

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA



Caracterización de los suelos cultivados con mora (*Rubus robustus* C. Presl) en la vereda Batagá del municipio de Pamplonita, Norte de Santander.

Karly Luceyda Chía Gómez
1116871889
Brandon Moisés Carrillo Agelvis
1004922445

Programa Ingeniería Agronómica
20 junio 2022

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA



Caracterización de los suelos cultivados con mora (*Rubus robustus* C. Presl) en la vereda Batagá del municipio de Pamplonita, Norte de Santander.

Trabajo de grado bajo la modalidad investigación presentado como requisito parcial para optar el título de Ingeniero Agrónomo

Karly Luceyda Chia Gómez
1116871889
Brandon Moisés Carrillo Agelvis
1004922445

Directora
Dra. Ana Francisca González Pedraza

Programa Ingeniería Agronómica
20 junio 2022

Dedicatoria

Primeramente, darle gracias a Dios por permitirnos llevar a cabo la investigación, a la Universidad de Pamplona Norte de Santander, por permitirme adquirir conocimientos y aportes a nuestra formación profesional en la carrera de Ingeniería Agronómica.

Nuestros más sinceros agradecimientos a la Dra. Ana Francisca González, principalmente por depositar su confianza en nosotros para llevar a cabo la investigación en el cultivo de mora uva, por su apoyo académico y asesoría en la realización del presente trabajo y por sus aportes en la revisión del trabajo escrito y por la información brindada en las salidas de campo.

Agradecemos a cada uno de los productores de mora uva en la vereda Batagá por su colaboración e interés en este trabajo por brindarnos cada uno de sus conocimientos adquiridos en el cultivo de mora uva, por cada uno de sus consejos que nos serán muy útiles a futuro.

Además, queremos dar gracias a nuestras familias, principalmente a nuestros padres Martha Gómez y Robert Chía; Moisés Carrillo Báez y Yuleine Agelvis Boada por cada consejo brindado, por esas palabras de sabiduría y por su comprensión, también agradecidos con Leandro, Leonardo y Brayan Chía por cada palabra de motivación, por otro parte agradecido con mi hermano Jaider Carrillo Agelvis y mi compañera de vida Paula Eddy Roso Hernández por brindarme mucho apoyo durante la realización de esta investigación.

Agradecimientos

Nuestro profundo agradecimiento a todas las personas que confiaron en nosotros, a la Universidad de Pamplona por permitirnos realizar todo el proceso investigativo y culminar la carrera de Ingeniería Agronómica con total éxito.

De igual manera, nuestros más sinceros agradecimientos a cada uno de los docentes del programa de Ingeniería Agronómica, a la Facultad de Ciencias Agrarias, quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos que nos permitieron crecer día a día como profesionales.

Gracias a cada una de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

Finalmente queremos expresar nuestra gran admiración por cada uno de los productores de mora uva quienes nos enseñaron el sacrificio que ejercen día a día para sacar a cada uno de sus miembros adelante y siempre con una actitud positiva sin importar los obstáculos, gracias a cada una de las personas que confiaron en nosotros e inicialmente a nuestra tutora Ana Francisca González por confiar en nosotros y compartir sus conocimientos.

Tabla de contenido

Dedicatoria	1
Agradecimientos	4
Resumen	11
Abstract	13
Introducción	15
1. Problema	17
1.1 Planteamiento del problema	17
1.2 Justificación	18
2. Delimitación.....	19
3. Objetivos.....	20
3.1 Objetivo General	20
3.2 Objetivos específicos.....	20
4. Marco teórico.....	21
4.1 Antecedentes.....	21
4.1.1 Antecedentes internacionales.....	21
4.1.2 Antecedentes nacionales	22
4.1.3 Antecedentes regionales.....	23
4.2 Marco contextual	23
Bases conceptuales	23
4.3.1 Cultivo de Mora	24
4.3.2 Descripción de tallo y hojas de la Mora.....	24
4.4 Propiedades físicas del suelo	25
4.4.1 Textura del suelo.....	25

4.4.2 Densidad aparente.....	25
4.4.3 Densidad real	26
4.4.4 Porosidad del suelo	27
4.4.5. Humedad de los suelos	28
4.4.6. Resistencia mecánica a la penetración de los suelos	29
4.5 Propiedades químicas del suelo.....	30
4.5.1 pH del Suelo.....	30
4.5.2 La conductividad eléctrica (CE) del suelo	31
4.5.3 La materia orgánica del suelo	31
4.6 Necesidades edáficas del cultivo de mora	32
4.5 Condiciones climáticas para el cultivo de mora	32
4.7 Marco Legal.....	34
4.7.1 DECRETO 3600 DE 2007 (septiembre 20).....	34
4.7.2 Artículo 2°. Determinantes.	34
4.7.3 Artículo 3°. Categorías del suelo rural.....	34
4.7.4 Artículo 4°. Categorías de protección en suelo rural.	34
4.7.5 ACUERDO N.º 186 del 02 de diciembre del 2005	34
4.7.6 ARTÍCULO 35: Definición de trabajo de grado:	34
4.7.7 ARTICULO 36: Modalidades de Trabajo de Grado:	35
5. Metodología.....	36
5.1 Tipo de investigación	36
5.2 Diseño experimental y toma de muestras de suelos	36
5.3 Características físicas de los suelos	37
5.3.1 Textura	37
5.3.2 Humedad gravimétrica (W)	38

5.3.3 Humedad volumétrica.....	38
5.3.4 Densidad aparente.....	38
5.3.4 Densidad real	39
5.3.5 Porosidad total (%)	39
5.3.5 Resistencia mecánica del suelo a la penetración.....	39
5.4 Características químicas de los suelos.....	40
5.4.1 pH.....	40
5.4.2 Conductividad eléctrica	40
5.4.3 Materia orgánica total	40
6. Resultados y discusión.....	42
6.1 Propiedades físicas de los suelos	42
6.1.1 Textura.	42
6.1.2 Humedad.	43
6.1.3 Densidad aparente del suelo.....	46
6.1.4 Densidad real del suelo	47
6.1.5 Porosidad.....	48
6.1.6 Resistencia a la penetración mecánica del suelo.....	49
6.2 Propiedades químicas de los suelos.....	50
6.2.1. pH.....	50
6.2.2 Conductividad eléctrica	52
6.2.3 Materia orgánica	52
6.3 Factores de suelos limitantes para el cultivo de uva mora	54
7. Conclusiones.....	56
8. Recomendaciones	57
9. Referencias Bibliográficas	58

Evidencias fotográficas63

Lista de Tablas

Tabla 1. Clasificación taxonómica de <i>Rubus robustus</i>	24
Tabla 2. Rangos para interpretar la densidad aparente de los suelos	26
Tabla 3. Rangos para interpretar la densidad específica o real de los suelos.....	26
Tabla 3. Rangos para interpretar la porosidad total de los suelos	27
Tabla 4. Porosidad y densidad aparente para distintas texturas	28
Tabla 6. Rangos para interpretar la humedad equivalente según contenido de humedad (%) de los suelos	28
Tabla 7. Valores para interpretar la restricción y limitación del desarrollo radicular a partir de las familias texturales y la densidad aparente del suelo.....	29
Tabla 8. Niveles para interpretación de rangos de pH en el suelo	30
Tabla 9. Categorías del contenido de materia orgánica del suelo en función de la altitud y la temperatura	31
Tabla 10. Requerimiento nutricionales del género <i>Rubus</i>	32
Tabla 11. Condiciones climáticas de la mora uva.....	33
Tabla 12. Información de los predios.....	36
Tabla 13. Distribución del tamaño de partículas y clase textural de los suelos de las fincas estudiadas.	42

Listas de figuras

Figura 1. Mapa de ubicación de la vereda Batagá en el municipio Pamplona, Norte de Santander	19
Figura 2. Muestreo sistemático dirigido en la vereda Batagá del municipio de Pamplonita Norte de Santander	37
Figura 3. Comparación del porcentaje de humedad volumétrica entre profundidades para cada una de las fincas.	44
Figura 4. Comparación del porcentaje de humedad gravimétrica entre profundidades para cada una de las fincas.	45
Figura 5. Comparación de la densidad aparente entre profundidades para cada una de las fincas.	46
Figura 6. Comparación de la densidad real entre profundidades para cada una de las fincas.	47
Figura 7. Comparación del porcentaje de porosidad total de los suelos entre profundidades para cada una de las fincas.	48
Figura 8. Comparación de la resistencia mecánica a la penetración (kg/cm^2) entre profundidades para cada una de las fincas.	50
Figura 9. Comparación del pH de los suelos entre profundidades para cada una de las fincas.	51
Figura 10. Comparación de la conductividad eléctrica de los suelos entre profundidades para cada una de las fincas.	52
Figura 11. Comparación de la materia orgánica de los suelos entre profundidades para cada una de las fincas.	53

Resumen

En las zonas rurales del municipio de Pamplonita, Norte de Santander se ha tomado como alternativa la producción de mora uva (*Rubus robustus* C. Presl), sin embargo, debido al bajo conocimiento sobre su manejo agronómico y adaptación a diferentes condiciones clima y suelo, los campesinos han limitado su siembra. Por lo tanto, en esta investigación se realizó una caracterización de las propiedades físicas tales como textura, humedad, densidad aparente, densidad real, porosidad, resistencia mecánica a la penetración y las propiedades químicas como pH, conductividad eléctrica y materia orgánica de los suelos cultivados con mora uva *Rubus robustus* C. Presl, en la vereda Batagá del municipio de Pamplonita, Norte de Santander con el fin de identificar las características de los suelos más limitantes para la producción de este cultivo. Para ello se realizó un estudio de tipo descriptivo y exploratorio en el que se seleccionaron seis fincas. En cada finca se delimitó una parcela de 1000 m². Dentro de cada parcela se tomaron 6 muestras simples de suelos a la profundidad de 0-20 cm y de 20-40 cm, para un total de 12 muestras por parcela. Al momento del muestreo se midió la humedad volumétrica con un medidor de humedad de campo, la resistencia mecánica a la penetración con un penetrómetro de suelos portátil y se tomaron muestras con cilindros de suelos para determinar la densidad aparente de los suelos. Las muestras se secaron y tamizaron por la malla de diámetro de hueco menor de 2 mm. La densidad real se determinó por el método del picnómetro; el pH y conductividad eléctrica en una relación agua y suelo 2:1; y la materia orgánica por el método de pérdidas por ignición. Se realizó un análisis de la varianza y cuando este fue significativo se aplicó una prueba de Tukey para comparación múltiple de medias en las variables físicas y químicas entre profundidades. Los suelos en general son franco arenoso y arenoso franco con porcentajes de arena por encima de 60 % en todas las fincas. La humedad volumétrica y la gravimétrica no presentaron diferencias entre sí, sin embargo, entre fincas se observó que aquellas con suelos más arenosos presentaron menor humedad al momento del muestreo. Todos los valores de densidad aparente estuvieron por debajo de 1,5 g/cm³ en todas las fincas evidenciando que no tienen problemas de compactación y que fueron corroborados por los valores de resistencia mecánica a la penetración la cual fue menor de 2,5 kg/cm². La porosidad estuvo entre 30 y 40 % siendo baja aunque los suelos más arenosos presentaron los valores más altos de porosidad. El pH resultó fuertemente ácido y muy ácido en dos de las fincas mientras que en otras fue ligeramente ácido. La conductividad eléctrica fue baja

y el porcentaje de materia orgánica varió de 5,95 y 16,91 %. Para suelos ubicados por encima de los 2000 msnm estos valores se ubican entre suficiente y altos. Las características más limitantes fueron la textura muy arenosa de los suelos ya en época seca es probable que haya baja retención de agua para las plantas y el pH de los suelos en dos de las fincas, por lo que es necesario que se adopten medidas como el encalado de los suelos y aplicación de abonos orgánicos así como la implementación de cultivos de cobertura o aplicación de mulch. Se recomienda evaluar el contenido de nutrientes en los suelos y comparar con el rendimiento del cultivo.

Palabras claves: mora uva, características químicas de los suelos, características físicas, factores de suelos limitantes

Abstract

In the rural areas of the municipality of Pamplonita, Norte de Santander, the production of blackberry (*Rubus robustus* C. Presl) has been taken as an alternative, however, due to the low knowledge about its agronomic management and adaptation to different climate and soil conditions, the peasants have limited their sowing. Therefore, in this investigation, a characterization of the physical properties such as texture, humidity, bulk density, real density, porosity, mechanical resistance to penetration and chemical properties such as pH, electrical conductivity and organic matter of cultivated soils was carried out. with blackberry grape *Rubus robustus* C. Presl, in the village of Batagá in the municipality of Pamplonita, Norte de Santander in order to identify the characteristics of the most limiting soils for the production of this crop. For this, a descriptive and exploratory study was carried out in which six farms were selected. In each farm a plot of 1000 m² was delimited. Within each plot, 6 simple soil samples were taken at a depth of 0-20 cm and 20-40 cm, for a total of 12 samples per plot. At the time of sampling, the volumetric humidity was measured with a field humidity meter, the mechanical resistance to penetration with a portable soil penetrometer and samples were taken with soil cylinders to determine the bulk density of the soils. The samples were dried and sieved through a mesh with a hole diameter of less than 2 mm. The real density was determined by the pycnometer method; pH and electrical conductivity in a 2:1 water-soil ratio; and organic matter by the loss on ignition method. An analysis of variance was performed and when it was significant, a Tukey test was applied for multiple comparison of means in the physical and chemical variables between depths. The soils are generally sandy loam and sandy loam with percentages of sand above 60% in all farms. Volumetric and gravimetric humidity did not present differences between them, however, between farms it was observed that those with more sandy soils presented lower humidity at the time of sampling. All the apparent density values were below 1.5 g/cm³ in all the farms, showing that they do not have compaction problems and that they were corroborated by the values of mechanical resistance to penetration, which was less than 2.5 kg/cm³. cm². The porosity was between 30 and 40% in some soils, being low, although the sandiest soils presented the highest porosity values. The pH was strongly acidic and very acidic in two of the farms while in others it was slightly acidic. The electrical conductivity was low and the percentage of organic matter varied between 5.95 and 16.91%. For soils located above 2000 masl these values are between sufficient

and high. The most limiting characteristics were the very sandy texture of the soils, and in the dry season it is probable that there is low retention of water for the plants and the pH of the soils in two of the farms, for which it is necessary to adopt measures such as liming of soils and application of organic fertilizers as well as the implementation of cover crops or application of mulch. It is recommended to evaluate the nutrient content in the soil and compare it with the yield of the crop.

Keywords: blackberry grape, chemical characteristics of soils, physical characteristics, limiting soil factors.

Introducción

La mora es el nombre común para cualquiera de las diversas plantas perennes del género *Rubus*. Se estima que existen entre 700 y 750 especies de mora distribuidas en 12 géneros a nivel mundial, siendo *Rubus* el género de mayor número de especies dentro de la familia Rosaceae (Cancino-Escalante et al., 2011). El cultivo se adapta bien en alturas entre los 1500 y 3000 msnm, con una mayor producción hasta los 2400 msnm, ya que puede ser muy susceptible a las heladas (Angulo 2003). Las temperaturas óptimas están entre los 11 °C y 22 °C con precipitaciones entre 1500 mm y 2300 mm de lluvia al año, humedad relativa entre 70 a 85 % (Garzón, 2019).

El cultivo requiere suelos profundos de textura franca, con buena aireación y buen drenaje, alto contenido de humedad, pero sin encharcamiento debido a la susceptibilidad al exceso de humedad, altos contenidos de materia orgánica, pH medianamente ácido (5,2- 6,7 siendo el óptimo 5,7), y es exigente en nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio y micronutrientes como hierro y boro (Rodríguez et al., 2015).

El cultivo de *R. robustus* es una especie que tiene un alto potencial de producción, además de presentar menor incidencia de plagas, mejor adaptabilidad a condiciones edafoclimáticas y la producción por planta es mayor comparada con otras variedades, dando un mayor beneficio de rentabilidad al agricultor (Garzón, 2019).

Los Andes colombianos son el hábitat natural de especies del género *Rubus*. En el municipio Pamplonita en los últimos años se ha ido desarrollando de manera comercial y a baja escala el cultivo de mora uva *R. robustus*, el cual es común encontrarlo como especie silvestre a lo largo de caminos, bosques marginales y en los mismos cultivos comerciales (Salazar Yepes et al., 2007; Cancino-Escalante et al., 2011; Estrada y Franco, 2020). Sin embargo, hay poco conocimiento sobre su manejo agronómico y su adaptabilidad a las diferentes condiciones climáticas.

Según Bohórquez (1998), en el municipio de Pamplonita el 55,09 % de los suelos se caracterizan por ser de baja fertilidad y esto pudiera ser un factor limitante en la producción de esta especie. En tal sentido, dado el papel que juegan las características de los suelos sobre el desarrollo de los cultivos y debido a la escasa información disponible de los suelos cultivados con mora en el municipio de Pamplonita, en este trabajo se planteó como objetivo describir las propiedades físicas (textura, humedad del suelo, densidad aparente, densidad real, porosidad y resistencia mecánica a

la penetración) y las propiedades químicas (pH, conductividad eléctrica, materia orgánica) de los suelos de fincas productoras de mora (*R. robustus* C. Presl) en el municipio Pamplonita, Norte de Santander.

De igual manera, a partir de la interpretación de las variables de suelos evaluadas se identificaron las características de los suelos más limitantes para el desarrollo del cultivo de la mora bajo los sistemas de producción del municipio Pamplonita, con el fin de brindar información a los productores de la región sobre las prácticas más apropiadas para el manejo sostenible de esos suelos.

1. Problema

1.1 Planteamiento del problema

El departamento Norte de Santander ocupa la novena posición nacional en producción de mora, con un área de siembra de 498 ha, aportando solamente el 3,4 % del área sembrada en el país y una producción de 3075 toneladas, lo que equivale a una participación de apenas el 2,8 % de la producción en Colombia. La mayor producción se concentra en los departamentos de Cundinamarca, Santander y Huila con un 50,2 % de la producción total del país (Plan Departamental de Norte de Santander, 2020).

Según la EVA (2020) Norte de Santander registró 589.10 ha de área sembrada con una producción de 5.358,50 toneladas de mora de las cuales en el municipio Pamplonita registró 54 ha de área sembrada con una producción de 486 toneladas, muy por debajo de otros municipios como Ragonvalia con 329,29 hectáreas de área sembrada con una producción de 2300 toneladas y Pamplona con 140 hectáreas sembradas y una producción de 1206 toneladas. Desde un contexto regional, la producción de mora en el departamento Norte de Santander se realiza bajo un esquema de producción semi artesanal, donde los productores son campesinos que trabajan en condiciones muy precarias, donde todas las labores se realizan de forma manual originando niveles de producción muy bajos, aunado a pérdidas del producto de hasta un 60 y 70 % (Plan Departamental de Norte de Santander, 2020). Adicional a los problemas antes mencionados es preciso señalar que en el municipio Pamplonita los productores desconocen si las características de los suelos en los que se cultiva la mora uva son ideales para el desarrollo del cultivo. Ello representa una limitante para hacer un uso y manejo más sostenible de los suelos cultivados con mora y obtener los mayores rendimientos posibles.

El suelo ideal para el cultivo de mora es el de textura franca, rico en materia orgánica, con un contenido de humedad alto y medianamente ácidos, requiere suelos profundos y presenta una gran demanda por los macronutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, pero también por los micronutrientes como Hierro o Boro, pues son estos últimos los que mezclados con los macronutrientes le aportan resistencia de las enfermedades y plagas que atacan el cultivo. Por esto, se presenta variabilidad en las condiciones que poseen los suelos, siendo de gran

importancia la realización de estudios fisicoquímicos en suelos donde se cultive la mora (Herrera; Carmona,2015).

1.2 Justificación

Las propiedades físicas y químicas de los suelos determinan en gran medida, la capacidad de muchos de los usos que el ser humano les otorga. La condición física y química de un suelo determina la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad y la retención de nutrientes, pH, Conductividad eléctrica y materia orgánica (Rucks et al., 2004).

La mora es un producto con un gran valor económico a nivel nacional, que entre el año 2014 y 2018 el área sembrada en cultivos de mora en Colombia aumentó en un 9,1 %, alcanzando para el último año las 15700 hectáreas. Durante los últimos 5 años la producción a nivel nacional aumentó en un 22,85 %, debido principalmente al incremento generalizado de las siembras. Estos incrementos son el resultado de la demanda e interés por parte de la agroindustria y de los consumidores de fruta, además, por la promoción que algunas asociaciones de productores o esquemas de gobierno y sector privado le han ofrecido a este cultivo (Minagricultura, 2019).

El interés económico que ha generado el cultivo de mora uva en el departamento de Norte de Santander es muy notorio, debido a que las cantidades de área sembrada van aumentando con el pasar de los años, esto ha creado un fortalecimiento de la siembra en los municipios como Pamplona, Ragonvalia, Pamplonita, contando con las temperaturas óptimas para llevar a cabo la siembra y producción de la mora uva.

Debido a la escases de estudios referentes a las características físicas y químicas de los suelos cultivados con mora uva de la vereda Batagá del municipio de Pamplonita Norte de Santander, los productores de mora realizan procesos de fertilización de manera empírica, sin tener en cuenta los requerimientos nutricionales de la planta, ni aportes de nutrimentos del suelo. (Escobar-Torres, 2015). En tal sentido, surge el interés por esta investigación con el fin de brindar conocimiento e información útil a los agricultores que les permitirá un manejo apropiado del suelo, tomando en cuenta cada uno de sus componentes y propiedades, para garantizar los mejores rendimientos del cultivo y un retorno económico rentable y benéfico para el agricultor.

2. Delimitación

El municipio de Pamplonita está ubicado en la Región Suroccidental del Departamento Norte de Santander, junto con los Municipios de Pamplona, Mutiscua, Silos, Chitagá y Cúcota. El territorio municipal está constituido por la cabecera Municipal y el Centro Poblado El Diamante; además de 22 veredas, consideradas como las unidades básicas territoriales a nivel rural (conforme a la directriz dada por el Departamento), reconocidas mediante personería jurídica.

El proyecto se llevó a cabo en la vereda Batagá ($7^{\circ}42'70.9''N$ - $72^{\circ}66'86.6''W$) del municipio de Pamplonita (Figura 1). En el sector agrícola, se destacan productos como el café asociado, así como, frutas como durazno, fresa y mora. Además, se producen en menor escala: habichuela, tomate de mesa, fríjol, caña de azúcar y yuca (en las zonas más cálidas) y cebolla junca, arveja, apio, papa criolla y brevas (en las más altas). siendo una de sus principales actividades socioeconómicas que aportan al desarrollo regional de Norte de Santander (Bohórquez, 1998).

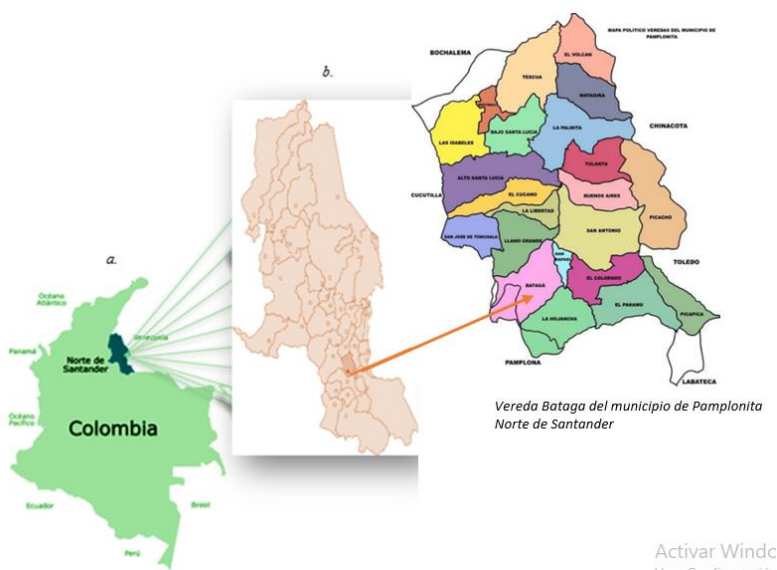


Figura 1. Mapa de ubicación de la vereda Batagá en el municipio Pamplona, Norte de Santander

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Evaluar algunas características físicas y químicas de suelos limitantes para el desarrollo del cultivo mora *Rubus robustus* C. Presl. De la vereda Batagá municipio Pamplonita, Norte de Santander.

3.2 Objetivos específicos

- Determinar algunas características físicas tales como textura, humedad gravimétrica y humedad volumétrica, densidad aparente, densidad real, porosidad, resistencia mecánica a la penetración y características químicas como pH, conductividad eléctrica y materia orgánica de los suelos cultivados con mora *Rubus robustus* C. Presl, en la vereda Batagá del municipio de Pamplonita, Norte de Santander.
- Identificar las características de suelos limitantes para el desarrollo del cultivo de mora *Rubus robustus* C. Presl. en la vereda Batagá del municipio de Pamplonita, Norte de Santander.

4. Marco teórico

4.1 Antecedentes

4.1.1 Antecedentes internacionales

Las propiedades físicas y químicas del suelo proporcionan una herramienta útil para la evaluación del potencial productivo de los suelos. Por otro lado, los cambios en las propiedades físicas y químicas pueden influir sobre las propiedades biológicas de los suelos. A este respecto, Jaurixje et al. (2013) evaluaron variables físicas (densidad aparente, porosidad y conductividad hidráulica) y químicas (pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, fósforo y potasio) en fincas con cultivadas con cebolla, pasto, aguacate, ají dulce, barbecho y bosque, y las relacionaron con el comportamiento biológico del suelo en el municipio Jiménez del estado Lara, Venezuela. Los mayores valores de respiración basal y biomasa microbiana se encontraron en suelos manejados con enmiendas orgánicas o cuando los suelos estaban sin ningún tipo de manejo agrícola o en barbecho. Los menores valores se encontraron bajo el manejo fue convencional, como pases de maquinaria agrícola y fertilizaciones químicas. La biomasa microbiana se correlacionó con la conductividad hidráulica y los macroporos, lo cual demuestra que el mejoramiento en las condiciones físicas del suelo se traduce en una mayor actividad biológica de los microorganismos.

En un estudio desarrollado por Rasche et al. (2020) se evaluó el desarrollo de las raíces de cultivos de soja (*Glycine max* (L.) Merr.), maíz (*Zea mays* L.) y guandú (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) en un suelo arcilloso con diferentes densidades y se encontró que la densidad del suelo afectó negativamente el peso seco de raíces, donde el mayor peso se obtuvo a una densidad de suelo de $1,19 \text{ g cm}^{-3}$ y menor con una densidad $1,59 \text{ g cm}^{-3}$. Entre cultivos, el maíz presentó la mayor limitación en el desarrollo radicular por efecto de la compactación del suelo en comparación con la soja y el guandú.

A este respecto, Olivares et al. (2022) pudieron relacionar entre los indicadores físicos de calidad del suelo como la textura, estructura, consistencia, color, desarrollo de raíces, etc., con la productividad de plantas de banano y el rendimiento mediante el uso de indicadores basados en parámetros morfológicos fáciles de medir que permiten identificar los suelos más adecuados para los cultivos, mejorando así su sostenibilidad ambiental y la rentabilidad.

4.1.2 Antecedentes nacionales

Existe una carencia de estudios a nivel nacional relacionados con la caracterización de los suelos en los que se cultiva la mora *R. robustus*. Sin embargo, para la variedad *R. glaucus* se han realizado algunos estudios. Al respecto, Alzate et al. (2010) evaluaron la influencia del manejo agronómico, las condiciones edáficas y el clima sobre las propiedades fisicoquímicas y fisiológicas de los frutos de la mora (*Rubus glaucus* Benth.) en dos zonas de la región centro sur del departamento de Caldas. De acuerdo con los resultados, se evidenció diferencias en las propiedades fisiológicas y fisicoquímicas de los frutos entre los dos sitios estudiados, las mejores características fueron atribuidas a las condiciones nutricionales y al manejo agronómico adoptado en la zona de producción.

En otro estudio realizado por Palacios (2017) se investigó el efecto de las prácticas de conservación de suelos en el cultivo de mora (*Rubus glaucus* Benth) en el municipio de San Bernardo Cundinamarca. En este estudio se logró determinar que la pérdida de suelo en un sistema de producción de mora depende de las prácticas de conservación que se realicen, dando así un efecto positivo para mantener la fertilidad en el suelo y sus características físicas, debido a que con el manejo de suelo tradicional este recurso se va degradando y se pierde el horizonte A, el cual es muy valioso para el desarrollo y producción de la planta debido a que la mayor parte de los nutrientes y desarrollo de las raíces se encuentran concentrados en este horizonte.

En un estudio realizado por Calderón-Medina et al. (2018) se evaluó propiedades químicas como el pH, aluminio intercambiable (AlH), fósforo (P), calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), boro (B), azufre (S), sodio (Na), zinc (Zn), capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE), físicas: conductividad hidráulica (CH), densidad aparente (DA), mesoporosidad (MES), porosidad total (PT), saturación (SAT), capacidad de campo (CC), humedad disponible (HD), microporosidad (MIC), punto de marchitez permanente (PMP), porcentaje de arena y arcilla y biológicas: recuento microbiano de hongos, bacterias, actinomicetos y meso invertebrados del suelo como indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta y se encontró una moderada calidad química que en el Sistema Agroforestal (SAF) representada por altos valores de pH, bajo Al H, bajos contenidos de Ca, bajo Mg y alto valores de S y Zn. A su vez, el SAF mostró baja calidad física con valores de DA de 1,34 g/cm³.

4.1.3 Antecedentes regionales

No se encontraron estudios que describan las características de suelos del municipio Pamplonita. Sin embargo, se encontró el trabajo de Valenzuela et al. (2018) en el que se evaluó la influencia del clima y el uso del suelo sobre el contenido de carbono orgánico en dos pisos altitudinales del departamento Norte de Santander, donde se encontró en el suelo de clima frío (Pamplona) tuvo un pH entre 5,07 a 6,99 en todas las profundidades y usos del suelo. El suelo bajo bosque y pastura presentó buena capacidad de intercambio catiónico, una acidez de moderada a fuerte, mientras que en el cultivo intensivo fue neutro.

4.2 Marco contextual

Debido a la comercialización de la mora en Colombia, su demanda se ha incrementado durante los últimos años y se hace indispensable buscar nuevas alternativas de producción y manejo del cultivo, como la implementación de nuevas especies, por ejemplo, la mora uva (*Rubus robustus* C. Presl) cultivo con el que se pretende mejorar rendimientos de producción, mantener y mejorar la calidad de la mora en el país (Gobernación de Antioquia, secretaria de Agricultura y Desarrollo rural, 2014).

Esta especie de mora puede ser una de las nuevas alternativas para el cultivo debido a su potencial de producción, por soportar tener un mejor manejo en el proceso de cosecha y postcosecha, la producción por planta es mayor comparada con otras variedades, dando un mayor beneficio de rentabilidad al agricultor. Por ejemplo, en una hectárea de cualquier variedad sembrada de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth), puede llegar a 10 ton/año/fruta, comparado con mora uva que puede llegar a 30 ton/año/fruta. Adicionalmente presenta menor incidencia de plagas como trips (*Frankliniella* spp.) y áfidos (*Aphis* spp.) y enfermedades como *Botrytis cinerea* (Garzón, 2019).

4.3 Bases conceptuales

4.3.1 Cultivo de Mora

Es el nombre que reciben diversos frutos comestibles de distintas especies; cuya fruta no es una baya, sino un eterio, compuesto de pequeñas drupas, que le da una forma en común a este grupo de frutas. Las moras son frutas o bayas que, a pesar de proceder de especies frutales que son completamente diferentes, poseen aspecto similar y características comunes que las definen como moras. En ocasiones, las distintas moras pueden ser confundidas e incluso obviadas, dado que, al usar la palabra mora para hablar de dicha fruta, puede hacerse referencia, simplificando, generalmente a dos tipos de bayas procedentes de dos géneros distintos de frutales con rasgos fenotípicos muy dispares entre sí, el género *Morus* y *Rubus*. En total existen más de 300 especies de moras diferentes. Además, la comercialización de estas bayas ha propiciado la creación de diversas hibridaciones que no existen en la naturaleza (Consumer, 2009). La mora uva pertenece al orden de las Rosales, familia Rosaceae y al género (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación taxonómica de *Rubus robustus*

Taxonomía	
Reino	Plantae
Division	Angiospermae
Clase	Magnoliopsida
Orden	Rosales
Familia	Rosaceae
Subfamilia	Rosoideae
Tribu	Rubeae
Genero	<i>Rubus</i>
Especie	<i>R. robustus</i> C. Presl

Fuente: Jardín Botánico de Bogotá, Colombia (2017).

4.3.2 Descripción de tallo y hojas de la Mora

Tallo poligonal con pubescencia blanquecina; normalmente sin glándulas, aunque a menudo se encuentran glándulas en tallos jóvenes. Estípulas pubescentes, lineares lanceoladas de 14-20 mm de largo y 3-4 mm de ancho (Espinosa, 2011).

Hojas generalmente 3-foliarias y 5-foliarias; los pecíolos del folíolo central miden 1-3 cm de largo, los laterales aproximadamente 0,5 a 2 cm de largo. Forma elíptica-lanceolada de los folíolos de 5 a 15 cm de largo, generalmente son 2-3 veces más largo que ancho; ápice agudo, base obtusa, borde aserrado fino. Haz de la hoja verde oscura, glabra con escasa pubescencia en la vena principal; envés con pubescencia blanco-transparente sobre todo en las venas (Espinosa, 2011).

Entre 12 y 14 venas secundarias en los folíolos. Sobre el tallo, pecíolos y venas primarias de las hojas se encuentra espinas grandes hasta 10 mm de largo; las espinas son curvadas y tienden a ser más bien rectas y muy puntudas en la parte menor del tallo (Espinosa, 2011).

4.4 Propiedades físicas del suelo

Es el conjunto de componentes que forman al suelo, como lo es la textura, humedad, porosidad, etc. Las cuales son muy esencial para la producción agrícola y que si no se les da la importancia necesaria se puede llegar a la degradación de este (Graciela, 2021).

4.4.1 Textura del suelo

La textura indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcilla, en el suelo. La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa (FAO,2022).

4.4.2 Densidad aparente

Se define como el peso seco del suelo por unidad de volumen de suelo inalterado, tal cual se encuentra en su emplazamiento natural, incluyendo el espacio poroso (Pinot, 2000). La densidad aparente es un parámetro que ha sido considerado como un indicador sensible a la compactación ya que puede ser fácilmente alterada por las condiciones de manejo de los suelo. En la tabla 2 se muestran los rangos para interpretar la densidad aparente de los suelos. Se puede apreciar que valores por encima de 1,7 g/cm³ puede ser considerados limitantes puesto que evidencian problemas de compactación de los suelos.

Tabla 2. Rangos para interpretar la densidad aparente de los suelos

Densidad aparente (g/cm ³)	Interpretación
<1,0	Muy baja
1,0-1,2	Baja
1,2-1,5	Media
1,5-1,7	Alta
>1,7	Muy alta

Fuente: IGAC (2016)

4.4.3 Densidad real

Corresponde al peso de la unidad de volumen de los sólidos del suelo. Se determina obteniendo el peso seco de la muestra del suelo y el volumen ocupado por los sólidos de la muestra. El volumen se halla por medio de un aparato denominado picnómetro, y el procedimiento corresponde a la aplicación del principio de Arquímedes, es decir, determina qué volumen de líquido desplazan los sólidos al ser sumergidos (Buckman y Brady, 1977). La densidad real es un parámetro que no cambia con las condiciones de manejo pero si depende del tipo de material parental y la composición granulométrica y orgánica de los suelos. En la tabla 3 se presentan los valores y la interpretación de la densidad real de los suelos reportados por el IGAC (2016). Se considera un valor medio el ubicado entre los 2,4 y 2,7 g/cm³.

Tabla 3. Rangos para interpretar la densidad específica o real de los suelos

Densidad real (g/cm ³)	Interpretación
<2,0	Muy baja
2,0-2,4	Baja
2,4-2,7	Media
2,7-3,0	Alta
>3	Muy alta

Fuente: IGAC (2016)

4.4.4 Porosidad del suelo

El espacio poroso del suelo se refiere al porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos. En general el volumen del suelo está constituido por 50 % materiales sólidos (45 % minerales y 5 % materia orgánica) y 50 % de espacio poroso. Dentro del espacio poroso se pueden distinguir macro poros y microporos donde agua, nutrientes, aire y gases pueden circular o retenerse. Los macro poros no retienen agua contra la fuerza de la gravedad, son responsables del drenaje, aireación del suelo y constituyen el espacio donde se forman las raíces. Los microporos retienen agua y parte de la cual es disponible para las plantas (FAO, 2022).

La porosidad total de los suelos es uno de los parámetros que se han considerado dentro de los indicadores de calidad debido a que pueda cambiar con el tipo de manejo dado a los suelos. De igual forma, una disminución del espacio poroso de los suelos representa una limitante para el desarrollo de las raíces de los cultivos. En la tabla 3 se muestran los rangos que permiten interpretar los niveles de porosidad de los suelos.

Tabla 4. Rangos para interpretar la porosidad total de los suelos

Porosidad total (%)	Interpretación
<31	Muy baja
31-45	Baja
45-55	Media
55-63	Alta
>63	Muy alta

Fuente: IGAC (2016)

La porosidad de los suelos está también relacionada con el tipo de textura de los suelos y la densidad aparente de los suelos. En la tabla 4, se muestra la relación ideal que debería existir entre la textura, la densidad aparente y la porosidad en condiciones normales de suelos no compactados.

Tabla 5. Porosidad y densidad aparente para distintas texturas

Textura del suelo	Porosidad (%)	Densidad aparente (g/cm³)
Arenoso	38 (32 a 42)	1,65 (1,55 a 1,80)
Franco arenoso	43 (40 a 47)	1,50 (1,40 a 1,60)
Franco	47 (43 a 49)	1,40 (1,35 a 1,50)
Franco arcilloso	49 (47 a 51)	1,35 (1,30 a 1,40)
Arcillo arenoso	51 (49 a 53)	1,30 (1,25 a 1,30)
Arcilloso	53 (51 a 55)	1,25 (1,20 a 1,30)

Fuente: Salamanca y Sadeghian (2005); IGAC (2016).

4.4.5. Humedad de los suelos

Se considera una propiedad vinculada con la fase líquida del suelo y toma en cuenta la retención de humedad y movimiento de agua en el suelo. En la capacidad de retención de humedad del suelo se destacan la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente. La capacidad de campo se define como el contenido de humedad que se presenta cuando se ha suplico de agua y se ha dejado drenar, sin que se haya presentado evaporación, se conoce también como el límite superior de agua para las plantas (IGAC, 2016).

Tabla 6. Rangos para interpretar la humedad equivalente según contenido de humedad (%) de los suelos

Humedad (%)	Interpretación
<5	Muy baja
5-15	Baja
15-25	Media
25-35	Alta
>35	Muy alta

Fuente: IGAC (2016)

De acuerdo con el IGAC (2016), para Colombia se han adoptado una serie de valores para humedad del suelo que consideran normales, así como los valores que pudieran ser altos o bajos y que pudieran representar una limitación para el desarrollo normal de la mayoría de los cultivos.

En los valores de la capacidad de campo y de la humedad equivalente influyen tanto las fracciones texturales (arena: valores bajos, arcillas: valores altos) como la materia orgánica (a altos contenidos, valores mayores). La humedad equivalente está asociada con la capacidad de retención de humedad por medio de los valores señalados en la tabla 6.

4.4.6. Resistencia mecánica a la penetración de los suelos

La resistencia mecánica a la penetración ha sido utilizada como un parámetro que describe el estado físico del suelo que permite evaluar el nivel de compactación de un suelo. La compactación limita el crecimiento radicular y la cantidad de aire y agua de que disponen las raíces (Herrick y Jones, 2002; Lampurlanés y Cantero-Martínez, 2003).

En la tabla 7 se presentan los valores para interpretar la restricción y limitaciones del desarrollo radicular de las plantas a partir de las familias texturales y la densidad aparente de los suelos.

Tabla 7. Valores para interpretar la restricción y limitación del desarrollo radicular a partir de las familias texturales y la densidad aparente del suelo.

Familias texturales	Densidad aparente (g/cm ³)	
	Inicio de restricción	Limitación de desarrollo radicular
Arenosa	1,68	>1,85
Franco gruesa	1,63	>1,80
Franco fina	1,60	>1,79
Franco limosa gruesa	1,60	>1,78
Franco limosa fina	1,54	>1,69
Arcillosa (35-45 % de arcilla)	1,49	>1,58
Arcillosa (>45 % arcilla)	1,39	>1,47

Fuente. IGAC (2016).

Los valores limitantes para el desarrollo de las raíces se han reportado entre 0,8 y 5,0 MPa (IGAC, 2016). La resistencia mecánica a la penetración tiene relación con otras propiedades físicas del suelo como la macroporosidad, que es un índice de aireación. Se ha encontrado que los valores de macroporosidad por debajo del 10 % en volumen, corresponden con valores a capacidad de campo de humedad del suelo mayores de 1,5 Mpa, los cuales se esperaría que provocaran reducciones en densidad y penetración de raíces. La resistencia mecánica a la penetración influye directamente en la elongación de las raíces y, a su vez, está relacionado con el contenido de humedad en el suelo.

4.5 Propiedades químicas del suelo

4.5.1 pH del Suelo

El pH del suelo es una medida de la acidez o alcalinidad en los suelos. El pH del suelo es considerado como una de las principales variables en los suelos, ya que controla muchos procesos químicos que en este tienen lugar. Afecta específicamente la disponibilidad de los nutrientes de las plantas, mediante el control de las formas químicas de los nutrientes. El rango de pH óptimo para la mayoría de las plantas oscila entre 5,5 y 7,0 (Tabla 8) (IGAC, 2016).

Tabla 8. Niveles para interpretación de rangos de pH en el suelo

Interpretación	Nivel de pH
Extremadamente ácido	<4,5
Muy fuertemente ácido	4,6-5,0
Fuertemente ácido	5,1-5,5
Medianamente ácido	5,6-6,0
Ligeramente ácido	6,1-6,5
Neutro	6,6-7,3
Ligeramente alcalino	7,4-7,8
Medianamente alcalino	7,9-8,4
Fuertemente alcalino	8,5-9,0
Extremadamente alcalino	>9,0

Fuente: IGAC (2016)

4.5.2 La conductividad eléctrica (CE) del suelo

La concentración de sales solubles presentes en la solución del sustrato se mide mediante la CE. La CE es la medida de la capacidad de un material para conducir la corriente eléctrica, el valor será más alto cuanto más fácil se mueve la corriente a través de este. Esto significa que a mayor CE, mayor es la concentración de sales. Una CE baja facilita el manejo de la fertilización y se evitan problemas por fitotoxicidad en el cultivo. Suelos con valores de CE entre 0-2 dS/m se consideran no salino y por lo tanto el efecto de las sales sobre el cultivo es despreciable (Osorio, 2012).

4.5.3 La materia orgánica del suelo

Es la materia conformada por compuestos químicos que contienen átomos de carbono, razón por la cual se conoce a la química orgánica como la “química del carbono”. La materia orgánica del suelo es producto de los diversos ciclos de vida de los seres vivientes, cuyos cuerpos liberan residuos y sustancias que, al descomponerse, conforman una masa diversa, rica en nutrientes y altamente aprovechable por los organismos autótrofos como las plantas (ETECE, 2021).

La materia orgánica puede cambiar de una región a otra y de un tipo de sistema a otro. En la tabla 9 se muestran los valores de referencia de materia orgánica para suelos ubicados a diferente altitud y temperatura.

Tabla 9. Categorías del contenido de materia orgánica del suelo en función de la altitud y la temperatura

Altitud (m)	Temperatura (°C)	Categoría*				
		Muy bajo	Bajo	Suficiente	Alto	Muy alto
<1000	>24	<1	1-2	2-3	3-5	>5
1000-2000	18-24	<2	2-3	3-5	5-10	>10
>2000	<18	<3	3-5	5-10	10-20	>15

*Para interpretar el contenido de materia orgánica del suelo se deben considerar otras condiciones del suelo como aireación, pH, Aluminio intercambiable, P disponible, actividad microbial). Fuente: Osorio (2012).

4.6 Necesidades edáficas del cultivo de mora

Según Cardona y Bolaños Benavides (2019) la mora se desarrolla mejor en suelos franco, de modo que permita una adecuada reserva de agua pero a su vez deben presentar buen drenaje tanto interno como externo, ya que es una planta altamente susceptible al encharcamiento. Prefiere suelos con pH de 5,2 a 6,7 siendo 5,7 el óptimo, con alto contenido de materia orgánica, ricos en fósforo y potasio, con relaciones calcio, magnesio y potasio de (Ca: Mg: K) 2:1:1 ya que junto con el boro son responsables de una mayor o menor resistencia a las enfermedades.

Para el género *Rubus* se han reportado las siguientes necesidades nutricionales por hectárea para alcanzar rendimientos de hasta 30 toneladas/ha (Tabla 10).

Tabla 10. Requerimiento nutricionales del género *Rubus*

Cultivo	Nutrientes (kg/ha)						Rendimiento toneladas/ha
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	
Mora	80	40	90	30	12	20	30

Fuente: Monómeros colombo-venezolanos (1995).

4.5 Condiciones climáticas para el cultivo de mora

Aunque la mora se adapta a un amplio rango de altitudes desde los 1200 a los 3500 msnm, los mejores resultados del cultivo se obtienen entre los 1800 y 2400 msnm. Después de los 2400 m corren el riesgo de heladas que ocasionan quemazón en el tallo, exigiendo podas a nivel del suelo. Las temperaturas deben fluctuar de 12-16 °C, humedades ambientales altas favorecen la incidencia de enfermedades, alterando el nivel de producción (Tabla 11) (Cardona y Bolaños-Benavide, 2019).

Tabla 11. Condiciones climáticas de la mora uva

Condición climática	Descripción
Altitud	La óptima para el desarrollo va desde los 1800 a 2400 msnm en alturas mayores a esta existe el riesgo que se presenten heladas con frecuencia y menores traen problemas fitosanitarios.
Temperatura y humedad relativa	Se desarrolla en temperaturas entre 8 y 22 °C, pero la óptima está entre los 12 y 14 °C. y una humedad ambiental entre los 70 y 80 %.
Vientos	Requiere zonas libres de vientos fuertes
Luminosidad	Las óptimas varían de 3 a 4 horas por día
Precipitación	Las lluvias no deben sobrepasar los 1200 y 2500 mm anuales.

Fuente: Exigencias climáticas del cultivo. <https://dspace.ucuenca.edu>

4.7 Marco Legal

El presente proyecto se desarrolla bajo la siguiente reglamentación:

4.7.1 DECRETO 3600 DE 2007 (septiembre 20)

Por el cual se reglamentan las disposiciones de las Leyes 99 de 1993 y 388 de 1997 relativas a las determinantes de ordenamiento del suelo rural y al desarrollo de actuaciones urbanísticas de parcelación y edificación en este tipo de suelo y se adoptan otras disposiciones.

4.7.2 Artículo 2°. Determinantes. Con el fin de garantizar el desarrollo sostenible del suelo rural, en los procesos de formulación, revisión y/o modificación de los planes de ordenamiento territorial, los municipios y distritos deberán dar cumplimiento a las determinantes que se desarrollan en el presente decreto, las cuales constituyen normas de superior jerarquía en los términos del artículo 10 de la Ley 388 de 1997.

4.7.3 Artículo 3°. Categorías del suelo rural. Para efectos de lo dispuesto en los artículos 14, 16.3 y 17 de la Ley 388 de 1997, en el componente rural del plan de ordenamiento y en su cartografía se deberán determinar y delimitar cada una de las categorías de protección y de desarrollo restringido a que se refieren los artículos siguientes, con la definición de los lineamientos de ordenamiento y la asignación de usos principales, compatibles, condicionados y prohibidos correspondientes.

4.7.4 Artículo 4°. Categorías de protección en suelo rural. Las categorías del suelo rural que se determinan en este artículo constituyen suelo de protección en los términos del artículo 35 de la Ley 388 de 1997 y son normas urbanísticas de carácter estructural de conformidad con lo establecido 15 de la misma ley:

4.7.5 ACUERDO N.º 186 del 02 de diciembre del 2005 emitido por la Universidad de Pamplona en el que se dicta en el capítulo VI en los artículos 35 y 36 lo correspondiente a definiciones de trabajo de grado y los requisitos para presentarlo bajo la modalidad de investigación.

4.7.6 ARTÍCULO 35: Definición de trabajo de grado: En el Plan de Estudios de los programas, la Universidad establece como requisito para la obtención del título profesional, la realización por parte del estudiante, de un trabajo especial que se denomina “TRABAJO DE GRADO”, por medio del cual se consolida en el estudiante su formación integral, que le permite:

a. Diagnosticar problemas y necesidades, utilizando los conocimientos adquiridos en la Universidad.

b. Acopiar y analizar la información para plantear soluciones a problemas y necesidades específicas. Acuerdo No.186 del 02 de diciembre de 2005

c. Desarrollar planes y ejecutar proyectos, que le permitan demostrar su capacidad en la toma de decisiones.

d. Formular y evaluar proyectos.

e. Aplicar el Método Científico a todos los procesos de estudio y decisión.

4.7.7 ARTICULO 36: Modalidades de Trabajo de Grado: El Trabajo de Grado, puede desarrollarse en las siguientes modalidades:

a. Investigación: comprende diseños y ejecución de proyectos que busquen aportar soluciones nuevas a problemas teóricos o prácticos, adecuar y apropiar tecnologías y validar conocimientos producidos en otros contextos. Para los estudiantes que se acojan a esta modalidad, deberá presentar al director de departamento el anteproyecto que debe contener: propuesta para la participación en una línea de investigación reconocida por la Universidad, tutor responsable del Trabajo de Grado y cronograma, previo estudio y aprobación de esta, del respectivo Grupo de Investigación.

5. Metodología

5.1 Tipo de investigación

El presente trabajo es de tipo descriptivo y exploratorio en el que se describieron algunas características físicas y químicas de los suelos como punto de partida para mejorar las prácticas que se les deben realizar a los suelos cultivados de la vereda Batagá del municipio Pamplonita.

5.2 Diseño experimental y toma de muestras de suelos

El estudio se realizó en seis (6) fincas cultivadas con mora *Rubus robustus* C. Presl ubicadas en la vereda Batagá del municipio Pamplonita, Norte de Santander. Se muestrearon las fincas identificadas como Mira Flórez, El Matorral, El Arrayan, El Cedrillo, La Ahoyada, y El Naranjo ubicadas entre los 1965 y 2140 msnm. La pendiente del terreno donde se encontraban los lotes sembrados con mora osciló entre 12 y 34 % con excepción del lote de la finca El Cedrillo el cual tuvo una pendiente del 9 %. El área de cada finca varió entre las 2 ha y las 10 ha. El cultivo principal en las fincas seleccionadas fue la mora (Tabla 12).

Tabla 12. Información de los predios

Nombre del predio	Responsable del predio	Coordenadas		Altitud (msnm)	Pendiente (%)	Área (ha)	Cultivo principal	Cultivo secundario
		Norte	Este					
El Arrayan	Ramiro Guzmán	07°25.641'	072°39.958'	2104	32	5	Mora	Arveja
La Ahoyada	Toya Sierra	07°25.606'	072°40.211'	2048	33	6	Mora	Maíz
El Cedrillo	Cleotilde Caicedo	07°25.632'	072°40.043'	2018	9	2	Mora	Maíz
Mira Flórez	Adriano sierra	07°25.303'	072°39.990'	2140	12	10	Mora	Tomate de árbol
El Matorral	Reinaldo Suarez	07°25.627'	072°40.078'	1965	25	3	Mora	Frijol
El Naranjo	Carmelo Suarez	07°25.580'	072°40.182'	2028	34	4	Mora	Ciruelo

Fuente: Los autores

Dada la variabilidad en la superficie de siembra del cultivo en cada finca, se decidió delimitar un lote de 1000 m² en cada una de las fincas y dentro de cada lote se tomaron seis (6) muestras simples de suelos a las profundidades de 0-20 cm y 20-40 cm. Esto dio un total de 12 muestras para cada finca y un total de 72 muestras recolectadas en las 6 fincas (Figura 2).

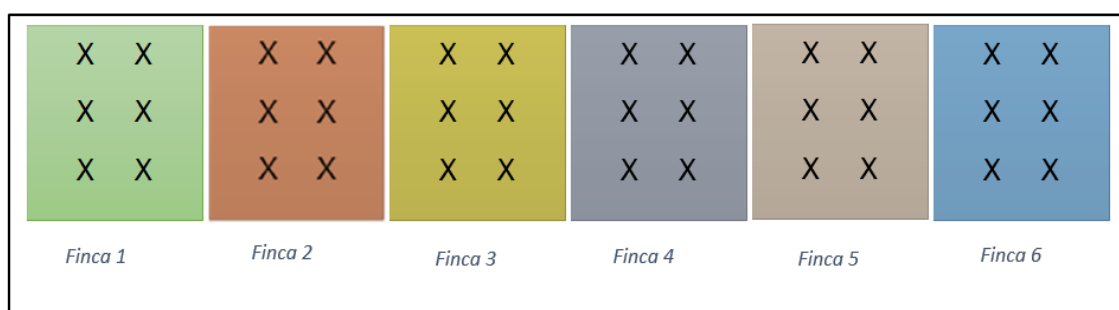


Figura 2. Muestreo sistemático dirigido en la vereda Batagá del municipio de Pamplonita Norte de Santander

Los análisis de laboratorio para la determinación de las características de los suelos cultivados con mora uva (*Rubus robustus* C. Presl) del municipio de Pamplonita se llevaron a cabo en los laboratorios de Suelos Agrícolas y Control de Calidad de la Universidad de Pamplona Norte de Santander.

5.3 Características físicas de los suelos

5.3.1 Textura

La textura del suelo se determinó siguiendo el método del hidrómetro de Gee y Bauder, (1986). El procedimiento consistió en pesar 40 gramos (g) de suelo seco tamizado por la malla con diámetro de hueco menor a 2 mm. Se adicionan 100 mL de una solución dispersante de hexametáfosfato de sodio, se agitó en una licuadora durante treinta (30) minutos y luego se transfirió a un cilindro graduado de un (1) litro, se adiciona agua destilada hasta completar el volumen y se agita con una varilla de metal durante un (1) minuto para homogenizar la mezcla lo más posible. Después de terminada la agitación se introduce el hidrómetro realizando la primera

medida a los cuarenta (40) segundos. Con este valor se determinó la cantidad de arena que contiene la muestra de suelo. Esta misma operación se repitió exactamente a las cinco horas y media para determinar el porcentaje de arcilla y limo del suelo. Por diferencia entre ambas medidas se obtiene el porcentaje de limo.

5.3.2 Humedad gravimétrica (W)

La humedad gravimétrica (W) se determinó de acuerdo con la metodología propuesta por Gardner (1986). Sobre las mismas muestras de suelo tomadas para la determinación de la densidad aparente se determinó el porcentaje de humedad del suelo. Una vez obtenido el peso de suelo húmedo y suelo seco se aplicará la siguiente ecuación:

$$W = \frac{(\text{Peso de suelo humedo} - \text{Peso de suelo seco})}{\text{Peso de suelo seco}} * 100$$

Dónde: W: contenido de humedad del suelo.

5.3.3 Humedad volumétrica

La humedad volumétrica se determinó directamente en campo con un medidor de humedad ThetaProbe ML3, un medidor de humedad HH2 y se expresaron en porcentaje (%).

5.3.4 Densidad aparente

La densidad aparente se determinó por el método del cilindro siguiendo la metodología propuesta por Blake y Hartge (1986). Las muestras se tomaron con cilindros de metal de 5 cm de diámetro y 20 cm de alto. Una vez tomadas las muestras sin perturbar, se taparon con papel aluminio y se trasladaron al laboratorio, donde se pesaron y se secaron en una estufa a 105°C por 48 horas, se dejaron enfriar y se volvieron a pesar. La densidad aparente se calculó de la siguiente manera:

$$D_a = \frac{P_{sh}}{V(1 + W)}$$

Dónde:

Da: Densidad aparente (g.cm-3).

Psh: Peso del cilindro de suelo traído de campo (g).

V: Volumen del cilindro metálico (cm³).

W: Humedad obtenida de la muestra secada en estufa (fracción adimensional).

5.3.4 Densidad real

Para la determinación de la densidad real se realizó por el método del picnómetro de Blake y Hartge (1986) para lo cual se utilizaron muestras de suelo seco y tamizado por la malla de diámetro de hueco menor de 2 mm.

5.3.5 Porosidad total (%)

La determinación del porcentaje de porosidad total se hizo mediante la división de los datos de la densidad aparente sobre la densidad real multiplicada por 100.

5.3.5 Resistencia mecánica del suelo a la penetración

La determinación de la resistencia del suelo se realizó con un penetrómetro de bolsillo el cual se utiliza específicamente para determinar la resistencia a la penetración de las capas superiores del suelo (profundidad de medición 5 mm). Se retiró la tapa protectora roja, seguidamente se procedió a empujar el anillo contra el cuerpo para que el lado bajo lea 0, posteriormente se insertó lentamente el pistón hasta que la marca grabada esté nivelada con el suelo, estas repeticiones se tomaron en las profundidades de 0-20 cm y de 20-40 cm de profundidad, se tomó la lectura de la fuerza en kg/cm² usando el lado inferior del anillo y se registró la lectura, y se repitió la toma de resistencia de suelo tres (3) veces. Y se multiplicó la lectura por 0,625 según las especificaciones del instrumento.

5.4 Características químicas de los suelos

Las características químicas que se evaluaron en el estudio fueron: pH, conductividad eléctrica, acidez intercambiable, materia orgánica.

5.4.1 pH

El pH se determinó en un extracto acuoso con una relación suelo-agua de 1:2 por agitación durante media hora (McLean, 1982). Se utilizó un medidor de pH marca Digital pH meter, modelo “pH-2006”.

5.4.2 Conductividad eléctrica

En el mismo extracto que se usó para la medición del pH del suelo, se determinó la conductividad eléctrica empleando un conductivímetro HANNA, modelo HI 9033, calibrado previamente con una solución de KCL 0,04 mol/L a una temperatura de 25°C.

5.4.3 Materia orgánica total

Se determinó por el método de pérdidas por ignición de Westman et al. (2006) el cual consiste en someter la muestra de suelo a una temperatura de 450°C. Para la preparación de la muestra se inició pesando 10 g de suelo seco tamizado por la malla de 2,00 mm, luego se colocó la muestra en un recipiente o crisol de porcelana y fue llevado al horno a $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$ para secarla hasta peso constante. Posteriormente, se removió la muestra del horno, colocándola en el desecador y se permitiendo su enfriamiento y obtención del peso seco del suelo.

Después se colocó el crisol o el plato que contiene la muestra dentro de la mufla durante 6 horas a $445^{\circ} \pm 10^{\circ} \text{C}$. Luego se sacó la muestra de la mufla, colocándola en el desecador y se permitiendo su enfriamiento. Para finalizar se pesó la muestra obteniendo el peso del suelo calcinado. Para calcular el porcentaje de materia orgánica (% MO) con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de materia orgánica} = (A-B)/(A-C) \times 100$$

Donde:

A = Peso del crisol y del suelo seco antes de la ignición

B = Peso del crisol y del suelo seco después de la ignición

C = peso del crisol, con aproximación a 0,01 g.

5.5 Características de suelos más limitantes para el desarrollo del cultivo

Para la identificación de las características de los suelos que pudieran ser limitantes para el desarrollo del cultivo de mora se procedió a comparar los valores obtenidos con los valores de referencia, así como con las necesidades del cultivo. Todos aquellos valores que estén por debajo o por encima se considerarán limitantes.

5.6 Análisis estadístico de los datos

A los datos que se obtuvieron de las propiedades físicas y químicas evaluadas se les realizó un análisis estadístico descriptivo con el fin de estudiar el comportamiento de éstos y se hizo una síntesis de la información para arrojar precisión, sencillez y aclarar y ordenar los datos. Se calculó el promedio y la desviación estándar.

También se aplicó un análisis de varianza de una vía para comparar la variabilidad de las características físicas y químicas entre profundidades para cada finca. Cuando se cumplieron los supuestos de normalidad, homogeneidad de varianzas e independencia de los datos se procedió a aplicar una prueba de comparación múltiple de medias de Tukey. Para el análisis estadístico de los datos se usó el paquete estadístico Statistica.

6. Resultados y discusión

6.1 Propiedades físicas de los suelos

6.1.1 Textura.

La clase textural de los suelos varió entre franco arenoso y arenoso franco donde se destaca los altos porcentajes de arena en todas las fincas, superiores a 60 %. El porcentaje de limo entre 14 y 20 % mientras que el porcentaje de arcilla fue inferior a 16 %. No se observaron diferencias estadísticas ($p < 0,05$) entre profundidades para ninguna de las tres fracciones de suelos (Tabla 13).

Tabla 13. Distribución del tamaño de partículas y clase textural de los suelos de las fincas estudiadas.

Finca	Profundidad (cm)	Distribución del tamaño de partículas (%)			Clase textural
		Arcilla	Arena	Limo	
El Arrayán	0-20	5,57±1,92A	73,45±2,48A	20,98±1,67A	Franco arenoso
	20-40	10,26±2,13A	70,37±2,38A	19,37±2,61A	Franco arenoso
Ahoyada	0-20	16,07±3,45A	64,46±4,30A	19,47±2,78A	Franco arenoso
	20-40	14,63±8,17A	66,87±11,62A	18,51±5,10A	Franco arenoso
El Cedrito	0-20	6,03±1,60A	73,69±2,58A	20,27±1,17A	Franco arenoso
	20-40	7,87±0,82A	75,53±2,93A	16,61±2,93A	Arenoso franco
Miraflores	0-20	3,03±0,41A	80,36±2,10A	16,61±1,83A	Arenoso franco
	20-40	3,37±0,98A	78,36±2,10A	18,27±1,33A	Arenoso franco
Matorral	0-20	2,03±0,75A	82,03±2,42A	15,94±2,59A	Arenoso franco
	20-40	2,70±2,35A	76,86±4,23A	20,44±2,45A	Arenoso franco
Naranjos	0-20	3,87±1,03A	81,86±1,22A	14,27±0,98A	Arenoso franco
	20-40	4,87±2,66A	79,69±1,97A	15,44±1,26A	Arenoso franco

Valores promedio \pm desviación estándar acompañados por letras mayúsculas iguales indican que no hubo diferencias entre las profundidades cuando se aplicó la prueba de Tukey ($p > 0,05$). Fuente: Los autores.

Es importante resaltar que la textura gruesa encontrada obedece al tipo de material parental a partir del cual se han formado estos suelos. Es decir, la distribución granulométrica está relacionado con materiales parentales del tipo de conglomerados arenosos o de depósitos coluviales y aluviales abundantes en gravas y areniscas típicos de la alta montaña Andina en los pisos térmicos altos y fríos (IGAC, 2012). En este tipo de materiales petrográficos la característica común es el porcentaje muy bajo de la fracción arcillosa.

Dentro de las características más relevantes de los suelos de textura gruesa destaca la facilidad para ser trabajados, lo cual depende marcadamente del estado de humedad que presenten; estos suelos presentan una mayor absorción y conducción del agua, son menos susceptibles a ser erosionados en comparación con los suelos de texturas medias o finas y dependiendo del clima y en especial de la distribución de las lluvias, los suelos tienden a ser secos, presentar baja fertilidad natural, poca retención de agua y nutrientes, los cuales tienden a perderse fácilmente por lavado (Jaramillo, 2002).

De acuerdo con Morales y Villegas (2012) los suelos más adecuados para el cultivo de mora son aquellos con texturas francas y apropiado drenaje natural; siendo esta última, una característica física muy importante, ya que esta planta es altamente susceptible al encharcamiento. De acuerdo con esto, un alto porcentaje de arena como el encontrado en este estudio, en épocas de baja precipitación la baja retención de humedad puede afectar la producción, ya que se ha reportado que las plantas de mora producen frutos de mala calidad, pequeños, sin color característico y con valores altos de acidez (Franco y Giraldo, 2002).

6.1.2 Humedad.

El porcentaje de humedad volumétrica medido directamente en campo varió entre 20 y 26 % tanto para la profundidad de 0-20 cm como de 20-40 cm para todas las fincas. No se observaron diferencias estadísticas ($p < 0,05$) entre profundidades en ninguna de las fincas. Los valores más bajos de humedad se observaron en las fincas El Arrayán y El Cedrito mientras que las fincas Ahoyada y Matorral presentaron valores de humedad volumétrica ligeramente más altos estudiadas (Figura 3).

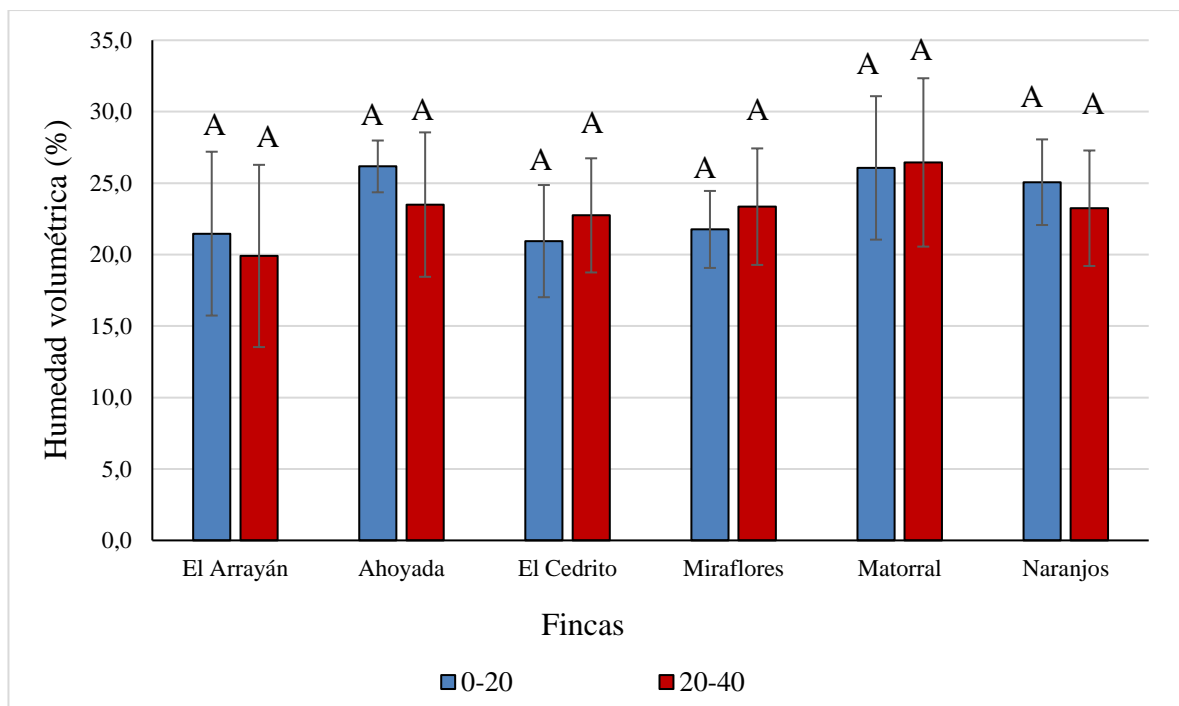


Figura 3. Comparación del porcentaje de humedad volumétrica entre profundidades para cada una de las fincas.

Las columnas representan los valores promedios para el porcentaje de humedad volumétrica del suelo y las barras representan la desviación estándar. Letras mayúsculas iguales indican que no hubo diferencias ($p < 0,05$) en la humedad volumétrica entre profundidades para cada finca. Fuente: Los autores.

Los porcentajes de humedad gravimétrica medido en el laboratorio fueron relativamente similares a la humedad volumétrica medida en campo y oscilaron entre 20 y 40 %. La mayor humedad gravimétrica se observó en la finca Ahoyada en ambas profundidades del suelo evaluadas, mientras que las fincas El Arrayán, El Cedrito y Miraflores presentaron valores de humedad más bajos. Entre profundidades no se observaron diferencias estadísticas ($p > 0,05$) (Figura 4).

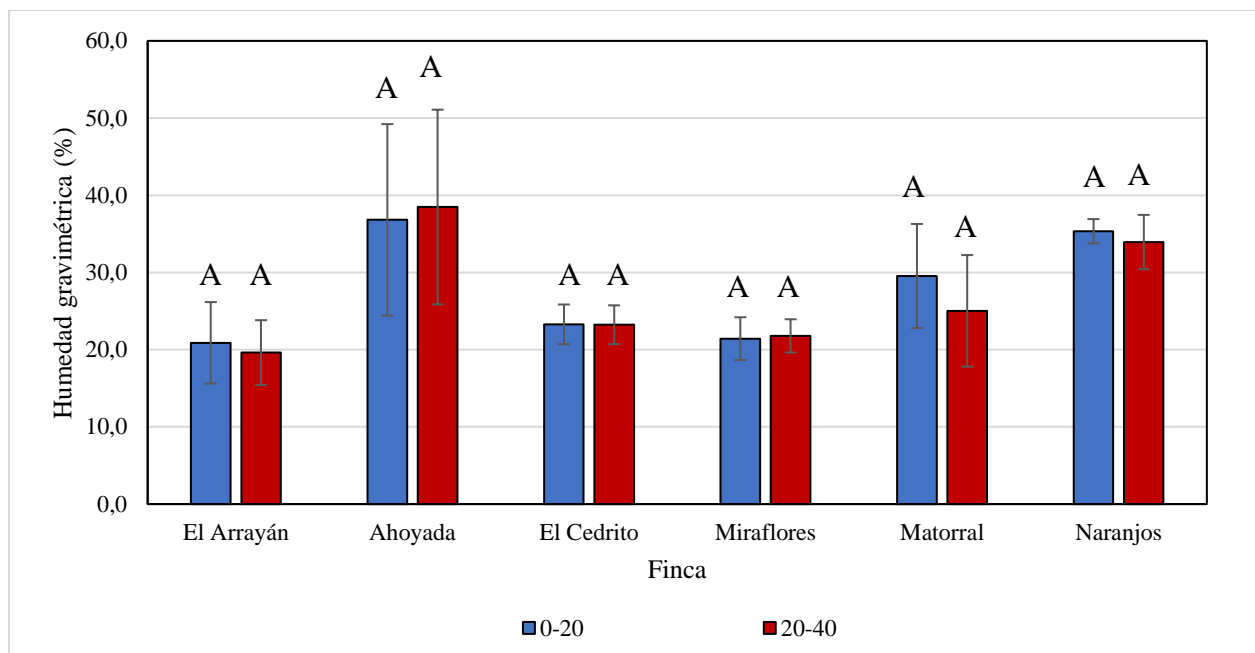


Figura 4. Comparación del porcentaje de humedad gravimétrica entre profundidades para cada una de las fincas.

Las columnas representan los valores promedios para el porcentaje de humedad gravimétrica del suelo y las barras representan la desviación estándar. Letras mayúsculas iguales indican que no hubo diferencias ($p < 0,05$) en la humedad gravimétrica entre profundidades para cada finca. Fuente: Los autores.

La humedad del suelo es un parámetro que depende de factores como la textura, la estructura, la porosidad, el contenido de materia orgánica y la profundidad del suelo, así como de las condiciones climáticas presentes al momento del muestreo. Al comparar los valores encontrados en este estudio con los esperados para suelos de textura franco-arenosa se puede ver que el porcentaje de humedad se ubica en niveles altos. Esto es explicado porque el muestreo de los suelos se llevó a cabo durante los meses de abril y mayo coincidiendo con los picos de mayor precipitación y por lo tanto, mayor humedad disponible en el suelo (<https://www.weather-atlas.com/es/colombia/pamplonita-clima>).

Por otro lado, las fincas El Cedrito, Miraflores, Matorral y Naranjos cuyos porcentajes de arena fueron más altos presentaron contenidos de humedad más bajos. A pesar de ello, la humedad encontrada en los suelos de las fincas estudiadas puede resultar óptima para el crecimiento de las

raíces de las plantas de mora uva aún en la época de mayor precipitación, ya que este cultivo no tolera exceso de humedad (Cardona y Bolaños-Benavides, 2019).

6.1.3 Densidad aparente del suelo

La densidad aparente de los suelos en las seis fincas evaluadas varió desde valores promedio muy bajos de $0,97 \text{ g/cm}^3$ para la finca Ahoyada hasta $1,43 \text{ g/cm}^3$ para los suelos de la finca Miraflores, a la profundidad de 0-20 cm. De 20-40 cm de profundidad se observó un ligero incremento de la densidad aparente en los suelos de las fincas El Arrayán, Miraflores, Matorral y Naranjos, sin embargo, no se observaron diferencias entre profundidades (Figura 5).

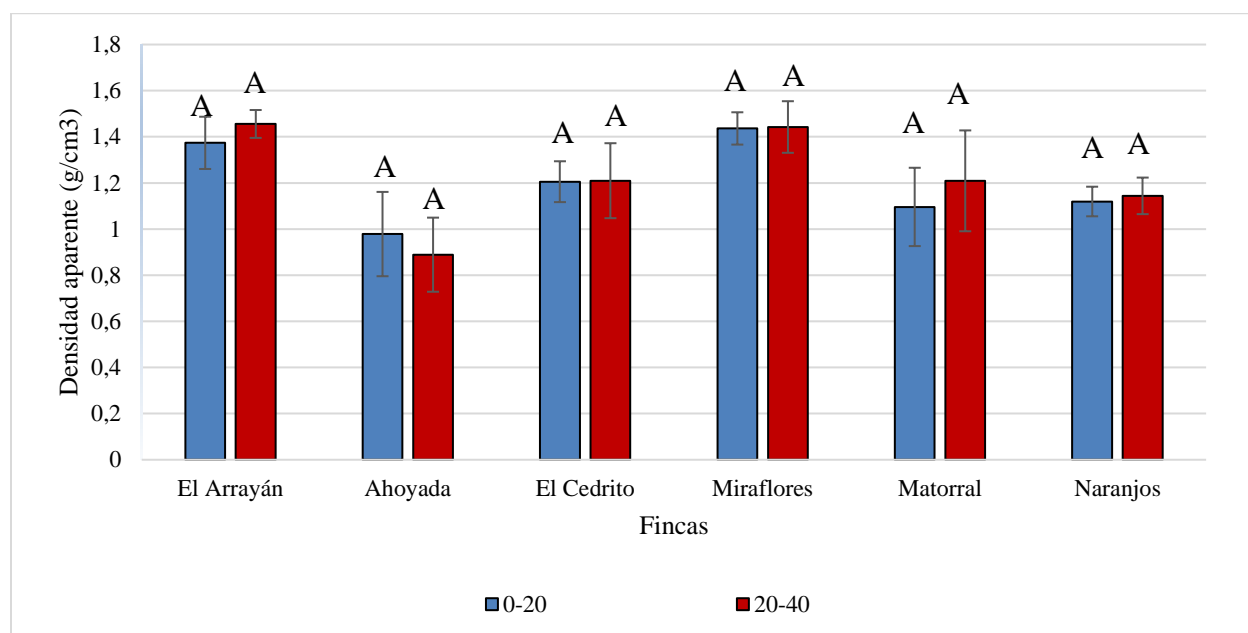


Figura 5. Comparación de la densidad aparente entre profundidades para cada una de las fincas. Las columnas representan los valores promedios para densidad aparente (g/cm^3) del suelo y las barras representan la desviación estándar. Letras mayúsculas iguales indican que no hubo diferencias ($p > 0,05$) en la densidad aparente entre profundidades para cada finca según la prueba de Tukey. Fuente: Los autores.

Al comparar la densidad aparente entre profundidades para cada finca no se encontró diferencias estadísticas ($p > 0,05$). Esto puede ser explicado por la uniformidad en la textura del

suelo entre esas dos profundidades. Valores de densidad aparente por debajo de 1 g/cm^3 como el encontrado en la finca la Ahoyada pueden considerarse bajos, mientras que para suelos franco-arenosos se consideran normales valores entre $1,40$ y $1,60 \text{ g/cm}^3$ (IGAC, 2016). En todas las fincas la densidad aparente estuvo por debajo de $1,5 \text{ g/cm}^3$ evidenciando que no tienen problemas de compactación.

6.1.4 Densidad real del suelo

La densidad real a la profundidad de $0\text{-}20 \text{ cm}$ varió entre $1,64 \text{ g/cm}^3$ y $2,48 \text{ g/cm}^3$ siendo las fincas Ahoyada, El Cedrito y Miraflores las que presentaron los valores más bajos. De 20 a 40 cm los valores oscilaron entre $1,64$ y $2,38 \text{ g/cm}^3$ observando un ligero incremento con la profundidad del suelo en las fincas El Cedrito, Miraflores y Naranjos. Al comparar entre profundidades no se encontraron diferencias para ninguna de las fincas (Figura 6).

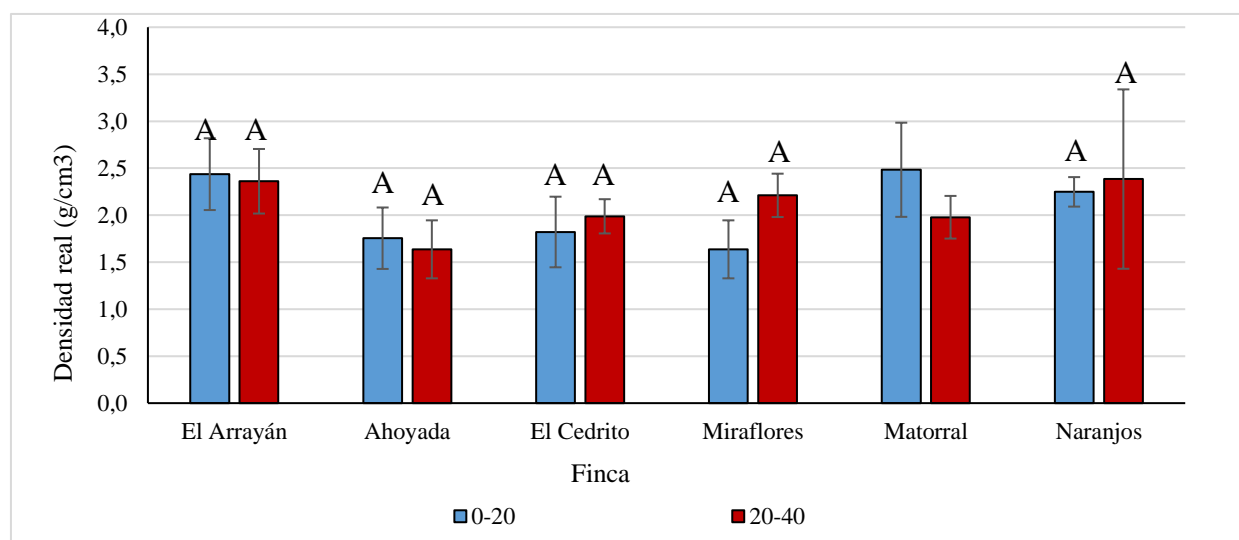


Figura 6. Comparación de la densidad real entre profundidades para cada una de las fincas. Las columnas representan los valores promedios para densidad real (g/cm^3) del suelo y las barras representan la desviación estándar. Letras mayúsculas iguales indican que no hubo diferencias ($p > 0,05$) en la densidad real entre profundidades para cada finca según la prueba de Tukey. Fuente: Los autores.

Como se mencionó anteriormente, la densidad real es un parámetro que no cambia con las condiciones de manejo pero si depende del tipo de material parental y la composición granulométrica y orgánica de los suelos. La mayor parte de los componentes del suelo (aluminosilicatos, sílice) poseen una densidad real oscilante entre 2,6 y 2,7 g/cm³, por lo que se toma un valor medio de 2,65 g/cm³. Este valor será apropiado para un suelo cuya composición mineralógica esté equitativamente distribuida entre los filo y tectosilicatos, como podría ser entre cuarzo, ortoclasa, plagioclasa, montmorillonita y caolinita. En un suelo cuya mineralogía esté dominada por óxidos de hierro se presentará una densidad real muy por encima del valor promedio anotado anteriormente. De otro lado, los valores por debajo del promedio pueden indicar la presencia de altos contenidos de materia orgánica y/o de aluminosilicatos no cristalinos en el suelo (Jaramillo, 2002).

6.1.5 Porosidad

La porosidad estuvo entre 31,78 para los suelos de la finca El Cedrito y 54,20 % para la finca El Matorral a la profundidad de 0-20 cm. De 20-40 cm la porosidad total disminuyó ligeramente en las fincas El Arrayán, Miraflores, Matorral y Naranjos con valores que oscilaron entre los 34,36 y 47,17 %. No se observaron diferencias estadísticas en la porosidad entre profundidades (Figura 7).

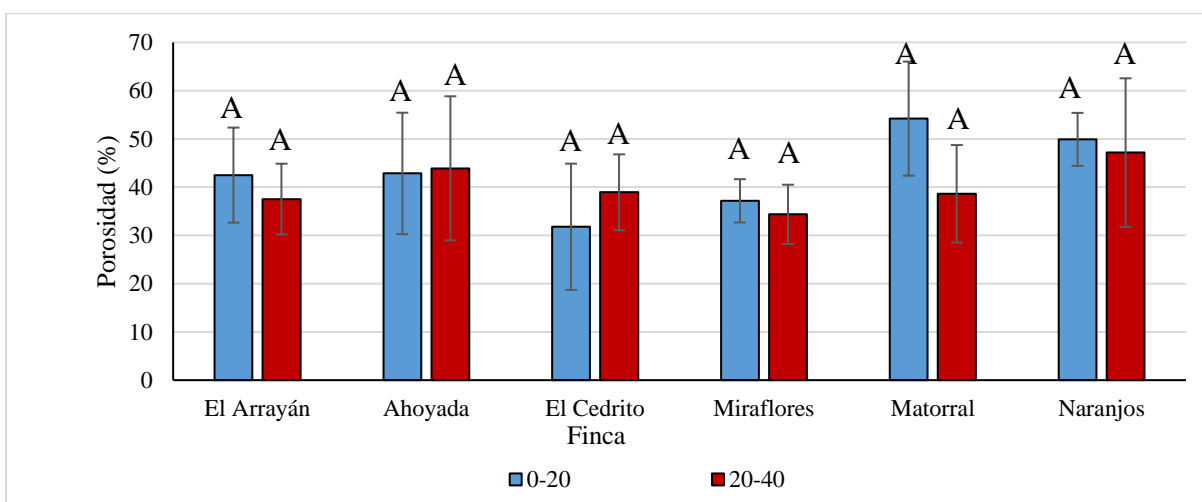


Figura 7. Comparación del porcentaje de porosidad total de los suelos entre profundidades para cada una de las fincas.

Las columnas representan los valores promedios para la porosidad total de los suelos (%) y las barras representan la desviación estándar. Letras mayúsculas iguales indican que no hubo diferencias ($p>0,05$) en la porosidad total entre profundidades para cada finca según la prueba de Tukey. Fuente: Los autores.

La porosidad juega un papel importante en la penetración de las raíces al suelo, así como en la aireación y drenaje del suelo. Con los datos obtenidos se pudo determinar que los suelos de 0-20 cm de las fincas Arrayán, Ahoyada, El Cedrito y Miraflores tienen menor porosidad que el resto de las fincas. Al comparar los valores de porosidad encontrados en este estudio con los valores de referencia presentados en la tabla 3, se puede interpretar que se encuentra en un nivel bajo (31-45 %). Si se toma en cuenta la clase textural y la densidad aparente de los suelos se esperarían valores entre 40 a 47 % para suelos franco-arenosos tal como se presentó en la tabla 4. En este sentido, las fincas El Cedrito y Miraflores presentaron valores por debajo de 40 % indicando cierta restricción para la aireación de los suelos.

6.1.6 Resistencia a la penetración mecánica del suelo

La resistencia mecánica a la penetración fue baja en los suelos de la finca Miraflores a la profundidad de 0-20 cm ($1,47 \text{ kg/cm}^2$) en comparación con el resto de las fincas. La finca El Cedrito presentó los valores más altos tanto de 0-20 cm y 20-40 cm de profundidad. En ambas fincas se encontró un aumento de los valores con aumento de la profundidad del suelo (Figura 8). Al comparar entre profundidades no se observaron diferencias ($p>0,05$).

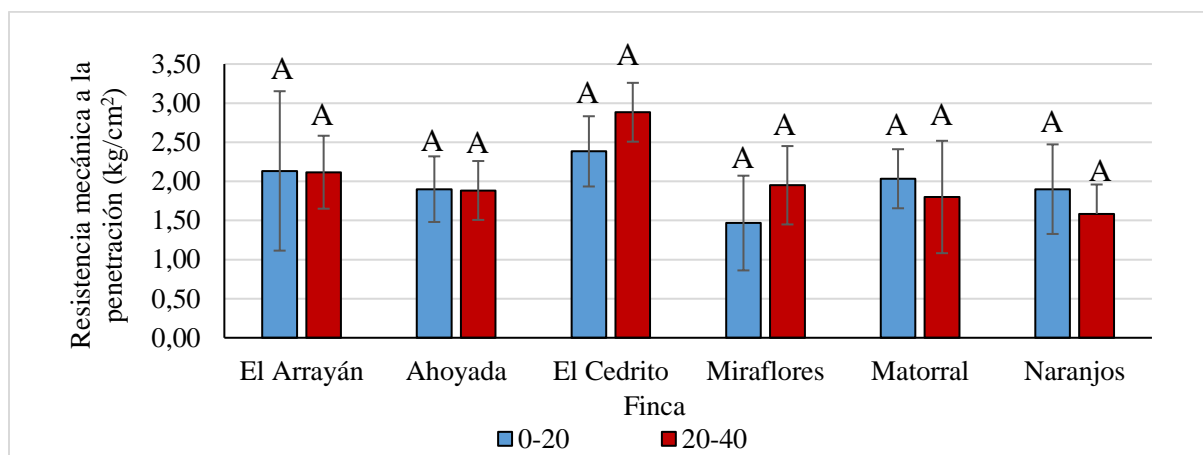


Figura 8. Comparación de la resistencia mecánica a la penetración (kg/cm^2) entre profundidades para cada una de las fincas.

Las columnas representan los valores promedios para la resistencia mecánica a la penetración (kg/cm^2) y las barras representan la desviación estándar. Letras mayúsculas iguales indican que no hubo diferencias ($p > 0,05$) en la resistencia mecánica a la penetración (kg/cm^2) entre profundidades para cada finca según la prueba de Tukey. Fuente: Los autores.

La resistencia mecánica a la penetración es un parámetro que permite evaluar el nivel de compactación de un suelo y el crecimiento radicular así como la cantidad de aire y agua disponible en el suelo (Herrick y Jones, 2002; Lampurlanés y Cantero-Martínez, 2003). Valores mayores a 1,5 Mpa bajo condiciones de humedad a capacidad de campo pueden provocar reducciones en el desarrollo, elongación y penetración de las raíces en el suelo. El estudio de esta propiedad física tiene un papel preponderante en la caracterización de su productividad.

Valores por encima de 2 Megapascal (Mpa) pueden resultar limitantes para el desarrollo de las raíces, así como la infiltración de agua y aireación (Zerpa et al., 2013). En este estudio las mediciones de resistencia mecánica a la penetración se expresaron en kg/cm^2 , sin embargo, al transformar tales valores a Mpa, esto no superaron los 1,5 MPa, indicando que los suelos no presentan riesgo a la compactación. Este resultado se corresponde también con los bajos valores de densidad aparente encontrados en los suelos.

No obstante, hay que tener especial cuidado en el manejo de los suelos de la finca El Arrayán ya que se observaron valores más altos en ambas profundidades aunque no alcanza los límites máximos.

6.2 Propiedades químicas de los suelos

6.2.1. pH

El pH de los suelos en las diferentes fincas estudiadas osciló entre 4,64 y 6,34. Al comparar el pH de los suelos entre profundidades no se encontraron diferencias estadísticas ($p > 0,05$), sin embargo, se observó una ligera disminución del pH de los suelos con la disminución de la profundidad en la mayoría de las fincas con excepción de la finca Miraflores (Figura 9).

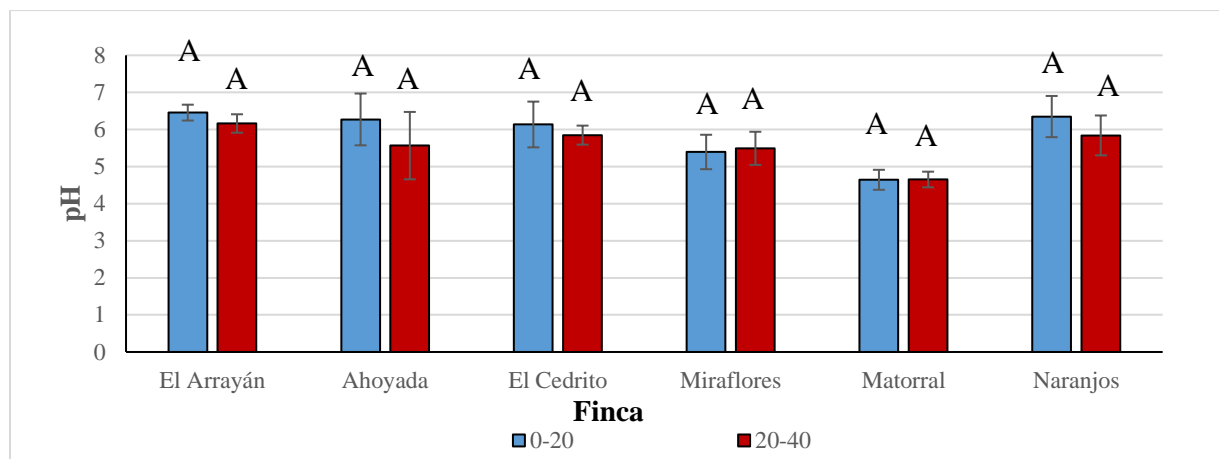


Figura 9. Comparación del pH de los suelos entre profundidades para cada una de las fincas. Las columnas representan los valores promedios para el pH de los suelos y las barras representan la desviación estándar. Letras mayúsculas iguales indican que no hubo diferencias ($p > 0,05$) en el pH de los suelos entre profundidades para cada finca según la prueba de Tukey. Fuente: Los autores.

De acuerdo con la clasificación del pH de los suelos presentada en la tabla 8, los suelos de la finca Matorral se categorizan como muy fuertemente ácidos, mientras que en la finca Miraflores los suelos son considerados fuertemente ácidos. Por su parte, los suelos del resto de las fincas entran en la categoría de ligeramente ácidos. Es común encontrar bajos valores de pH en estas zonas debido a que las altas precipitaciones conducen al lavado de las bases, a su vez, la descomposición de la materia orgánica produce la liberación de iones H^+ que contribuyen a producir acidez en los suelos (Osorio, 2012; IGAC, 2016).

Se ha encontrado que el cultivo de la mora en forma general se adapta bien a suelos ácidos con valores de pH entre 5,2 y 6,7 con un óptimo de 5,7 (Morales y Villegas, 2012). En tal sentido, con excepción de la finca Matorral, los suelos estudiados en los que crece el cultivo de uva mora en la vereda Batagá del municipio Pamplonita no presentan restricciones importantes para el desarrollo de las plantas.

En el caso de la finca Matorral valores muy bajos pudieran ser un riesgo especialmente porque a esos valores empieza a hacer presente aluminio intercambiable en niveles tóxicos para el cultivo (Jaramillo, 2002; Osorio, 2012).

6.2.2 Conductividad eléctrica

Según los datos obtenidos los valores promedio para la conductividad eléctrica estuvieron por debajo de los 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (2 dS/m) por que el riesgo de salinidad en estos suelos es muy bajo (Figura 10).

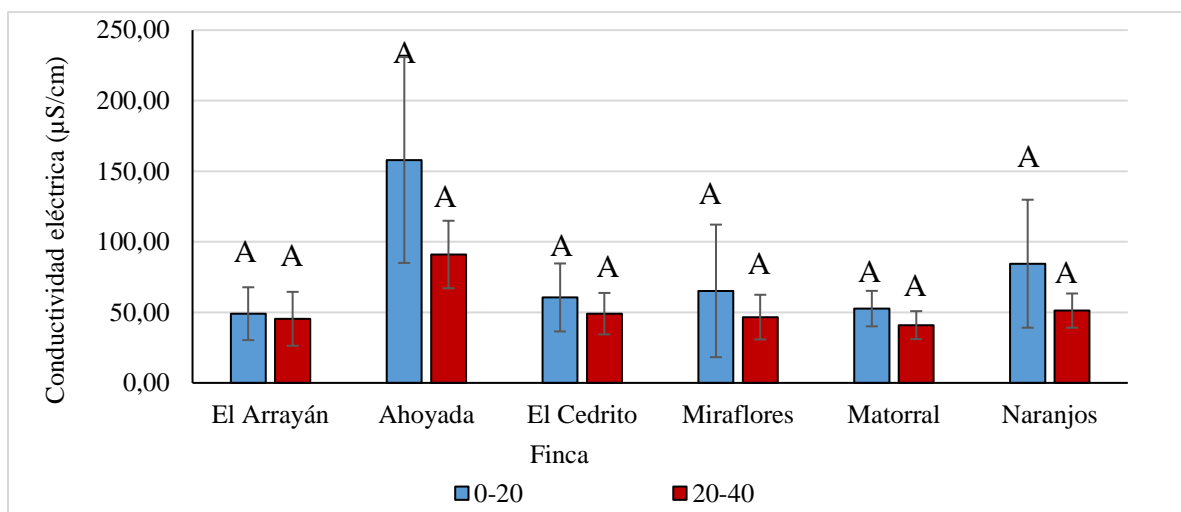


Figura 10. Comparación de la conductividad eléctrica de los suelos entre profundidades para cada una de las fincas.

Las columnas representan los valores promedios para la conductividad eléctrica de los suelos y las barras representan la desviación estándar. Letras mayúsculas iguales indican que no hubo diferencias ($p > 0,05$) en la conductividad eléctrica de los suelos entre profundidades para cada finca según la prueba de Tukey. Fuente: Los autores.

6.2.3 Materia orgánica

El contenido en materia orgánica de las fincas Ahoyada y Naranjo fue mayor de 10 % mientras que en las fincas el Arrayán, el Cedrito, Miraflores y Matorral el porcentaje de materia orgánica fue menor de 10 %. Entre profundidades no se observaron diferencias estadísticas ($p > 0,05$) (Figura 11).

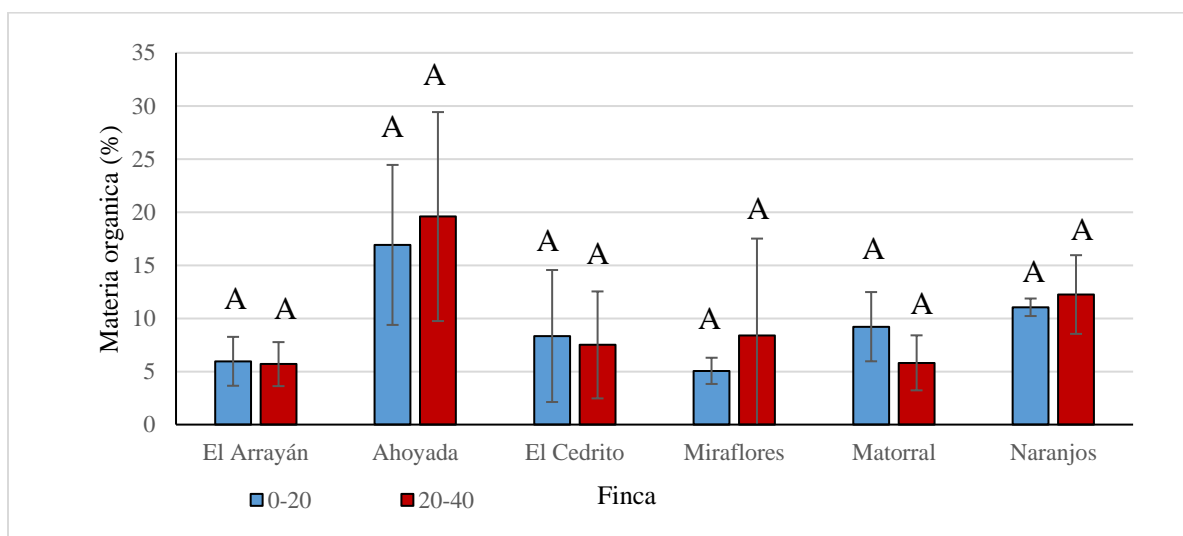


Figura 11. Comparación de la materia orgánica de los suelos entre profundidades para cada una de las fincas.

Las columnas representan los valores promedios para la materia orgánica de los suelos y las barras representan la desviación estándar. Letras mayúsculas iguales indican que no hubo diferencias ($p > 0,05$) en la materia orgánica de los suelos entre profundidades para cada finca según la prueba de Tukey. Fuente: Los autores.

Las fincas en las que se llevó a cabo el estudio se ubican entre los 1965 y 2140 msnm. De acuerdo con los valores de referencia presentados en la tabla 9, para alturas entre los 1000 y 2000 msnm porcentajes de materia orgánica entre 5-10 se consideran altos y por encima de 10 % muy altos. En zonas como estas donde las temperaturas oscilan entre los 18 y 24 °C los procesos de descomposición de la materia orgánica suelen ser más lentos por lo que tiende a acumularse en el suelo (Osorio, 2012; Cotrufo y Lavallee, 2022).

Aunque no se hizo un análisis de correlación entre la textura del suelo y la materia orgánica si es importante destacar que en los suelos de la finca Ahoyada se encontró un mayor porcentaje de arcilla lo que explicaría un porcentaje de materia orgánica en los suelos en ambas profundidades, especialmente por la capacidad que tienen estas partículas minerales de proteger a la materia orgánica de los procesos de descomposición (Jaramillo, 2002). En las fincas con suelos más arenosos los porcentajes de materia orgánica fueron más bajos así como la humedad del suelo.

De igual forma, la finca Ahoyada fue la que presentó valores de humedad más altos y densidad aparente más bajos, en tanto que la porosidad y la resistencia a la penetración fue ligeramente menor al resto de las fincas.

Otros estudios han reportado resultados similares a los aquí encontrados. Por ejemplo, Salamanca y Sadeghian (2005) encontraron en suelos de la zona cafetera colombiana que a medida que aumentan los contenidos de materia orgánica mejora la retención de humedad del suelo y disminuyen los valores de resistencia a la penetración y de densidad. La interacción de estas tres propiedades es la que mayor implicación tiene sobre las condiciones que determinan la disponibilidad de agua y aire, el área a ser explorada por las raíces y el crecimiento de las plantas.

Es importante también mencionar que de acuerdo con lo que señalan Cardona y Bolaños-Benavide, (2019) y Morales y Villegas (2012) el cultivo de mora requiere un alto contenido de materia orgánica que le permita tener un adecuado almacenamiento de agua y mayor grado de fertilidad.

6.3 Factores de suelos limitantes para el cultivo de uva mora

Al analizar cada una de las variables de suelos evaluadas en este estudio se encontró que la textura de los suelos en los que crece la mora uva es franco-arenoso y arenoso-franco. La textura ideal para el adecuado desarrollo del cultivo es franca, puesto que facilita una mejor penetración y desarrollo del sistema radical del cultivo. En este sentido, suelos muy arenosos como los encontrados en la vereda Batagá pueden tener problemas para la retención de humedad especialmente en los períodos del año de menor precipitación.

Las fincas que presentaron suelos con mayores porcentajes de arena presentaron menor porcentaje de humedad en el suelo y dada la menor humedad también se observó un ligero incremento en la resistencia mecánica a la penetración pero sin sobrepasar los límites considerados limitantes para el desarrollo de las raíces del cultivo. Sin embargo, para el período evaluado no se observó déficit de humedad en los suelos debido a que el muestreo coincidió con el período más húmedo del año.

Los valores de porosidad encontrados en este estudio estuvieron en un nivel bajo (menor de 40 %) ya que para suelos franco-arenosos la porosidad debería estar entre 40 a 47 % (promedio

43 %). En este sentido, las fincas El Cedrito y Miraflores presentaron bajos porcentajes de porosidad lo que se traduce en una restricción desde el punto de vista de la aireación de los suelos.

Dentro de las variables químicas evaluadas el factor más limitante fue el pH muy fuertemente ácido encontrado en los suelos de la finca Matorral y fuertemente ácido de la finca Miraflores. Aunque el cultivo de mora puede tolerar pH entre 5,2 y 6,7 con un óptimo de 5,7, a estos niveles pueden ocurrir una disminución de la actividad biológica de los suelos, y en consecuencia una disminución del aporte nutrientes al suelo a través de la descomposición de la materia orgánica del suelo. De igual forma, las bacterias son particularmente sensibles a los pH ácidos por lo tanto, es posible encontrar deficiencias de nitrógeno en los suelos debido a que se limita la actividad de las bacterias fijadoras de nitrógeno

Los contenidos en materia orgánica de los suelos no representan en estos momentos una limitación debido a que se encuentran en niveles altos, sin embargo, hay que monitorear la evolución de la materia orgánica y asegurar un adecuado suministro de esta a través de prácticas como la fertilización orgánica (Morales & Villegas, 2012).

Desde el punto de vista de la altitud, el cultivo en la vereda Batagá se encuentra creciendo en los límites establecidos. En relación con la pendiente se encontraron valores desde 9 % hasta 30 % lo cual hace necesario que se establezcan prácticas adecuadas de conservación del suelo para evitar o mitigar los efectos de la erosión hídrica

7. Conclusiones

- Desde el punto de vista de las propiedades físicas evaluadas se encontró que las principales limitaciones de los suelos para el cultivo de mora uva están dadas por la textura muy arenosa (> 60 % de porcentaje de arena) prácticamente en la mayoría de las fincas, lo que repercute en una menor retención de humedad. Otra limitante encontrada fue la baja porosidad en las fincas El Cedrito y Miraflores lo que pudiera conducir a futuros problemas de compactación de esos suelos.
- De las variables químicas evaluadas, el pH fue el factor más limitante de las fincas el Matorral donde este resultó ser muy fuertemente y de la finca Miraflores con suelos fuertemente ácidos. La materia orgánica fue alta en todas las fincas, sin embargo, la finca Ahoyada se destacó más que el resto y ese resultado probablemente se asocie con el mayor porcentaje de arcilla encontrado en los suelos en comparación con el resto de las fincas.

8. Recomendaciones

- Incorporar abonos orgánicos especialmente en estos suelos franco-arenosos y arenosos-franco ya que permiten una liberación de nutrientes de forma lenta y aumentará la capacidad de almacenamiento de agua, mejor agregación, promoverá la actividad biológica, la disponibilidad de nutrientes y rendimientos en el cultivo de mora uva *Rubus robustus* C. Presl, permitiendo así mejorar de tal forma las propiedades fisicoquímicas del suelo de estas fincas en la vereda Batagá, del municipio de Pamplonita Norte de Santander.
- Para el control de la acidez se recomienda la aplicación de materiales básicos (enmiendas calcáreas) como una solución más acertada, técnica y económica con el fin de corregir algún problema de aluminio intercambiable previo análisis de suelos.
- Se les recomienda a los productores realizar análisis de suelos antes de la siembra del cultivo y de forma periódica para corregir los problemas de acidez y fertilidad que se presenten.
- Dada la susceptibilidad de estos suelos a erosionarse por la alta pendiente y las altas precipitaciones se recomienda mantener una cobertura sobre el suelo para evitar problemas de erosión de pérdidas de nutrientes.

9. Referencias Bibliográficas

- Blake, G.R. and K.H. Hartge. 1986a. Bulk density. En: KLUTE, A. (ed.). Methods of soil analysis, part 1: Physical and mineralogical methods. SSSA Book Series: 5. Madison, Wisconsin USA. pp. 363-375.
- Bohórquez, C. (1998). *COMPORTAMIENTO CLIMÁTICO DE LA RUTA DEL DURAZNO Y EL AGUA*. Durazno y el Agua. Recuperado el 16 de febrero del 2022, de [Ruta del durazno y el agua - Unipamplona - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL](#)
- Buckman, H. O. y Brady N.C. (1977). Naturaleza y propiedades de los suelos. Ed. Montaner y Simón, S.A. Barcelona.
- Casaca, Á. D. (2015). Infoagro. Recuperado el 16 de 10 de 2016, de Banco Interamericano de Desarrollo. PROMOSTA. DICTA. Recuperado de: http://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_mora__parte_i_.asp
- Cancio, O., Sánchez, L., Quevedo, E., Y Diaz, C (8 de noviembre del 2011). Caracterización Fenotípica de acciones de especies de Rubus L. De los municipios de Pamplona y Chitaga, región Nororiental de Colombia. Recuperado el 16 de febrero del 2022, de www.javeriana.edu.co/universitas_scientiarum.
- Cardona, W. A., y Bolaños-Benavides, M. M. (2019). Manual de nutrición del cultivo de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) bajo un esquema de buenas prácticas en fertilización integrada. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (agrosavia).
- Catalán, G. (8 de noviembre del 2016). *El pH del suelo en la agricultura*. AGROPAL. Nutrición y Salud Vegetal. Recuperado el 19 de febrero del 2022, de [El pH del suelo en la agricultura – Agropal](#).
- Consumer, (2009). *Mora*. Guía de prácticas de frutas. Recuperado el 18 de febrero del 2022, de [mora propiedades frutas | CONSUMER EROSKI](#)
- Cotrufo, F. y Lavalley, J. M. (2022). Soil organic matter formation, persistence, and functioning: A synthesis of current understanding to inform its conservation and regeneration. Chapter One. Editor(s): Donald L. Sparks, *Advances in Agronomy*, Academic Press, Volume 172: 1-66. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2021.11.002>.

- David, M.B. 1988. Use of loss-on-ignition to assess soil organic carbon in forest soils. *Communications in Soil Science & Plant Analysis* 19:1593-1599
- Da Silva, H. 1979. *Trabajos Prácticos de Edafología y su fundamentación teórica*. Univ. Nac. Catamarca.
- Espinosa, N. (2011). *EVALUACIÓN MORFOAGRONÓMICA Y CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE LA COLECCIÓN DE MORA DE CORPOICA Y MATERIALES DEL AGRICULTOR*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá-Colombia. Recuperado el 18 de febrero del 2022, de [nataliaespinosabayer.2011.pdf \(unal.edu.co\)](#).
- Estrada, J. y Franco, G. (2020). *Tecnología para el cultivo de la mora (Rubus glaucus Benth.)*. AGROSAVIA. Mosquera, Colombia. Recuperado el 16 de febrero del 2022, de [Franco y Bernal. Tecnología para el cultivo de la mora \(Rubus glaucus\).pdf](#).
- ETECE, (2021). *Materia orgánica*. Concepto. Argentina. Recuperado el 19 de febrero del 2022, de [Materia Orgánica - Concepto, tipos, características y ejemplos](#)
- FAO, (2022). *propiedades Físicas del Suelo*. Organización De Las Naciones Unidad Para La Alimentación Y La Agricultura. Recuperado el 19 de febrero del 2022, de [Propiedades Físicas | Portal de Suelos de la FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura](#).
- Franco, G., & Giraldo, M. J. (2002). *El cultivo de la mora*. Manizales, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Frers, C. (11 de diciembre del 2011). *La contaminación de los suelos*. ECOPORTAL. Recuperado el 18 de febrero del 2022, de [La contaminación de los suelos - EcoPortal.net](#)
- Gardner, W.H. 1986. Water content. In: Klute. A. (Ed.); "Methods of soil analysis: part I-Physical and mineralogical methods". *Agronomy*. Second edition, number 9; American Society of Agronomy and Soil Science Society of America; Wisconsin; United States of America. Pp 493-544.
- Garzón, T., Y. (2019). *CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA, FENOLÓGICA Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MORA UVA (Rubus robustus C. Presl) EN EL MUNICIPIO DE GRANADA (CUNDINAMARCA)*. Recuperado el 28 de febrero del 2022, de *caracterización agronómica, fenológica y rendimiento del cultivo de mora uva (Rubus robustus C. Presl) en el municipio de Granada (Cundinamarca)*.

- Graciela, M. (2021). *Propiedades Físicas Del Suelo*. cámara de Agricultura. Quito-Ecuador. Recuperado el 18 de febrero del 2022, de [Propiedades físicas del suelo \(agroecuador.org\)](http://agroecuador.org)
- Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. Particle-size Analysis. In: Klute. A. (Ed.); “Methods of soil analysis: part I-Physical and mineralogical methods”. Agronomy. Second edition, number 9; American Society of Agronomy and Soil Science Society of America; Wisconsin; United States of America. pp 383-412.
- Hincapié, J., Velásquez, J., & Álvarez, H. (2021). *Propiedades fisicoquímicas como base para la caracterización de los suelos, cultivados en mora (Rubus Glaucus, Benth) en el departamento de Risaralda, Colombia*. V.4, N 4. N° de páginas 1-20. Recuperado el 18 de febrero del 2022, de [Propiedades fisicoquímicas como base para la caracterización de suelos, cultivados en mora \(Rubus glaucus, Benth\) en el departamento de Risaralda, Colombia / Physico-chemical properties as a basis characterization of soils farming at blackberry crop \(Rubus glaucus, Benth\) in Risaralda department, Colombia | Cardona | Brazilian Journal of Animal and Environmental Research \(brazilianjournals.com\)](http://brazilianjournals.com).
- Herrick, J.E., Jones, T.L. (2002). A dynamic cone penetrometer for measuring soil penetration on resistance. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66, 1320–1324.
- Lampurlanés, J., Cantero-Martínez, C. (2003). Soil bulk density and penetration on resistance under different tillage and crop management systems and their relationship with barley root growth. *Agron. J.* 95, 526–536.
- IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) (2012). Estudio general de suelos y zonificación física de tierras del departamento Norte de Santander. In Bogotá: Imprenta Nacional. <https://www.igac.gov.co/es/catalogo/estudio-general-de-suelos-y-zonificacion-de-tierras-de-norte-de-santander>
- IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) (2016). Suelos y Tierra de Colombia. Tomos 1 y 2. Bogotá: Imprenta Nacional.
- INTAGRI. 2017. Propiedades Físicas del Suelo y el Crecimiento de las Plantas. Serie Suelos. Núm. 29. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p. Extraído de <https://www.intagri.com/articulos/suelos/propiedades-fisicas-del-suelo-y-el-crecimiento-de-las-plantas>

- Jaramillo, D. (2002). Introducción a la Ciencia del Suelo. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias, Medellín. 619 p.
<http://www.bdigital.unal.edu.co/2242/1/70060838.2002.pdf>
- McLean, E.O. 1982. Soil pH and Lime Requirement. En: Page, A. L., Miller, R. H. y Keeney, D. R. (Eds.); "Methods of soil analysis: part II-Chemical and microbiological properties". Agronomy monograph number 9; American Society of Agronomy and Soil Science Society of America; Wisconsin; United States of America. Pp. 199-224.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (marzo de 2021). *Cadena Productiva de la Mora*. Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales. Recuperado el 18 de febrero del 2022, de [Presentación de PowerPoint \(minagricultura.gov.co\)](http://minagricultura.gov.co).
- Ministro de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, (20 de septiembre del 2007). *DECRETO 3600 DE 2007*. Recuperado el 19 de febrero del 2022, de [Decreto 3600 de 2007 - Gestor Normativo - Función Pública \(funcionpublica.gov.co\)](http://funcionpublica.gov.co)
- Morales, C. S. y Villegas, B. (2012). Mora (*Rubus glaucus* B.). En G. Fischer (Ed.) Manual para el cultivo de frutales en el trópico (pp. 728-754). Bogotá Colombia: Produmedios.
- Osorio, N.W. (2012). Como interpretar los resultados del análisis de fertilidad del suelo. Boletín del Manejo Integral del Suelo y la Nutrición Vegetal, Vol. 1 No. 6.
- Pinot, R. H. (2000). Manual de Edafología. Ed. Computec. Chile. Zérega, L. (1995). *Metodología para caracterizar preliminarmente a un suelo en campo*. En: FONAIAP Divulga No. 47. Recuperado el 16 de febrero del 2022, de [Metodología para caracterizar preliminarmente a un suelo en campo \(slideshare.net\)](http://slideshare.net)
- Zuloeta, S. (2017). *Efectos de la temperatura en la calidad fisicoquímica de los frutos de zarzamora (Rubus robustus C. Presl)*. Universidad Nacional De Cajamarca. Perú. Recuperado el 18 de febrero del 2022, de [Efecto de la temperatura en la calidad fisicoquímica de los frutos de zarzamora \(Rubus robustus C. Presl\)](http://funcionpublica.gov.co)
- Francisco Delgado O -2012-. Manejo Orgánico del cultivo de Mora. Recuperado de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3074/1/mag129.pdf> el 28 de 04 del 2022.
- Reyes, Reynerio, Mesa, Michel, González, Pedro J. , Hernández, Alberto , Bernal, Andy , Rodríguez, Osmel 2015. Características de los suelos y sus factores limitantes de la región de murgas, provincia la habana. Cultivos Tropicales [en línea]., 36(2), 30-40[fecha de

Consulta 1 de junio de 2022]. ISSN. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193239249005>

Salamanca J., A. y Sadeghian K.H., S. (2005). La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera colombiana. *Cenicafé* 56(4):381-397.

Westman, C., Hytönen, J., Wall, A., 2006. Loss-on-ignition in the determination of pools of organic carbon in soils of forests and afforested arable fields. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 37, 1059-1075. DOI: 10.1080/00103620600586292

Zerpa, G., Sosa, O., Berardi, J., Bolatti, J.P., Galindo, A y Maldonado, J. (2013). La resistencia mecánica a la penetración en pasturas. *Agromensajes* 35: 64-68.