,4	0,025	0,040	0,057	0,0407
0},5	0,022	0,050	0,046	0,0393

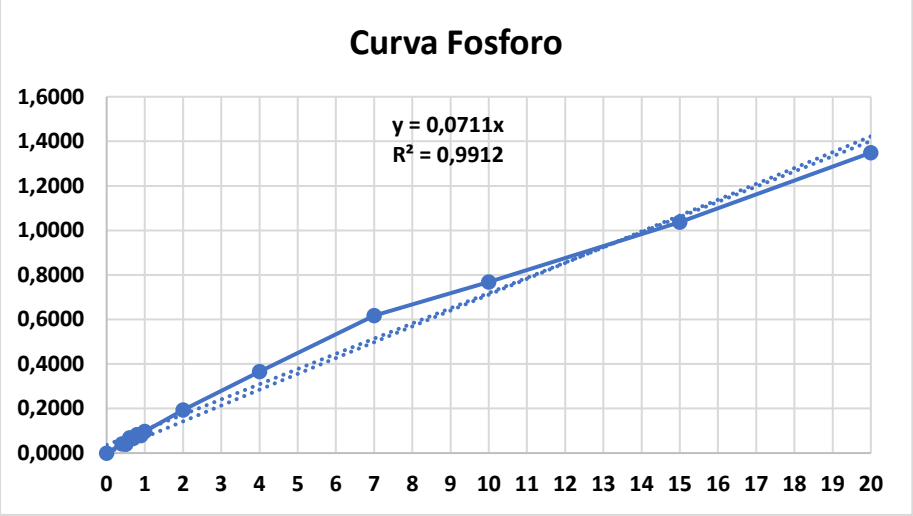
Concentración	Absorbancia 1	Absorbancia 2	Absorbancia 3	□ de absorbancia
0,6	0,085	0,061	0,058	0,0680
0,7	0,071	0,074	0,053	0,0660
0,8	0,076	0,075	0,097	0,0827
0,9	0,078	0,085	0,072	0,0783
1,0	0,083	0,104	0,103	0,0967
2,0	0,213	0,180	0,187	0,1933
4,0	0,362	0,364	0,370	0,3653
7,0	0,557	0,676	0,620	0,6177
10,0	0,768	0,781	0,754	0,7677
15,0	1,287	0,841	0,981	1,0363
20,0	1,118	1,234	1,694	1,3487

Nota: datos de la absorbancia en fosforo, resultado del espectrofotómetro. Fuente de: Elaboración propia

Con los resultados obtenidos en Absorbancia de fosforo y de acuerdo a su concentración se pudo generar la gráfica de la curva de calibración (figura 21) con su respectivo resultado en Y=0,0711 x y R^2=0,9912. Con un resultado de intercepción de 0,036 y una pendiente de 0,068.

Figura 21.

Curva de Calibración de Fosforo.



Fuente: Autoría propia

Carbono

se presenta los resultados de absorbancia (Tabla 15) de cada triplicado aplicado para cada patrón aplicado en blanco (0,010), (0,10), (0,20), (0,30), (0,40), (0,50), (0,60). y el proceso de promedio de los resultados de absorbancia.

Tabla 15.

Datos de Absorbancia de Carbono

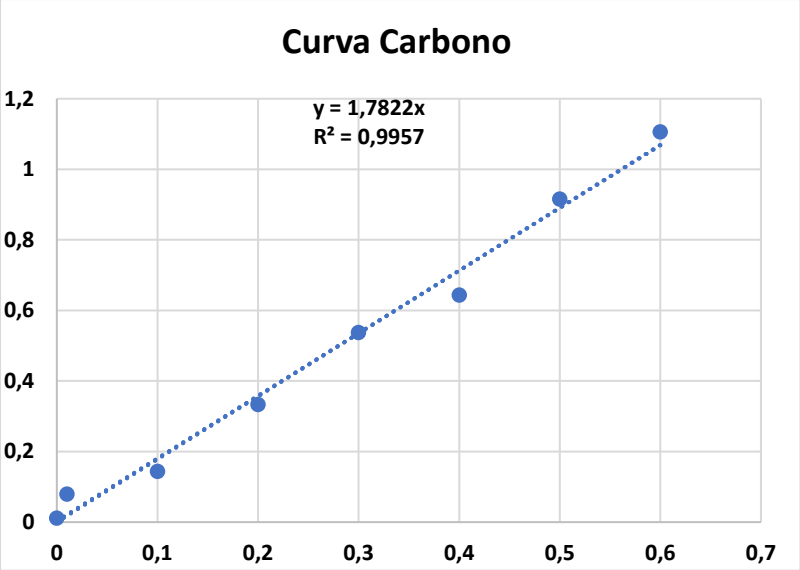
Concentración	Absorbancia 1	Absorbancia 2	Absorbancia 3	□ de absorbancia
0	0,000	0,035	0,000	0,012
0,010	0,054	0,101	0,082	0,079
0,10	0,170	0,167	0,093	0,143
0,20	0,359	0,313	0,329	0,334
0,300	0,622	0,464	0,526	0,537
0,400	0,626	0,637	0,668	0,644
0,500	0,894	0,798	1,054	0,915
0,600	1,071	1,144	1,104	1,106

Nota: absorbancia de Carbono siendo resultado del espectrofotómetro. Fuente de: Elaboración propia

Con los resultados obtenidos en Absorbancia de Carbono y de acuerdo a su concentración se pudo la gráfica de la curva de calibración (figura 22) con su respectivo resultado en Y=1,7822 x y R^2=0,9957. Con un resultado de intercepción de 0,0031 y una pendiente de 1,774.

Figura 22.

Curva de Calibración de Carbono



Fuente. Autoría propia

Concentración Fosforo

Para obtener el proceso de concentración de Fosforo se obtuvo un resultado de peso de suelo (Tabla 16) como inicio de resultado para continuar con su proceso de análisis.

Tabla 16.

Peso de las Muestras

Fecha de análisis	Código	Cantidad muestra (gr)R1	Cantidad muestra (gr)R2	Cantidad muestra (gr)R3
20/12/2023	SJLD01_P1	0,1430	0,1432	0,1431
21/12/2023	SJLD01_P2	0,1432	0,1432	0,1432
20/12/2023	SJLD01_P3	0,1430	0,1432	0,1432
20/12/2023	SJLD01_P4	0,1430	0,1431	0,1431
20/12/2023	SJLD01_P5	0,1432	0,1432	0,1430
20/12/2023	RCB01_P1	0,1431	0,1432	0,1432
21/12/2023	RCB01_P2	0,1431	0,1432	0,1430
21/12/2023	RCB01_P3	0,1431	0,1430	0,1431
21/12/2023	RCB01_P4	0,1432	0,1430	0,1431
21/12/2023	RCB01_P5	0,1431	0,1431	0,1432
20/12/2023	RCB02_P1	0,1430	0,1430	0,1430
20/12/2023	RCB02_P2	0,1430	0,1430	0,1430
20/12/2023	RCB02_P3	0,1430	0,1430	0,1430
20/12/2023	RCB02_P4	0,1430	0,1430	0,1430

Fecha de análisis	Código	Cantidad muestra (gr)R1	Cantidad muestra (gr)R2	Cantidad muestra (gr)R3
20/12/2023	RCB02_P5	0,1430	0,1430	0,1430

Nota: peso exacto de cada muestra a analizar. Fuente de: Elaboración propia

De acuerdo a los análisis aplicados a cada muestra de suelo donde se inició con proceso de 3 triplicados y luego se hizo 2 duplicados de cada una se obtiene un resultado de 6 lecturas de absorbancia por muestra, aplicándole el proceso de promediar la absorbancia para en resultados finales en absorbancia (Tabla 17).

Tabla 17.

Resultado de Absorbancia

Fecha de análisis	Código	Abs 1_R1	Abs 1_R2	$\overline{x}$ Abs 1	Abs 2_R1	Abs 2_R2	$\overline{x}$ Abs 2	Abs 3_R1	Abs 3_R2	$\overline{x}$ Abs 3
20/12/2023	SJLD01_P1	0,236	0,207	0,222	0,148	0,238	0,193	0,217	0,216	0,217
21/12/2023	SJLD01_P2	0,236	0,221	0,229	0,232	0,225	0,229	0,248	0,236	0,242
20/12/2023	SJLD01_P3	0,219	0,214	0,217	0,202	0,214	0,208	0,224	0,201	0,213
20/12/2023	SJLD01_P4	0,192	0,162	0,177	0,157	0,179	0,168	0,175	0,179	0,177
20/12/2023	SJLD01_P5	0,230	0,225	0,228	0,246	0,243	0,245	0,254	0,236	0,245
20/12/2023	RCB01_P1	0,246	0,248	0,247	0,217	0,236	0,227	0,230	0,234	0,232
21/12/2023	RCB01_P2	0,431	0,423	0,427	0,431	0,444	0,438	0,438	0,445	0,442
21/12/2023	RCB01_P3	0,211	0,209	0,210	0,207	0,216	0,212	0,213	0,188	0,201
21/12/2023	RCB01_P4	0,372	0,374	0,373	0,367	0,368	0,368	0,368	0,382	0,375
21/12/2023	RCB01_P5	0,127	0,138	0,133	0,130	0,139	0,135	0,133	0,136	0,135
20/12/2023	RCB02_P1	0,234	0,255	0,245	0,249	0,257	0,253	0,247	0,308	0,278

Fecha de análisis	Código	Abs 1_R1	Abs 1_R2	$\bar{x}$ Abs 1	Abs 2_R1	Abs 2_R2	$\bar{x}$ Abs 2	Abs 3_R1	Abs 3_R2	$\bar{x}$ Abs 3
20/12/2023	RCB02_P2	0,295	0,341	0,318	0,312	0,307	0,310	0,316	0,318	0,317
20/12/2023	RCB02_P3	0,223	0,220	0,222	0,240	0,222	0,231	0,203	0,200	0,202
20/12/2023	RCB02_P4	0,206	0,197	0,202	0,213	0,224	0,219	0,226	0,224	0,225
20/12/2023	RCB02_P5	0,233	0,225	0,229	0,237	0,225	0,231	0,185	0,215	0,200

Nota: resultado de absorbancia de las muestras de suelo de fosforo. Fuente de: Elaboración propia

Obteniendo los resultados de absorbancia se procede a aplicar los cálculos (tabla 18), obteniendo su resultado de concentración de fosforo.

Tabla 18.

Resultado de Concentración

Código	Concentración Fosforo 1	Concentración Fosforo 2	Concentración Fosforo 3	Concentración Alícuota 1 (mg/mL)	Concentración Alícuota 2 (mg/mL)	Concentración Alícuota 3 (mg/mL)
SJLD01_P1	2,714	2,296	2,641	14,927	12,630	14,524
SJLD01_P2	2,817	2,817	3,014	15,491	15,491	16,579
SJLD01_P3	2,641	2,516	2,582	14,524	13,839	14,201
SJLD01_P4	2,062	1,930	2,062	11,340	10,615	11,340
SJLD01_P5	2,802	3,051	3,058	15,410	16,780	16,821
RCB01_P1	3,088	2,787	2,868	16,982	15,330	15,773
RCB01_P2	5,725	5,879	5,938	31,488	32,334	32,657
RCB01_P3	2,545	2,567	2,406	14,000	14,121	13,234
RCB01_P4	4,934	4,853	4,963	27,136	26,693	27,297
RCB01_P5	1,410	1,439	1,439	7,754	7,915	7,915
RCB02_P1	3,051	3,175	3,534	16,780	17,465	19,440
RCB02_P2	4,128	4,003	4,113	22,704	22,019	22,623
RCB02_P3	2,714	2,853	2,421	14,927	15,692	13,315
RCB02_P4	2,421	2,670	2,765	13,315	14,685	15,209
RCB02_P5	2,824	2,853	2,399	15,531	15,692	13,194

Nota: concentraciones presentes en cada muestra de suelo de fosforo. Fuente de: Elaboración propia

Seguidamente se procede a desarrollar los mg Fosforo, los mg F/g, el correspondiente promedio de los mg/g, su desviación presente y el porcentaje de desviación. (Tabla 19)

Tabla 19.

Promedio y Desviación.

Código	mg P_R1	mg P_R2	mg p_R3	mgP/g_R1	mgP/g_R2	mgP/g_R3	$\bar{x}$ (mg/g)	Desviación	% Desviación
SJLD01_P1	2,714	2,296	2,641	18,979	16,036	18,453	17,823	1,570	9%
SJLD01_P2	2,817	2,817	3,014	19,668	19,668	21,050	20,129	0,798	4 %
SJLD01_P3	2,641	2,516	2,582	18,466	17,571	18,031	18,023	0,448	2%
SJLD01_P4	2,062	1,930	2,062	14,419	13,487	14,409	14,105	0,535	4%
SJLD01_P5	2,802	3,051	3,058	19,566	21,305	21,387	20,753	1,028	5%
RCB01_P1	3,088	2,787	2,868	21,576	19,464	20,026	20,355	1,094	5%
RCB01_P2	5,725	5,879	5,938	40,008	41,054	41,521	40,861	0,775	2%
RCB01_P3	2,545	2,567	2,406	17,788	17,954	16,815	17,519	0,615	4%
RCB01_P4	4,934	4,853	4,963	34,454	33,939	34,683	34,359	0,381	1%
RCB01_P5	1,410	1,439	1,439	9,852	10,057	10,050	9,986	0,116	1%
RCB02_P1	3,051	3,175	3,534	21,335	22,206	24,717	22,753	1,756	8%
RCB02_P2	4,128	4,003	4,113	28,867	27,996	28,764	28,542	0,476	2%
RCB02_P3	2,714	2,853	2,421	18,979	19,952	16,929	18,620	1,543	8%
RCB02_P4	2,421	2,670	2,765	16,929	18,671	19,337	18,312	1,243	7%
RCB02_P5	2,824	2,853	2,399	19,747	19,952	16,775	18,825	1,778	9%

Nota: se presenta los datos de la concentración de fosforo con su desviación estándar. Fuente de: Elaboración propia

Concentración de Carbono

Para obtener el proceso de concentración de Carbono se obtuvo un resultado de peso de suelo (Tabla 20) como inicio de resultado para continuar con su proceso de análisis.

Tabla 20.

Peso de Muestra

Fecha de análisis	Código	Cantidad muestra (gr)R1	Cantidad muestra (gr)R2	Cantidad muestra (gr)R3
20/12/2023	SJLD01_P1	0,0100	0,0102	0,0100
20/12/2023	SJLD01_P2	0,0101	0,0100	0,0102
20/12/2023	SJLD01_P3	0,0101	0,0100	0,0100
20/12/2023	SJLD01_P4	0,0101	0,0101	0,0102
20/12/2023	SJLD01_P5	0,0102	0,0100	0,0102
20/12/2023	RCB01_P1	0,0100	0,0100	0,0100
20/12/2023	RCB01_P2	0,0100	0,0100	0,0101
20/12/2023	RCB01_P3	0,0100	0,0100	0,0100
21/12/2023	RCB01_P4	0,0100	0,0100	0,0100
21/12/2023	RCB01_P5	0,0100	0,0100	0,0100
21/12/2023	RCB02_P1	0,0100	0,0100	0,0100
21/12/2023	RCB02_P2	0,0100	0,0102	0,0101
21/12/2023	RCB02_P3	0,0100	0,0102	0,0100
21/12/2023	RCB02_P4	0,0102	0,0100	0,0100
21/12/2023	RCB02_P5	0,0100	0,0100	0,0101

Nota: peso de la muestra de suelo exacta a analizar en Carbono. Fuente de: Elaboración propia

De acuerdo a los análisis aplicados a cada muestra de suelo donde se inició con proceso de 3 triplicados obteniendo su resultado de absorbancia en el espectrofotómetro (Tabla 21).

Tabla 21.

Resultado de Absorbancia

Fecha de análisis	Código	Carbono (Absor1) espectrofotómetro	Carbono (Absor2) espectrofotómetro	Carbono (Absor3) espectrofotómetro
20/12/2023	SJLD01_P1	0,273	0,275	0,279
20/12/2023	SJLD01_P2	0,335	0,341	0,331
20/12/2023	SJLD01_P3	0,364	0,355	0,361
20/12/2023	SJLD01_P4	0,219	0,217	0,215
20/12/2023	SJLD01_P5	0,365	0,353	0,366
20/12/2023	RCB01_P1	0,690	0,732	0,721
20/12/2023	RCB01_P2	0,918	0,800	0,919
20/12/2023	RCB01_P3	0,600	0,635	0,704
21/12/2023	RCB01_P4	1,205	1,243	1,229
21/12/2023	RCB01_P5	0,609	0,577	0,598
21/12/2023	RCB02_P1	0,529	0,540	0,514
21/12/2023	RCB02_P2	0,541	0,558	0,525
21/12/2023	RCB02_P3	0,464	0,512	0,416
21/12/2023	RCB02_P4	0,398	0,395	0,411
21/12/2023	RCB02_P5	0,313	0,348	0,308

Nota: datos de absorbancia de cada muestra de suelo en carbono. Fuente de: Elaboración propia

Luego de los resultados de absorbancia se procede a aplicar los cálculos (Tabla 22), obteniendo su resultado de concentración de Carbono, Mg Carbono, Mg C /g, para obtener al final el promedio (mg/g) y su desviación con su correspondiente porcentaje.

Tabla 22.

Resultado de Concentración, Desviación y Promedio.

Código	Concentración C1	Concentración C2	Concentración C3	mgC_R1	mgC_R2	mgC_R3	mgC/g_R1	mgC/g_R2	mgC/g_R3	$\bar{x}$ (mg/g)	Desviación	% Desviación
SJLD01_P1	0,152	0,153	0,155	0,152	0,153	0,155	15,2203	15,0015	15,5411	15,2533	0,266	2%

Código	Concentración C1	Concentración C2	Concentración C3	mgC_R1	mgC_R2	mgC_R3	mgC/g_R1	mgC/g_R2	mgC/g_R3	$\bar{x}$ (mg/g)	Desviación	% Desviación
SJLD01_P2	0,187	0,190	0,185	0,187	0,190	0,185	18,511	19,034	18,108	18,551	0,464	3%
SJLD01_P3	0,203	0,198	0,202	0,203	0,198	0,202	20,129	19,823	20,161	20,037	0,187	1%
SJLD01_P4	0,122	0,120	0,119	0,122	0,120	0,119	12,040	11,928	11,701	11,890	0,173	1%
SJLD01_P5	0,204	0,197	0,204	0,204	0,197	0,204	19,987	19,710	20,042	19,913	0,178	1%
RCB01_P1	0,387	0,411	0,404	0,387	0,411	0,404	38,698	41,064	40,444	40,069	1,227	3%
RCB01_P2	0,515	0,449	0,516	0,515	0,449	0,516	51,544	44,895	51,089	49,176	3,714	8%
RCB01_P3	0,336	0,356	0,395	0,336	0,356	0,395	33,627	35,599	39,486	36,237	2,982	8%
RCB01_P4	0,677	0,699	0,691	0,677	0,699	0,691	67,714	69,855	69,066	68,879	1,083	2%
RCB01_P5	0,341	0,323	0,335	0,341	0,323	0,335	34,134	32,331	33,514	33,326	0,916	3%
RCB02_P1	0,296	0,302	0,288	0,296	0,302	0,288	29,626	30,246	28,781	29,551	0,735	2%
RCB02_P2	0,303	0,313	0,294	0,303	0,313	0,294	30,303	30,647	29,110	30,020	0,807	3%
RCB02_P3	0,260	0,287	0,233	0,260	0,287	0,233	25,964	28,107	23,260	25,777	2,429	9%
RCB02_P4	0,222	0,221	0,230	0,222	0,221	0,230	21,809	22,077	22,978	22,288	0,612	3%

Código	Concentración C1	Concentración C2	Concentración C3	mgC_R1	mgC_R2	mgC_R3	mgC/g_R1	mgC/g_R2	mgC/g_R3	$\bar{x}$ (mg/g)	Desviación	% Desviación
RCB02_P5	0,175	0,194	0,172	0,175	0,194	0,172	17,456	19,428	17,005	17,963	1,289	7%

Nota: concentración de la muestra de suelo en carbono con su respectiva desviación estándar.
Fuente de: Elaboración propia

Análisis de los resultados

Los resultados de suelos se le aplico unos correspondientes análisis de la siguiente manera:

Profundidad

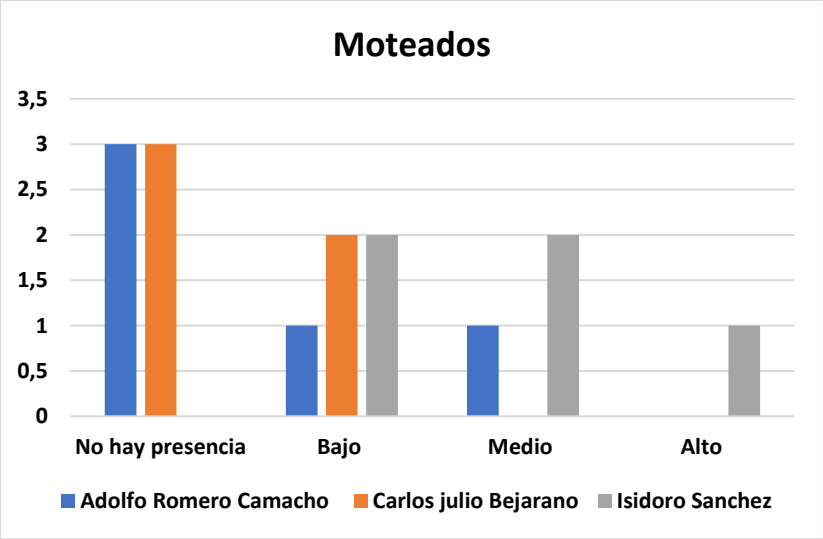
la profundidad manejada en cada una de las áreas de muestreos fue aplicadas a una profundidad efectiva de los 30 cm, donde podemos decir que no hay ninguna diferencia en las 3 áreas de muestreos.

Moteados

Teniendo en cuenta los resultados de moteados, donde indica en qué nivel de moteado se encuentra y a partir de sus cm, permite presentar los resultados de comparación (Figura 23), es decir por cada área de muestreo donde presenta cuantos puntos no tuvieron presencia de moteados, cuentos en un nivel bajo, medio o alto.

Figura 23.

Cantidad de Moteados por Área de Muestreo



Fuente. Autoría propia

Se puede presenciar que la finca del señor Adolfo Romero Camacho la presencia de moteados es muy baja ya que en 3 puntos de muestreo no hay presencia de moteados y en los 2 puntos de moteados encontrados son muy bajo con un moteado bajo a los 16 cm y una presencia media a los 8 cm.

En el sitio de muestreo de la finca del usuario Carlos Julio Bejarano se evidencia una presencia de moteados muy baja ya que en 3 puntos de muestreo no hay presencia de moteados y en los otros 2 puntos de muestreo su presencia de moteados es muy baja don se hallas a una profundidad después de los 20 cm.

En el sitio de muestreo de la finca del usuario Isidoro Sánchez se evidencia una presencia de moteados más predominante ya que en 2 puntos de muestreo hay existencia de moteados de modo bajo después de los 20 y 21 cm, del mismo modo se observa 2 puntos de moteados con

presencia media a partir de los 21 y 10 cm y un punto de muestreo con moteado alto después de los 4 cm.

Estos análisis me han permitido observar que hay una similitud entre los suelos de don Adolfo Romero Camacho con los de don Carlos Julio Bejarano a diferencia del usuario Isidoro Sánchez con más presencia de moteados, se ha podido concluir los resultados de manera general. (Tabla 23).

Tabla 23.

Total, de Moteados

Cantidad	Moteados (Alto, Medio o Bajo)	cm
6	No hay presencia	0
1	Medio	8
1	Bajo	16
2	Bajo	20
1	Bajo	25
1	Medio	21
1	Bajo	21
1	Medio	10
1	Alto	4

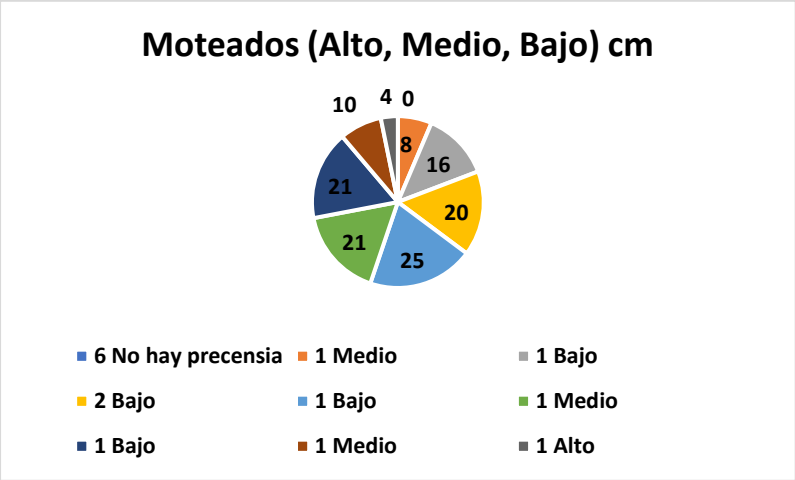
Nota: resultados de moteados indicando su cantidad y en valor de cm. Fuente de: Elaboración propia.

Los moteados evidencian la compactación o aireación del suelo,(Interpretación, 2023) donde tenemos que de acuerdo a los resultados los suelos con ausencia de moteados nos indica buenas condiciones de drenaje, en los otros casos con presencia de moteados podemos ver que una condición moderada de drenaje entre los bajo y medios y una condición pobre en drenaje en un nivel alto de moteados. Permitiendo tener un resultado total de los moteados (Figura 24), donde 6 no tiene presencia de moteados, 1 es medio a partir de los 8 cm, 1 es bajo a partir de los 16 cm, 2 bajos después de los 20 cm, 1 bajo después de los 20 cm, 1 medio después d ellos 21 cm, 1 bajo después de los 21 cm, 1 medio después de los 10 cm y 1 alto después de los 4 cm. Lo

cual indica la gráfica de torta en la parte inferir la cantidad de moteados presente y en qué nivel se encuentra y en el centro de la gráfica los cm en los que se encuentra presente.

Figura 24.

Total, de Moteados



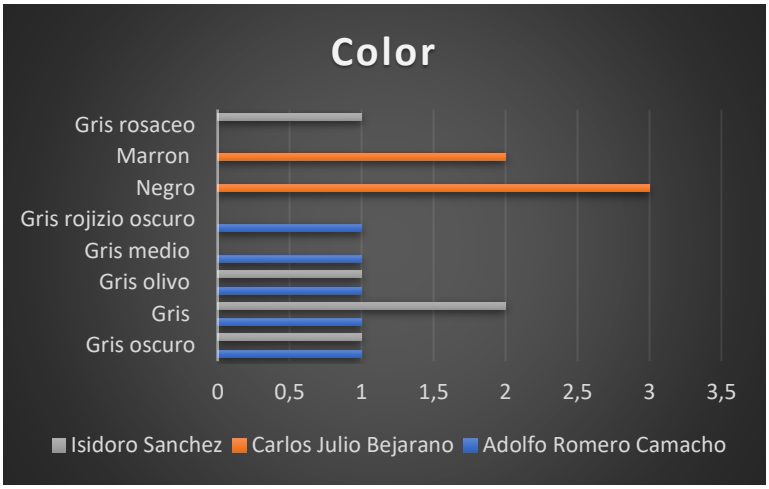
Fuente. Autoría propia

Color

De acuerdo a los resultados de color en el suelo, me permite hacer una comparación en los 3 diferentes áreas de muestreo, (Figura 25) identificando que Adolfo Romero Camacho presenta coloraciones en el suelo siendo Gris oscuro, Gris, Gris olivo y Gris medio y Gris rojizo oscuro, El Señor Carlos Julio Bejarano presenta coloraciones Marrón y Negro y el señor Isidoro Sánchez presenta coloraciones Gris oscuro, Gris, Gris olivo, Gris rosáceo.

Figura 25.

Diferencias de Color en las Áreas de Muestreo.



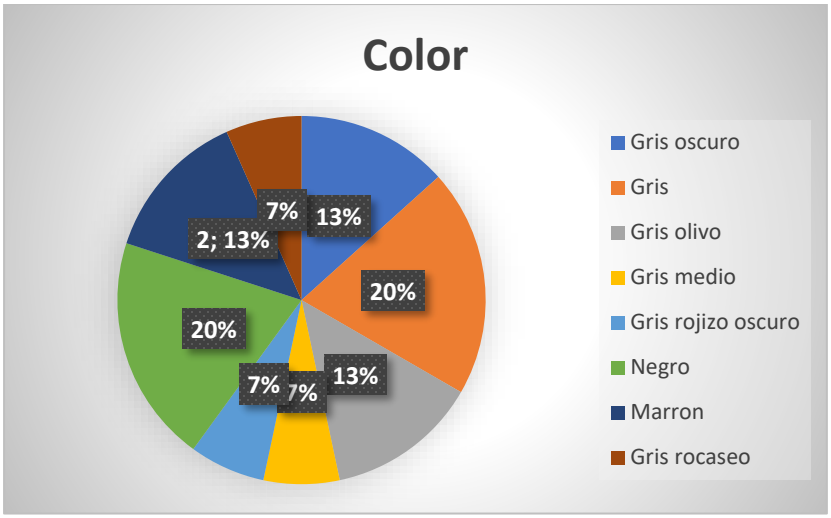
Fuente. Autoría propia

Los resultados permiten observar que el área de muestreo de Carlos Julio Bejarano presenta una coloración del suelo totalmente diferente a las áreas de muestreo de Isidoro Sánchez y Adolfo Romero Camacho, la coloración del suelo varía de acuerdo a la humedad, Materia orgánica y grado de oxidación de minerales. (Tapín, 2021). Esto nos permite precisar que los suelos Carlos Julio Bejarano tiene mayor contenido humedad lo que nos permite tener esa coloración a diferencia de las otras dos áreas de muestro. Y lo que también puede indicar un alto contenido de materia orgánica.

De acuerdo a los resultados individuales de las áreas de muestreo me permite obtener un porcentaje de manera total con las 3 áreas de muestreo (Figura 26).

Figura 26.

Porcentaje de Coloración en las Áreas de Muestreo



Fuente. Autoría propia

Raíces

De acuerdo a los valores de las raíces, teniendo el grosor de la raíz más delgada a la más gruesa se pudo obtener el promedio de cada punto de muestreo (Tabla 24).

Tabla 24.

Promedio de Tamaño en Raíces.

Código	Vereda	Finca/usuario	Promedio de tamaño en raíces (cm)
SJLD_01_P1	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	3,16
SJLD_01_P2	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	11,93
SJLD_01_P3	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	6,08
SJLD_01_P4	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	5,35
SJLD_01_P5	Las Delicias	Adolfo Romero Camacho	8,11
RCB_01_P1	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	9,93
RCB_01_P2	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	3,11
RCB_01_P3	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	7,01
RCB_01_P4	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	5,60
RCB_01_P5	Caño Bonito	Carlos Julio Bejarano	2,96
RCB2_01_P1	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	3,89
RCB2_01_P2	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	3,96
RCB2_01_P3	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	6,01
RCB2_01_P4	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	2,70

Código	Vereda	Finca/usuario	Promedio de tamaño en raíces (cm)
RCB2_01_P5	Caño Bonito	Isidoro Sánchez	3,90

Nota: se indica el promedio de las raíces de acuerdo a los datos de rango re raíces de mayor y menor. Fuente de: elaboración propia

Obteniendo estos resultados de promedio de forma individual, se toma el promedio de tamaño de raíces por área de muestreo (tabla 25).

Tabla 25.

Promedio de Tamaño de Raíces por Área de Muestreo

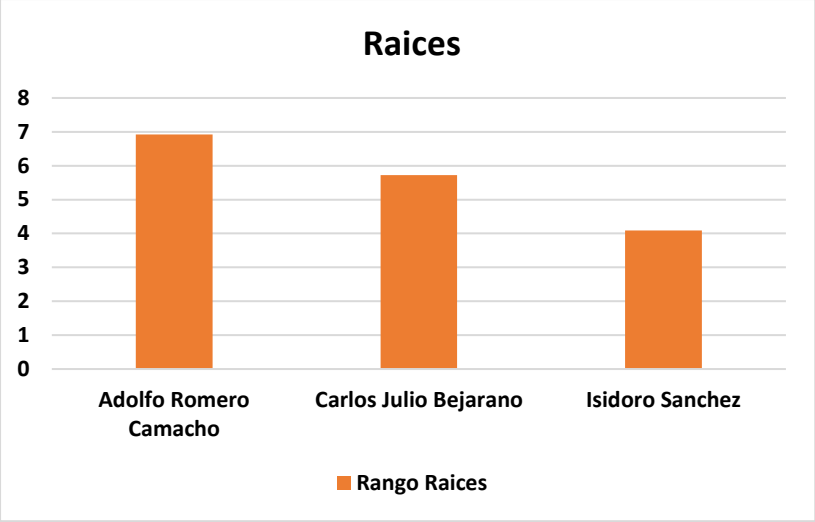
Área de Muestreó	Raíces promedio (cm)
Adolfo Romero Camacho	6,92
Carlos Julio Bejarano	5,72
Isidoro Sánchez	4,09

Nota: promedio final de las recies según por sitio de muestreo. Fuente de: Elaboración propia.

Tomando el resultado del promedio de cada área de muestre nos permite observar que en la finca del señor Adolfo Romero Camacho se encuentra raíces de mayor grosor y en la finca de don Isidoro Sánchez predominan las raíces de menor grosor (Figura 27), teniendo en cuenta que las raíces favorecen los cambios en el suelo permitiendo un mejor drenaje, con un número mayor de macroporos en el suelo.(Torres Guerrero & Govaerts, 2013). El área de muestreo que se realizó donde el Señor Adolfo Romero Camacho presenta un mejor drenaje en el suelo a diferencia a la finca del señor Isidoro Sánchez.

Figura 27.

Promedio de Tamaño de Raíces por Área de Muestreo.



Fuente. Autoría propia

Horizonte

De acuerdo a los resultados de los horizontes se pudo presentar el número de horizontes que presenta cada punto de muestreo o área de muestreo, (Figura 28) El área de muestreo donde el señor Adolfo Romero Camacho esta codificada (SJLD_01), el área de muestreo de Carlos Julio Bejarano esta codificada (RCB_01) y el área donde Isidoro Sánchez esta codificada (RCB2_01).

Figura 28.

Numero de Horizontes en Punto de Muestreo

Fuente. Autoría propia

De acuerdo a la figura observada se puede definir que el área de muestreo de Adolfo Romero Camacho se evidencia 3 puntos de muestreos con 3 horizontes de suelos y 2 puntos de muestreo con 2 horizontes de suelo, a diferencia del área de muestreo de Carlos Julio Bejarano se presenta 2 puntos de muestreo con 3 horizontes de suelo y 3 puntos de muestreo con 2 horizontes de suelo y por último en el área de muestreo de Isidoro Sánchez se evidencia los 5 puntos de muestreos cada uno con sus 3 horizontes de suelo.

En el horizonte del suelo se puede evidenciar su composición, estructura, humedad, color, estructura. (Portillo, 2023b), es decir si hay suelos jóvenes se puede presentar menos horizontes del suelo, pero so son suelos maduros de tiene mayor cantidad de horizontes. En este caso con los resultados obtenidos se puede decir que los suelos del área de muestreo de Isidoro Sánchez son suelos más maduros por su mayor cantidad de horizontes presentes.

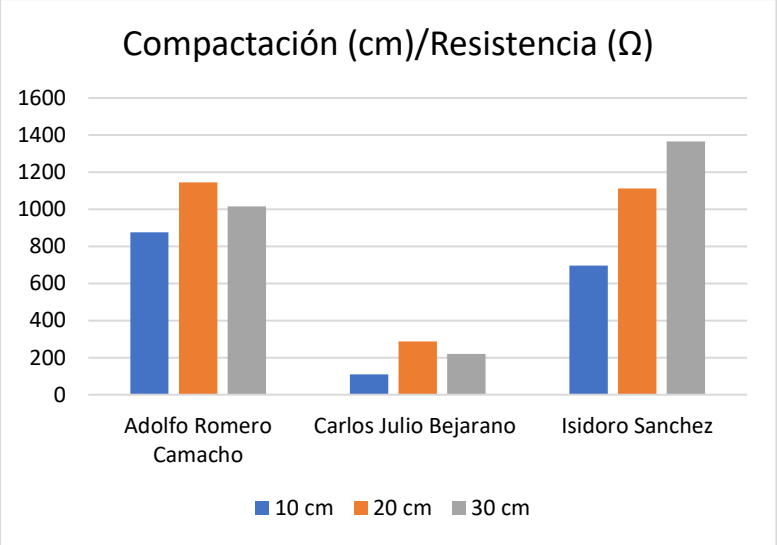
Compactación

De acuerdo a los resultados presentados en la compactación del suelo, donde se midió su resistencia en ohmio, se procedió a tomar el promedio parada área de muestreo teniendo en

cuenta su medida a los 10, 20 y 30 cm. (Figura 29). Donde en la gráfica evidenciamos que en el tono azul vemos el resultado de la compactación a los 10 cm, en el color naranja visualizamos la compactación a los 30 cm y el color gris vemos la compactación a los 30 cm. Y se presenta la agrupación de cada área de muestreo. La compactación en el suelo permite describir porosidad del suelo y la resistencia que se presenta en la penetración de las raíces en las plantas.(Montenegro, 2011).

Figura 29.

Medida de Compactación del Suelo con el Penetrómetro.



Fuente. Autoría propia

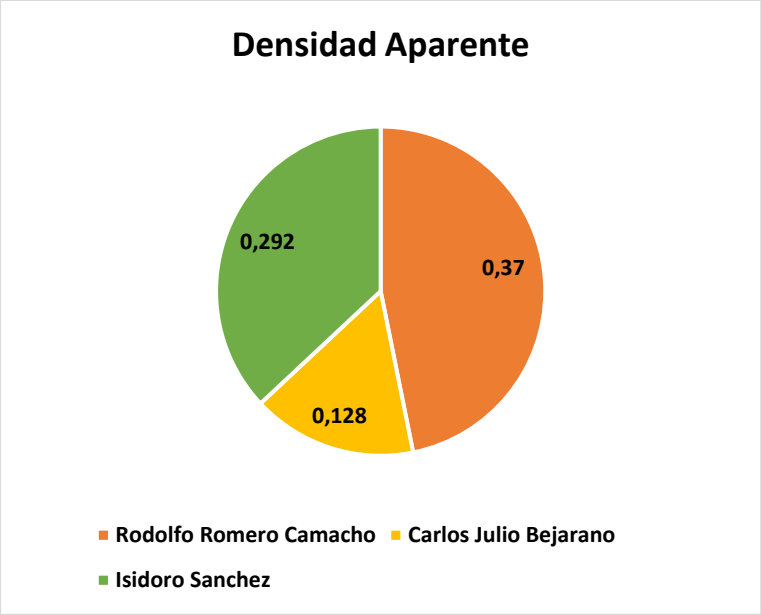
De esta manera vemos que el área de muestro que presenta mayor resistencia en compactación a los 10 cm es donde Don Adolfo Romero Camacho, a los 20 cm el área que presenta mayor resistencia en compactación es donde Isidoro Sánchez y a los 30 cm también presenta mayor resistencia en la compactación el área donde Isidoro Sánchez, lo que nos indica que el suelo menos compactado es donde Carlos Julio Bejarano.

Densidad aparente

De acuerdo a los resultados obtenidos en la densidad aparente en cada punto de muestreo, me permite generar un promedio de la densidad aparente por área de muestreo realizada (Figura 30).

Figura 30.

Promedio Densidad Aparente Área de Muestreo



Fuente. Autoría propia

La densidad aparente nos permite determinar varias propiedades del suelo como es compactación, contenido de agua, aeración del suelo. (Cid et al., 2021).de acuerdo a los resultados podemos visualizar que el área de estudio con menor resultado en densidad aparente es donde Adolfo Romero Camacho con un valor de 0, 37 es decir que el suelo presenta más porosidad a diferencia del suelo que se encuentra en el área de muestreo de Isidoro Sánchez que su valor es de 2,92 lo que indica que hay mayor compactación en el suelo.

Aplicando unos análisis estadísticos a los resultados

Moteados

Los moteados son aquellas que manchas que se encuentran en los suelos cuando existen problemas de drenaje (FAO, 2020), los problemas de drenaje afectan el crecimiento de raíces por la ausencia de oxígeno. De este modo de presenta los resultados de moteados presentes en los diferentes sitios de muestreo (Tabla 26), identificando la presencia de moteados y a partir de que cm de hace presentes.

Tabla 26.

Moteados

Código	Sitio	Moteados (Alto=3, Medio=2, Bajo=1, sin presencia =0) cm	Profundidad de Moteados (cm)
SJLD_01_P1	A	0	0
SJLD_01_P2	A	2	8
SJLD_01_P3	A	0	0
SJLD_01_P4	A	0	0
SJLD_01_P5	A	1	16
RCB_01_P1	B	1	20
RCB_01_P2	B	0	0
RCB_01_P3	B	0	0
RCB_01_P4	B	0	0
RCB_01_P5	B	1	25
RCB_02_P1	C	1	20
RCB_02_P2	C	2	21
RCB_02_P3	C	1	21
RCB_02_P4	C	2	10
RCB_02_P5	C	3	4

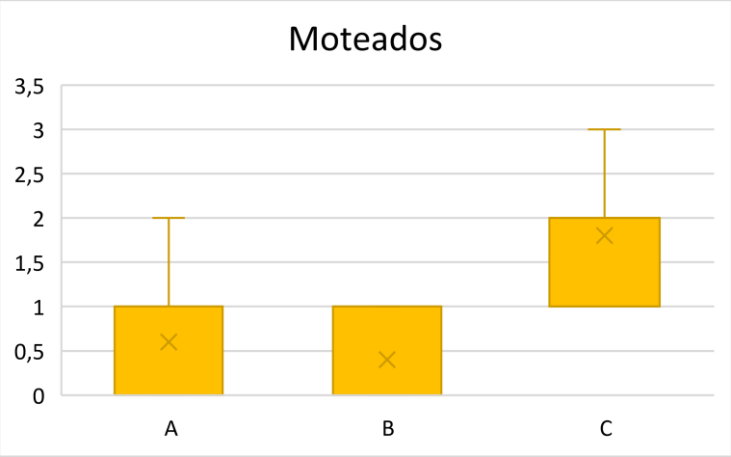
Nota: se indica por sitio de muestreó el valor de moteado y a que profundidad se evidencio.
Fuente de: Elaboración propia

Los moteados permite identificar que suelo se encuentra en una condición pobre, moderada o buena, teniendo en cuenta el nivel de presencia de moteados y si está muy cerca de la superficie su presencia, nos indica que la condición buena del suelo es cuando no hay presencia

de moteados o muy bajo, una condición moderada es cuando hay una presencia media y muy pobre si hay moteados muy altos. de este modo de evalúan los resultados de manera estadística (Figura 31).

Figura 31.

Moteados



Fuente. Autoría propia

Estos resultados estadísticos me permiten observar que hay mayor presencia de moteados en el sitio de muestreo C, lo que me permite identificar que tiene problemas de drenajes. Pero no hay diferencia significativa entre sí.

Color

El color del suelo es una característica física que permite indicar el estado de fertilidad del suelo(Pérez, 2022) .De este modo se presenta los resultados obtenidos de cada sitio de muestreo (Tabla 27), a los resultados de color le asigne un respectivo código.

Tabla 27.

Color

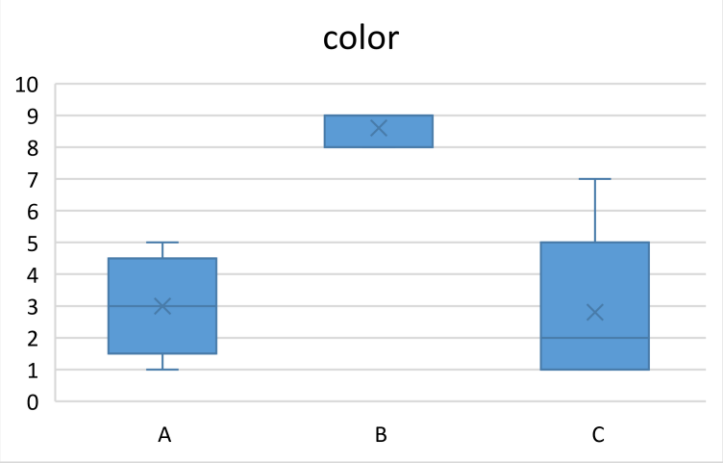
Código	Sitio	Color	Código color
SJLD_01_P1	A	Gris oscuro	2
SJLD_01_P2	A	Gris	1
SJLD_01_P3	A	Gris olivo	3
SJLD_01_P4	A	Gris medio	4
SJLD_01_P5	A	Gris rojizo oscuro	5
RCB_01_P1	B	Negro	9
RCB_01_P2	B	Negro	9
RCB_01_P3	B	Marrón	8
RCB_01_P4	B	Negro	9
RCB_01_P5	B	Marrón	8
RCB_02_P1	C	Gris oscuro	2
RCB_02_P2	C	Gris	1
RCB_02_P3	C	Gris	1
RCB_02_P4	C	Gris olivo	3
RCB_02_P5	C	Gris rosáceo	7

Nota: se muestra los datos de color por sitio de sitio de muestreo. Fuente de: Elaboración propia

El color en el suelo puede afectar de manera indirecta la temperatura y humedad del suelo, de acuerdo a la energía solar, es decir que un suelo oscuro con alta energía calórica puede tener un secado más rápido, aunque los suelos húmedos son más oscuros (Pérez, 2022), en este caso se presenta con los códigos de los colores, el resultado estadístico de los 3 sitios. (Figura 32)

Figura 32.

Color



Fuente. Autoría propia

De acuerdo a la codificación me permite observar que el sitio de muestreo B, tiene un a coloración más oscura a diferencia de los otros sitios, lo que me permite determinar que la alta presencia de nivel freático durante el desarrollo de la toma de muestras nos indica que sea la diferencia significativa de color siendo más oscuros que los otros sitios.

Raíces

Las raíces son el primer órgano fundamental de una planta para su desarrollo fenológico ya que hace el proceso de absorción de nutrientes y agua por medio de sus pelos absorbente (Acosta, 2023), de este modo se presenta los resultados de las raíces (Tabla 28).

Tabla 28.

Raíces

Código	Sitio	Raíces (Rango tamaño aproximado) (mm)	Amplitud del rango raíces (mm)
SJLD_01_P1	A	0,1-6,21	6,11
SJLD_01_P2	A	0,12 – 23,73	23,61
SJLD_01_P3	A	0,21 – 11,95	11,74
SJLD_01_P4	A	0,09 – 10,60	10,51

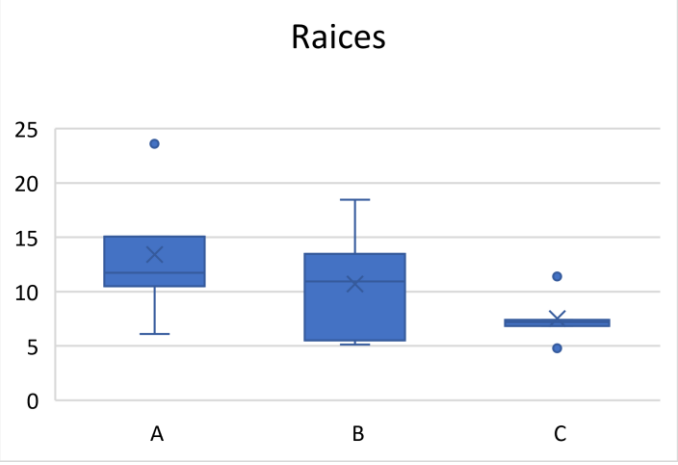
SJLD_01_P5	A	0,57 – 15,64	15,07
RCB_01_P1	B	0,70 – 19,15	18,45
RCB_01_P2	B	0,37 – 5,84	5,47
RCB_01_P3	B	0,26 – 13,75	13,49
RCB_01_P4	B	0,13 – 11,07	10,94
RCB_01_P5	B	0,39 – 5,53	5,14
RCB_02_P1	C	0,19 – 7,59	7,4
RCB_02_P2	C	0,35 – 7,56	7,21
RCB_02_P3	C	0,31 - 11,70	11,39
RCB_02_P4	C	0,30 – 5,09	4,79
RCB_02_P5	C	0,47 – 7,32	6,85

Nota: se muestra los datos de la amplitud de las raíces según su rango. Fuente de: Elaboración propia

La medida de la raíz me permite identificar su desarrollo de la planta donde se evidencia la compactación del suelo y su porosidad (Torres et al., 2013), De este modo se presenta los resultados estadísticos de la amplitud del rango de raíces por cada sitio. (Figura 33).

Figura 33.

Raíces



Fuente. Autoría propia

Se puede analizar que el sitio C tiene menos amplitud de rango de raíces en comparación de los otros dos sitios, aunque no se presenta una diferenciación representativa entre los 3 sitios de muestreos.

Compactación

La compactación es una de las consecuencias presentes en la degradación del suelo donde impide la penetración del agua y aire, donde aumenta la densidad.(Reyes, 2010). De este modo se presenta el resultado de compactación del suelo. (Tabla 29).

Tabla 29.

Compactación

Código	Sitio de Muestreo	Compaction (cm)	medida de compactación (Ω)
SJLD_01_P1	A	10	1035
SJLD_01_P1	A	20	1518
SJLD_01_P1	A	30	1518
SJLD_01_P2	A	10	483
SJLD_01_P2	A	20	655
SJLD_01_P2	A	30	241
SJLD_01_P3	A	10	897
SJLD_01_P3	A	20	931
SJLD_01_P3	A	30	1690
SJLD_01_P4	A	10	1035
SJLD_01_P4	A	20	1207
SJLD_01_P4	A	30	1069
SJLD_01_P5	A	10	931
SJLD_01_P5	A	20	1414
SJLD_01_P5	A	30	557
RCB_01_P1	B	10	0
RCB_01_P1	B	20	0
RCB_01_P1	B	30	0
RCB_01_P2	B	10	34

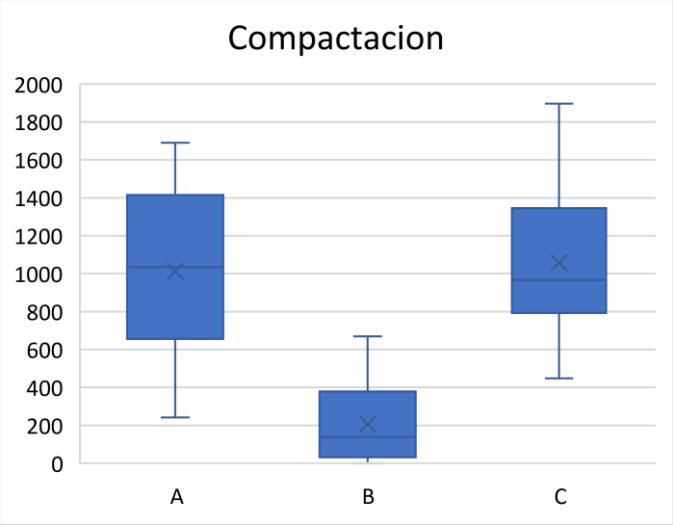
RCB_01_P2	B	20	32
RCB_01_P2	B	30	379
RCB_01_P3	B	10	34
RCB_01_P3	B	20	390
RCB_01_P3	B	30	379
RCB_01_P4	B	10	138
RCB_01_P4	B	20	669
RCB_01_P4	B	30	103
RCB_01_P5	B	10	345
RCB_01_P5	B	20	345
RCB_01_P5	B	30	241
RCB_02_P1	C	10	448
RCB_02_P1	C	20	1345
RCB_02_P1	C	30	1794
RCB_02_P2	C	10	483
RCB_02_P2	C	20	1345
RCB_02_P2	C	30	1380
RCB_02_P3	C	10	517
RCB_02_P3	C	20	937
RCB_02_P3	C	30	1897
RCB_02_P4	C	10	897
RCB_02_P4	C	20	793
RCB_02_P4	C	30	966
RCB_02_P5	C	10	1138
RCB_02_P5	C	20	1138
RCB_02_P5	C	30	793

Nota: se indica su medida de compactación de acuerdo a la toma de sus cm. Fuente de: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos en cada sitio de muestreo se presenta un análisis de acuerdo a cada medida de compactación (Figura 34). Es importante analizar el nivel de compactación del suelo para poder tener un buen desarrollo radicular y fenológico de las plantas.(Alarcón et al., n.d.)

Figura 34.

Compactación



Fuente. Autoría propia

Los resultados estadísticos me permiten observar que el sitio B presenta menor compactación de los suelos a diferencia de los otros dos sitios de muestreo, aunque no hay una variación significativa. La menor compactación en el sitio B se debe al aislamiento del terreno y la presencia de humedad del terreno, adicionalmente el terreno se evidencio más blando al momento de hacer el recorrido de la toma de muestras.

Horizonte

Los horizontes son los diferentes perfiles que se pueden observar en el suelo, diferenciados por su color y estructura (Portillo, 2023a). Se presentan los resultados en cm de cada uno de los sitios de muestreos. (tabla 30).

Tabla 30.

Horizonte.

Código	Sitio	No Horizonte	Profundidad horizonte (cm)
SJLD_01_P1	A	H0	14
SJLD_01_P1	A	H1	16
SJLD_01_P1	A	H2	6
SJLD_01_P2	A	H0	8
SJLD_01_P2	A	H1	8
SJLD_01_P2	A	H2	14
SJLD_01_P3	A	H0	10
SJLD_01_P3	A	H1	20
SJLD_01_P3	A	H2	0
SJLD_01_P4	A	H0	4
SJLD_01_P4	A	H1	26
SJLD_01_P4	A	H2	0
SJLD_01_P5	A	H0	15
SJLD_01_P5	A	H1	10
SJLD_01_P5	A	H2	5
RCB_01_P1	B	H0	20
RCB_01_P1	B	H1	10
RCB_01_P1	B	H2	0
RCB_01_P2	B	H0	5
RCB_01_P2	B	H1	6
RCB_01_P2	B	H2	19
RCB_01_P3	B	H0	8
RCB_01_P3	B	H1	3
RCB_01_P3	B	H2	19
RCB_01_P4	B	H0	9
RCB_01_P4	B	H1	21
RCB_01_P4	B	H2	0
RCB_01_P5	B	H0	4
RCB_01_P5	B	H1	26
RCB_01_P5	B	H2	0
RCB_02_P1	C	H0	10
RCB_02_P1	C	H1	10
RCB_02_P1	C	H2	10
RCB_02_P2	C	H0	10
RCB_02_P2	C	H1	11
RCB_02_P2	C	H2	9
RCB_02_P3	C	H0	15
RCB_02_P3	C	H1	6
RCB_02_P3	C	H2	9
RCB_02_P4	C	H0	10

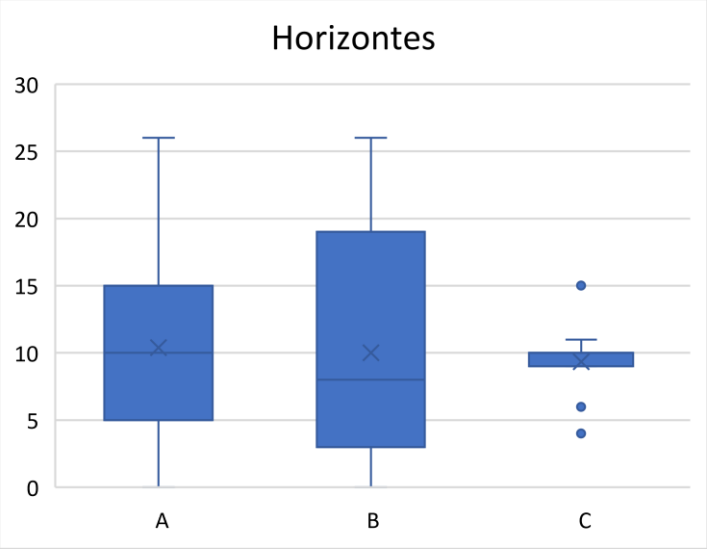
Código	Sitio	No Horizonte	Profundidad horizonte (cm)
RCB_02_P4	C	H1	10
RCB_02_P4	C	H2	10
RCB_02_P5	C	H0	4
RCB_02_P5	C	H1	10
RCB_02_P5	C	H2	6

Nota: se indica el número de horizontes hallados y su cantidad en cm. Fuente de: Elaboración propia

De acuerdo a estos resultados me permite generar una gráfica estadística con el número de cm de sus horizontes, evidenciando estadísticamente que sitio de muestreo presenta mayo número de horizontes (Figura 35), identificar el número de horizontes sirve para evaluar la degradación del suelo.

Figura 35.

Horizontes



Fuente. Autoría propia

Se puede evidenciar que, aunque en el sitio C no hay mayor diferencia en número de cm de horizontes, en los suelos de morichales no se presenta una gran diversidad de numero de

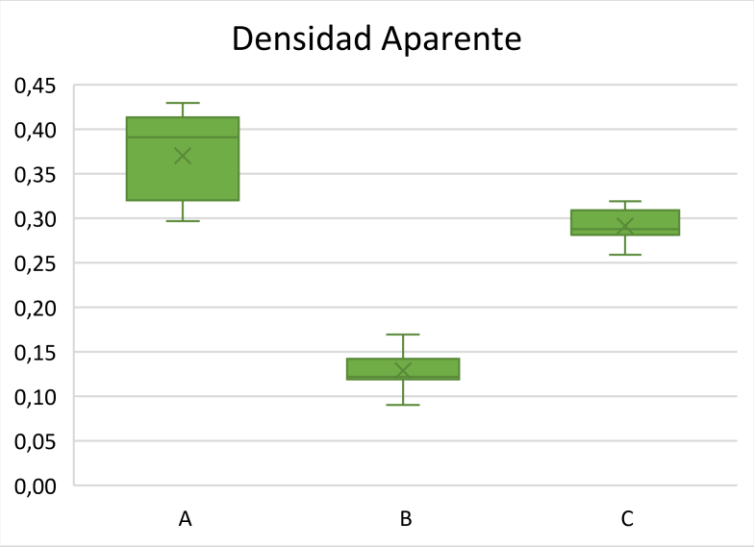
horizontes existentes en el suelo, como se podría evidenciar diferencia de un suelo de morichales a un suelo de explotación ganadera.

Densidad aparente

La densidad aparente me permite tener un buen indicador de propiedades como es compactación, porosidad, aireación y capacidad de establecimiento de plantas(A. M. Rubio & Sevilla, 2010). De este modo con os resultados obtenidos se permite generar la gráfica estadística de los sitios para hacer su debida comparación. (Figura 36)

Figura 36.

Densidad Aparente



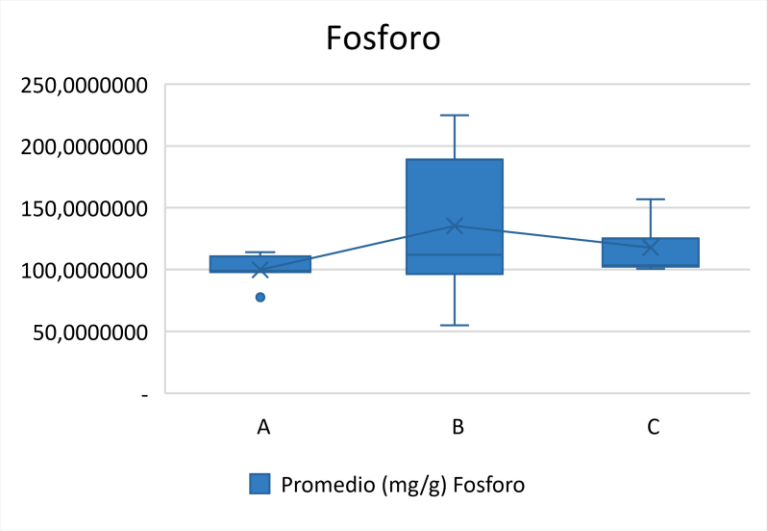
Fuente. Autoría propia

Fosforo

Con estos resultados se pueden presentar datos estadísticos (Figura 37), donde permite observar en los 3 sitios de muestreos donde se evidencia la mayor concentración de Fosforo (P) y adicionalmente que diferencias hay entre ellas.

Figura 37.

Estadística Fosforo.



Fuente. Autoría propia

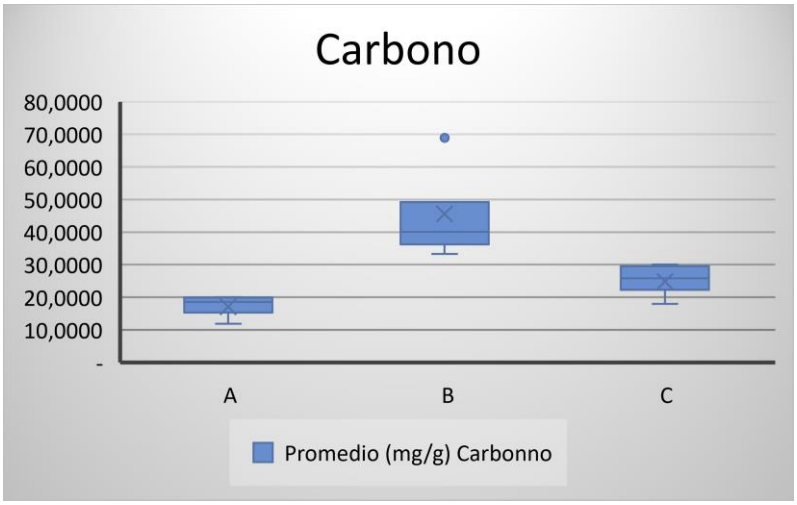
Es claro decir que en el sitio B estadísticamente hay mayor concentración Fosforo en relación a los otros 2 sitios, pero no se presenta una diferencia extraordinaria entre ellos, dado que el límite de sus valores se halla entre ese rango.

Carbono

Se presente el resultado estadisitco(Figura 38), de la concentracion de carbono de acuerdo a los resultados obtenidos en los analisis de suelos que se le aplico en laboratorio a cada uno de los sitios de estudio.

Figura 38.

Estadística Carbono.



Fuente. Autoría propia

De esta manera la gráfica me deja apreciar que el sitio B me presenta una gran diferencia en concentración de Carbono en comparación a los otros dos sitios de muestreo, adicionalmente se visualiza que su asimetría se aleja a la distribución de los otros dos sitios, lo que me permite decir que este calor suele tener una gran diferencia por su gran contenido de materia orgánica presente en el sitio y el alto contenido de humedad.

Teniendo en cuenta que dicha información fue almacenada en un archivo Excel, donde permitió la generación de las diferentes graficas de análisis estadísticos, procediendo de esta manera la información fue llevado a un proceso de análisis en ANAVA para obtener datos precisos en la investigación y gráficas, proceso que fue elaborado con el acompañamiento del docente Orlando Martínez para el desarrollo del articulo científico, siendo el producto final de las practicas desarrolladas.

Estadísticas en ANAVA

Se realizó un análisis de varianza de una vía o un factor: los sitios de muestreo mediante el programa de cómputo estadístico Infostat, igualmente se realizaron graficas estadísticas, para los

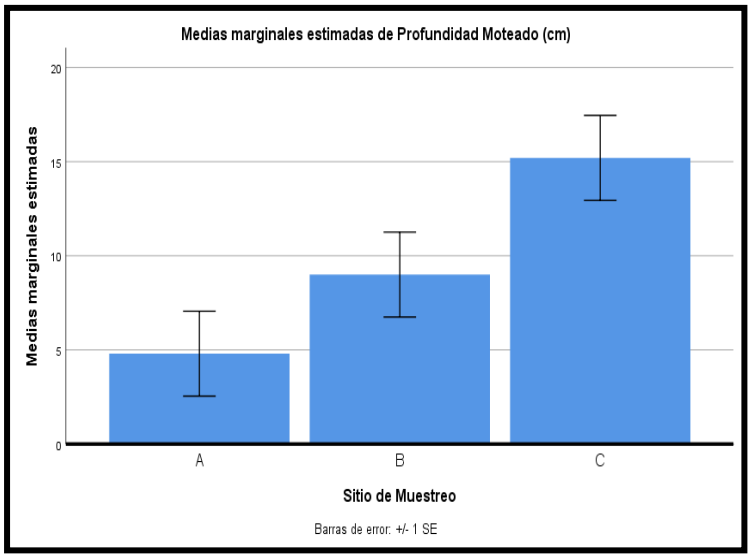
promedios de los sitios y sus respectivos errores estándar, en este caso uso el programa estadístico SPSS.

Moteados.

Los moteados nos permiten apreciar el indicador de drenaje, aireación y compactación del suelo (FAO, 2020). El análisis de varianza con su unidad de medida en cm de profundidad de moteados, para esta característica, mostro diferencias altamente significativas entre los 3 sitios de muestreos, (Fc =5.34, p=0.0087), los promedios por sitio, para los moteados fueron: A=4.80, B=9.64, C=15.20 (Figura39). Donde nos deja observar con qué frecuencia los suelos son inundados siendo un índice adecuado para el desarrollo adecuado de los suelos de morichales.

Figura 39.

Cm de Moteados Presentes en los suelos de Morichales del Departamento del Guaviare



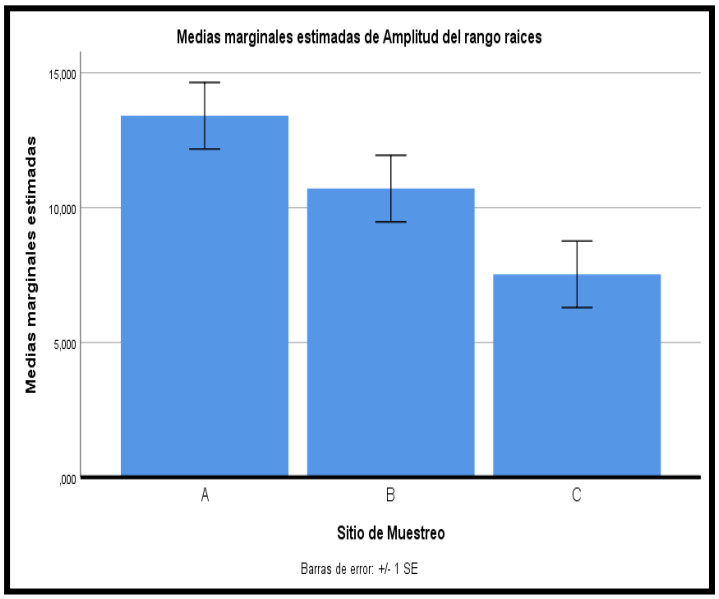
Fuente. Orlando Martínez

Raíces.

Las raíces nos permiten evaluar la compactación de suelo mediante la medida de profundidad o grosor, para evidenciar el desarrollo de las plantas (Guerra et al., 2005), por medio de ella se obtiene la absorción de nutrientes para las plantas (Torres et al., 2013). (Figura 40). El resultado del análisis de varianza indica diferencias altamente significativas entre los sitios de. muestreo (Fc =5.79, p=0.0061) y los promedios por sitio fueron: A =13,41mm, sitio B= 11,08 mm y C=7,53 mm.

Figura 40.

Amplitud de Rango de Raíces en mm de los Suelos de Morichales en el Departamento del Guaviare.



Fuente. Orlando Martínez

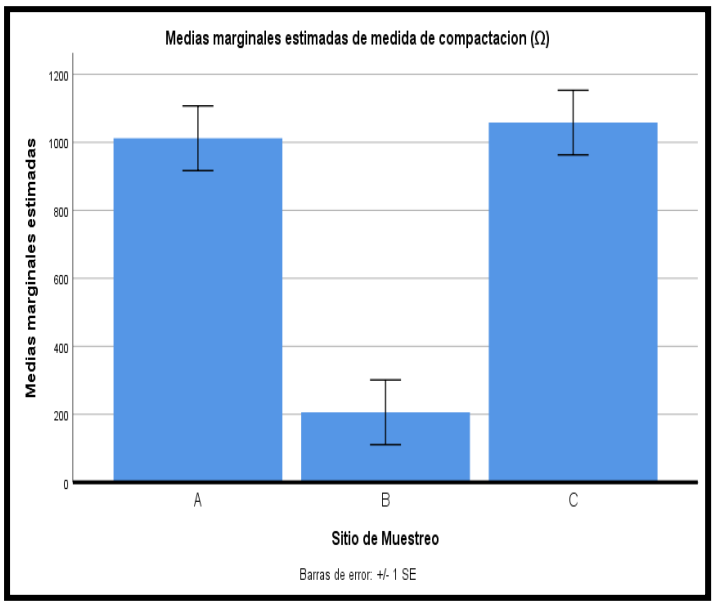
Compactación.

Con el penetrómetro se desarrolló de forma rápida y precisa el nivel de compactación del suelo permitiendo evaluar la resistencia que presenta para la penetración de las raíces, un suelo

muy compacto nos presenta una degradación de los suelos (González et al., 2009). Los resultados encontrados en cuanto a compactación de los suelos de morichales se registra el valor más alto de compactación en el sitio C con un valor de 1058,07 Ω, mientras que en el sitio B se encuentra el valor más bajo 218,21 Ω (Figura 41), El análisis de varianza dio como resultados diferencias altamente significativas (Fc 23.08, p=0.00001). En la figura 3 se muestran los valores de compactación para cada sitio de muestreo, las barras expresan los errores estándar.

Figura 41.

Nivel de compactación en Ω en los Suelos en Morichales del Departamento del Guaviare.



Fuente. Orlando Martínez

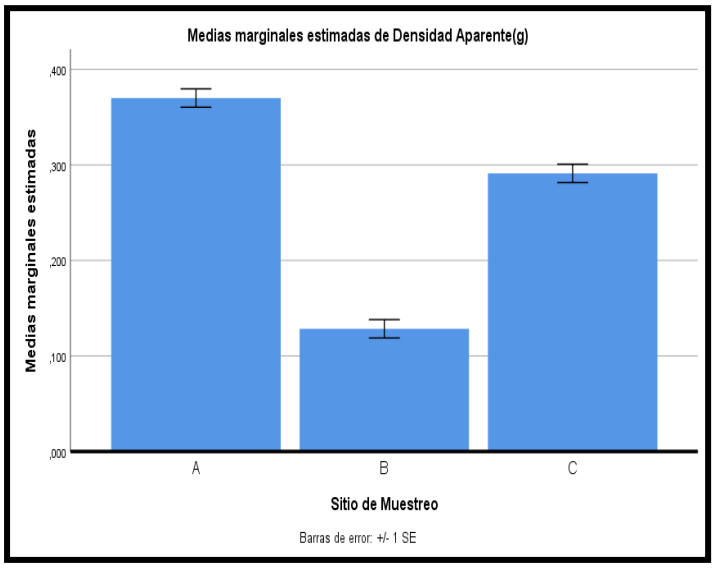
Densidad Aparente.

La densidad aparente me permite evaluar la compactación, porosidad, aireación y capacidad de infiltración del suelo, siendo las características que condicionan la circulación de agua y aire al suelo(Rubio, 2010). En cuanto a esta característica se puede observar que en el sitio de muestreo B (figura 42), en suelos de morichales se encuentra el valor más bajo en densidad aparente en el

sitio B con 0,13 g.cm^3, seguido por el sitio C con un 0,29 g.cm^3 y el valor más alto en el sitio de muestreo A con 0,37.gcm^3, El análisis de varianza indico diferencias altamente significativas entre los sitios de muestreo (Fc =160.51, p=0.0001). En la gráfica 4, se observan los promedios por sitio y sus errores estándar.

Figura 42.

Valores de Densidad Aparente (DA) en Suelos de Morichales del Departamento del Guaviare.



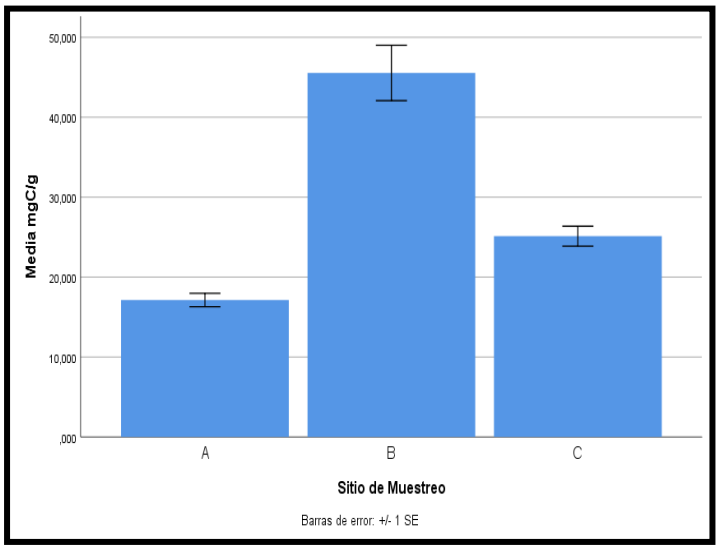
Fuente. Orlando Martínez

Carbono orgánico (C.O).

El carbono orgánico se vincula con la cantidad y disponibilidad de nutrientes del suelo, al aportar elementos como el N cuyo aporte mineral es normalmente deficitario.(Martínez et al., 2008). Los mayores valores de carbono orgánico (C.O) fueron encontrados en el sitio B con un nivel de 45,54 mgCo/g seguido del sitio C con 25,12 mgCo/g y el valor menor en el sitio A con 17,13 mgCo/g. El análisis de varianza mostro diferencias altamente significativas (Fc =45.08, p=0.0001), en la figura 43, se expresan los promedios de carbono y sus errores estándar.

Figura 43.

Niveles de Carbono Orgánico (C.O) en Suelos de Morichales en el Departamento del Guaviare.



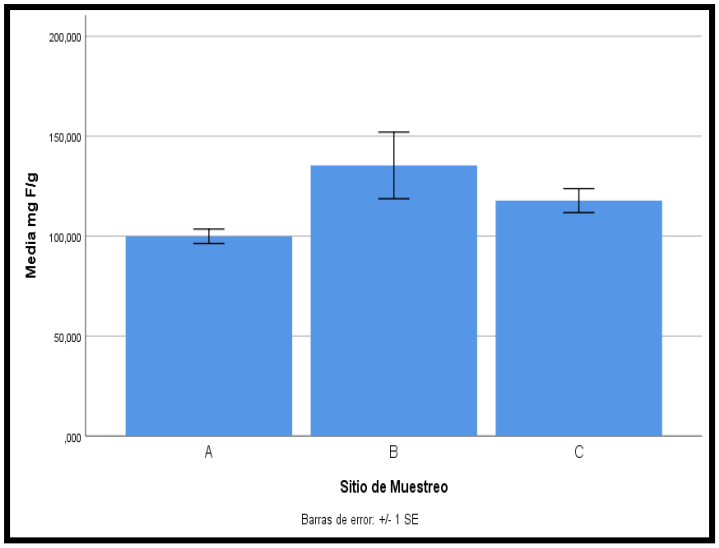
Fuente. Orlando Martínez

Fosforo (P).

El fósforo participa en los procesos metabólicos, tales como la fotosíntesis, la transferencia de energía y la síntesis y degradación de los carbohidratos. (Fernández, 2007). en los resultados obtenidos el mayor nivel de fosforo se encontró en sitio de muestreo B con 135,39 ppm, seguido por el sitio de muestreo C con 117,76 ppm y el menor valor en el sitio A con 99,91 ppm. En este caso no existen diferencias estadísticas entre ellos, (Fc =2.89, p= 0,0670) como se muestra en la figura 44.

Figura 44.

Niveles de Fosforo (P) en Suelos de Morichales en el Departamento del Guaviare.



Fuente. Orlando Martínez

Conclusiones

De acuerdo a las propiedades físicas de los suelos de morichales se ha podido identificar que el sitio que presenta mejores propiedades es el sitio B, donde el morichal está en un mejor estado de conservación. El uso en el que fueron sometidos ha generado esos cambios como son predominante la compactación del suelo, la densidad aparente, el rango de las raíces y la presencia de los moteados. Donde cada una de estas características tienen su similitud en resultados en consecuencia de la intervención de los sitios.

Estas características nos llevan a tener presente que tan degradados se pueden evidenciar el estado del suelo, evidenciando el desarrollo de las raíces que muestran el índice del sitio que presenta menor compactación en el suelo debido a su rango de amplitud de grosor evidenciando su desarrollo fenológico. La compactación del suelo, moteados y densidad aparente nos deja evidenciar la porosidad, drenaje presente en el suelo, llevando a la conclusión de que sitio presenta mayor compactación del suelo y así obtener cual presenta mayor degradación, concluyendo que el suelo que presenta mayor degradación es el sitio C.

En el caso de las propiedades químicas de los suelos de morichales se identificó que el sitio que presento mayor concentración en determinación de fosforo y carbono con un valor más alto en el sitio B, el valor medio en el sitio C y el valor más bajo en el sitio A. Es decir que el sitio B siendo que él tiene mayor magnitud de conservación presento más concentración en los nutrientes del suelo, lo que indica la importancia de la conservación de los ecosistemas ya que nos permite tener una mejor captura de carbono.

De acuerdo a los resultados, encontramos que algunos sitios, como los de mayor conservación, hacen mejor el proceso de captura de carbono de importancia en contra del calentamiento global. Es importante aplicar la conservación, regeneración y restauración de los morichales teniendo en cuenta los beneficios ecosistémicos que nos brinda en la región.

Recomendaciones

Se recomiendo hacer buen uso de los suelos teniendo en cuenta la importancia que tienen ya que nos brindan diferentes micro y macro nutrientes, si un suelo no lo cuidamos y hacemos un uso indiscriminado se va a deteriorar principalmente una degradación de suelo donde cualquier cultivo o plantas no va a tener el óptimo desarrollo.

En el caso de los suelos de morichales pudimos observar la importancia de la conservación de los suelos teniendo en cuenta la principal función que ejercen en la captura de dióxido de carbono, además de los diferentes beneficios que nos brinda estos ecosistemas desde el ámbito medicinal, ancestral, alimenticio, entre otras.

Referencias

Acosta, B. (2023). *Tipos de raíces.* https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-raices-2644.html

Alarcón, M. V., Agrónomo, I., & Sc, M. (n.d.). *El contenido de este artículo de nuestra sección de Aerotecnia* fue elaborado por. https://happyvolt.com/

Calderón, C., Bautista, G., & Rojas, S. (2018). *Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta*.

Cid Lazo, G.-, López Seijas, T.-, Herrera Puebla, J.-, & Gonzalez Robaina, F. (2021). *Variation of Bulk Density for different water contents in Cuban soils. In Revista Ingeniería Agrícola* (Vol. 11, Issue 2). https://www.redalyc.org/journal/5862/586266250001/html/#:~:text=El

FAO. (2020). *Compactación y aireación del suelo: Moteados*. https://www.fao.org/3/ca2796en/ca2796en.pdf

Fernández, M. T. (2007). *Fosforo: amigo enemigo.* http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223114970009

González, O., Coronel, C., & Suárez, M. (2009). *Análisis de los factores que provocan compactación del suelo agrícola.* Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 18(2), 57–63. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93215937011

Guerra, J.-, Gayoso, J.-, Schlatter, J.-, & Nespolo, R. (2005). *Análisis de la biomasa de raíces en diferentes tipos de bosques. Avances en la evaluación de Pinus radiata en Chile*. https://www.scielo.cl/pdf/bosque/v26n1/Art02.pdf

Hossne, A. J. (2008*). La densidad aparente y sus implicaciones agrícolas en el proceso expansión/contracción del suelo Bulk Density and its Agricultural Implications in the Soil Expansion/Shrinkage Process.* https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v26n3/v26n3a1.pdf

Huerta, E., Manguitera, A., & Noguera, G. (2005). GPS *posicionamiento satelital.*

Interpretación. (2023). *Evaluación Visual Del Suelo.*

Marrero, C. (2011). *La vegetación de los humedales de agua dulce de Venezuela. https*://www.researchgate.net/publication/285840275

Martín, D. (2010). *Análisis de suelos: una herramienta clave para el diagnóstico de fertilidad de suelos y la fertilización de cultivos*. https://tecnoagro.com.ar/notas/analisis/beneficios-del-an%C3%A1lisis-de-suelos.pdf

Martínez, E., Fuentes, J. P., & Acevedo, E. (2008). *Carbono orgánico y propiedades del suelo.* https://www.scielo.cl/pdf/rcsuelo/v8n1/art06.pdf

Meléndez, C. H. (2022). *Zonificación y ordenación forestal en áreas de reserva forestal en el municipio de San José del Guaviare.*

Montenegro, J. (2011*). La compactación de suelos* | cIVILgEEKS.com. https://civilgeeks.com/2011/10/02/la-compactacion-de-suelos/

Orozco, D., Barreto, D. M., Trujillo, J. M., Silva, A., Serrano, M., Castillo, E. F., & Torres, M. A. (2022). *Sumideros naturales de carbono: un estudio de caso en morichales de la altillanura colombiana. Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 14(1). https://doi.org/10.22490/21456453.5531

Peniche, S., González, F., Macias, E., Guzmán, M., & Zavala, G. (2011). *Primer seminario internacional sobre la cuenca del río Santiago.* https://www.researchgate.net/publication/344105502

Pérez Calderón, A. (2022). *El Color del Suelo Agrícola como indicador de fertilidad | Agriquipo.com - Blog sobre recambios agrícolas | Agrodesguaces.com.* https://agrodesguaces.com/blog/85_el-color-del-suelo-agricola.html

Portillo, G. (2023a). *Horizontes del suelo: estructura y factores.* https://www.ecologiaverde.com/horizontes-del-suelo-estructura-y-factores-4453.html

Riveros, C. (2021*). Análisis ambiental de la deforestación en la Zona de Reserva Campesina del Guaviare*.

Rubio, A. M.-. (2010). *La densidad aparente en suelos forestales del parque natural los alcornocales.*

Sánchez, J. (2022*). El impacto de la explotación de recursos naturales en el Guaviare y la amazonia: una reflexión pendiente*.

Tapin, R. (2021). ¿*Qué nos dice el color del suelo?* https://theconversation.com/que-nos-dice-el-color-del-suelo-158575

Torres, C. A., Etchevers, J., Fuentes, M. H., Govaerts, B.-, González, F., & Herrera, J. M. (2013*). Influencia de las raíces sobre la agregación del suelo*. https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v31n1/2395-8030-tl-31-01-00071.pdf