

I

**Determinación del estado fisicoquímico del suelo y su relación con el
rendimiento agronómico del cultivo de duraznero variedad Amarillo Jarillo en
tres parcelas de la Provincia de Pamplona**

Rolando Ramos Rincón

Jorge Luis Rocha Villarruel

**Universidad De Pamplona
Facultad De Ciencias Agrarias
Departamento De Agronomía
Ingeniería Agronómica
Pamplona**

2015

**Determinación del estado fisicoquímico del suelo y su relación con el
rendimiento agronómico del cultivo de duraznero variedad Amarillo Jarillo en
tres parcelas de la Provincia de Pamplona.**

Rolando Ramos Rincón Código. 1065642537

Jorge Luis Rocha Villarruel Código. 1094244113

**Proyecto presentado como requisito para optar al título de Ingeniero
Agrónomo**

Director: Enrique Quevedo García Ing. MSc.

Profesor asociado Universidad de Pamplona

**Universidad De Pamplona
Facultad De Ciencias Agrarias
Departamento De Agronomía
Ingeniería Agronómica.**

Pamplona

2015

Dedicatoria

Rolando; A mis padres Alfredo Ramos Valle y Doris María Rincón
quienes siempre me motivaron a seguir adelante,
por su empeño en mi formación profesional y
demás familiares por su acompañamiento en esta etapa.

Jorge; A Hilda Esther Villarruel Montenegro, mi madre.
Por el apoyo incondicional e invaluable, brindado durante el transcurso de esta etapa de mi vida.

A Víctor Raúl Rocha Garzón, mi padre.

Por inculcarme el amor por el estudio y la buena lectura.

A mi hermano, Raúl Rocha Villarruel.

Por ser mi mejor amigo y guía en los momentos de dificultades.

A mi novia, Ana Raquel Pérez Martínez.

Por esperarme tanto, por tu apoyo, por tu amor.

Este triunfo es para ustedes.

Agradecimientos

A Dios por habernos ayudado a llegar hasta acá, a nuestros padres por el apoyo incondicional que nos han dado, al profesor e Ingeniero Agrónomo MSc Enrique Quevedo García, por habernos brindado su confianza, guía y conocimientos para el desarrollo del presente trabajo, a las auxiliares del laboratorio de Control de Calidad de la Universidad de Pamplona, Yolanda Rico Lizcano y Sandra Milena Sandoval, por la ayuda y atención prestada en la realización de todos los análisis de suelo, a los señores William Flores y Carlos Portilla por su colaboración al permitirnos el ingreso a cada una de las parcelas para realizar el trabajo de campo.

Contenido

Capítulo 1

1. Introducción.....	1
2. Problema.....	3
2.1 Planteamiento y descripción del problema	3
3. Justificación	4
4. Objetivos.....	6
4.1 Objetivo general	6
4.2 Objetivos específicos	6

Capítulo 2

5. Marco de referencia	7
5.1 Antecedentes	7
6.2 Marco contextual.....	10
6.2.1 Departamento Norte de Santander	10
6.2.2 La provincia de Pamplona	11
6. Marco teórico.....	13
6.1 Importancia del duraznero en Norte de Santander.....	13
6.2 Variedad Jarillo	13
6.3 Propiedades físicas del suelo.....	14
6.3.1 Resistencia a la penetración.....	14
6.3.2 Densidad del suelo.....	14
6.3.3 Porosidad del suelo.....	15
6.3.4 Humedad del suelo	15
6.3.5 Temperatura del suelo	16

6.4 Propiedades químicas del suelo	17
6.4.1 Conductividad eléctrica	17
6.4.2 pH del suelo	17
6.4.3 Capacidad de intercambio Catiónico (C.I.C).....	18
6.4.4 Materia orgánica	18
6.5 Componentes de rendimiento.....	19
Capítulo 3	
7. Metodología.....	20
7.1 Procedimiento de la caracterización edafológica del suelo.....	22
7.1.1 Análisis físicos.....	22
7.1.2 Análisis químicos	28
7.2 Correlación de componentes edáficos con los de rendimientos agrícolas	34
Capítulo 4	
8. Resultados y discusiones	36
9. Recomendaciones	62
10. Conclusiones	61
11. Referencias bibliográficas	63
12. Anexos.....	67

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Resultados de estadísticos descriptivos de las variables</i>	36
Tabla 2. <i>Coefficiente de correlación de Pearson de las variables edáficas con las de rendimiento agronómico</i>	39

Lista de figuras

<i>Figura 1.</i> Ubicación de las parcelas en los municipios de la provincia de Pamplona	12
<i>Figura 2.</i> Representación de la toma de la submuestra en las parcelas	20
<i>Figura 3.</i> Recolección de submuestra.....	20
<i>Figura 4.</i> Secado de las muestras de suelo al aire.....	21
<i>Figura 5.</i> Secado del suelo en la mufla a 105°C.....	23
<i>Figura 6.</i> Determinación de la densidad aparente.....	24
<i>Figura 7.</i> Macerado de la muestra de suelo y llenado del picnómetro	25
<i>Figura 8.</i> Pesado del conjunto picnómetro-suelo.....	25
<i>Figura 9.</i> Secado de las muestras de suelo en mufla	26
<i>Figura 10.</i> Toma de la resistencia mecánica con el penetrometro de mano	27
<i>Figura 11.</i> Toma de la temperatura del suelo con el Multiparametro.....	28
<i>Figura 12.</i> Determinación del pH del suelo con el potenciómetro	29
<i>Figura 13.</i> Filtrado de la muestra con acetato de amonio a bomba de vacío.....	30
<i>Figura 14.</i> Titulación del filtrado.....	31
<i>Figura 15.</i> Muestras secadas en mufla de 105°C.....	32
<i>Figura 16.</i> Ignición de la materia orgánica en mufla de 500°C.....	32
<i>Figura 17.</i> Filtrado de la muestra con agua destilada	33
<i>Figura 18.</i> Determinación de la conductividad eléctrica	34
<i>Figura 19.</i> Resistencia mecánica en las fincas de Pamplona, Chitagá y Pamplonita usando la prueba de separación de medias de Tukey	46
<i>Figura 20.</i> Densidad aparente presente en la finca de Pamplona, Chitagá y Pamplonita usando la prueba de separación de medias de Tukey	47
<i>Figura 21.</i> Densidad real de las fincas de Pamplona, Chitagá y Pamplonita usando la prueba de separación de medias de Tukey.....	48

<i>Figura 22.</i> Porosidad del suelo en las fincas de Pamplona, Chitagá y Pamplonita usando la prueba de separación de medias de Tukey	49
<i>Figura 23.</i> Humedad del suelo seco en las fincas de Pamplona, Chitagá y Pamplonita usando la prueba de separación de medias de Tukey	50
<i>Figura 24.</i> Contenido de materia orgánica de la finca de Pamplona, Chitagá y Pamplonita usando la prueba de separación de medias de Tukey	52
<i>Figura 25.</i> pH de los suelos en las fincas de Pamplona, Chitagá y Pamplonita usando la prueba de separación de medias de Tukey	53
<i>Figura 26.</i> Temperatura del suelo en la finca de Pamplona, Chitagá y Pamplonita usando la prueba de separación de medias de Tukey	55
<i>Figura 27.</i> Capacidad de intercambio catiónico en la finca de Pamplona, Chitagá y Pamplonita usando la prueba de separación de medias de Tukey	56
<i>Figura 28.</i> Conductividad eléctrica en las fincas de Pamplona, Chitagá y Pamplonita usando la prueba de separación de medias de Tukey	57
<i>Figura 29.</i> Frecuencia de los niveles de radiación en las fincas de Pamplona, Chitagá y Pamplonita.....	58
<i>Figura 30.</i> Contenido de humedad del suelo en las fincas de Pamplona, Chitagá y Pamplonita .	59

Lista de anexos

Anexo 1. <i>Datos promedios de la densidad aparente usando la prueba de comparación múltiple de Tukey</i>	67
Anexo 2. <i>Datos promedios de la densidad real usando la prueba de comparación múltiple de Tukey</i>	67
Anexo 3. <i>Datos promedios de la porosidad del suelo usando la prueba de comparación múltiple de Tukey</i>	67
Anexo 4. <i>Datos promedios de la humedad Gravimétrica (%) usando la prueba de comparación múltiple de Tukey</i>	68
Anexo 5. <i>Datos promedios de la Contenido de materia orgánica (%) usando la prueba de comparación múltiple de Tukey</i>	68
Anexo 6. <i>Datos promedios del pH usando la prueba de comparación múltiple de Tukey</i>	68
Anexo 7. <i>Datos promedios del C.I.C usando la prueba de comparación múltiple de Tukey</i>	69
Anexo 8. <i>Datos promedios del conductividad eléctrica según la prueba de comparación múltiple de Tukey</i>	69
Anexo 9. <i>Frecuencias de la Humedad del suelo (%)</i>	69
Anexo 10. <i>Frecuencias de los niveles de intensidad de lux</i>	70
Anexo 11. <i>Pruebas de efectos inter-sujetos de las variables</i>	71
Anexo 12. <i>Pruebas de efectos inter-sujetos de las variables</i>	72
Anexo 13. <i>Pruebas de efectos inter-sujetos de las variables</i>	73
Anexo 14. <i>Pruebas de efectos inter-sujetos de las variables</i>	74

Resumen

Las variables físico-químicas y edafoclimáticas fueron evaluadas en suelos procedentes de tres lotes dedicados a la producción de durazneros variedad Jarillo de las fincas Las delicias, El Recuerdo y Buena Vista, ubicadas en los Municipios de Pamplona, Chitagá y Pamplonita respectivamente, pertenecientes a la Provincia de Pamplona, Norte de Santander. La determinación de las variables físico-químicas se realizaron a partir de muestras de suelos extraídas de cada uno de los lotes y realizados mediante los métodos idóneos para cada caso, en cuanto a las variables edafoclimáticas se determinaron en campo con la utilización de instrumentos de lectura inmediata. De acuerdo con el análisis estadístico realizado (correlación de Pearson bilateral) al conjunto de datos obtenidos durante la investigación, se obtuvo que las variables edáficas tienen bajo grado de correlación con las variables de rendimiento, estando a niveles inferiores a los 0,50; pero con niveles de significancia en el nivel de $p < 0.01$. En cuanto a la correlación entre las variables edáficas, sí mostraron un alto grado de dependencia a niveles superiores a los 0,50 y con grados de significancia a nivel de $p < 0.01$. Con respecto a la prueba de comparación múltiple de Tukey las medias observadas de cada una de las variables evaluadas mostraron diferencias significativas a un valor de $p < 0,05$ indicando que el origen de la muestra tiene influencia significativa en las variables de los suelos. Con los resultados obtenidos se puede inferir que los suelos donde se encuentran establecidos los durazneros poseen las condiciones aceptables para el desarrollo y producción del cultivo de durazno.

Capítulo 1

1. Introducción

Para que un cultivo exprese todo su potencial productivo determinado por sus características genéticas, requiere que las condiciones climáticas y edáficas sean óptimas, así como un buen manejo agronómico, ya que en las plantas ocurren diferentes procesos internos que se ven favorecidos o delimitados por el estado nutricional y físico en que se encuentre el suelo.

Actualmente se desconocen las condiciones reales de los suelos en los cuales se está llevando a cabo el establecimiento de cultivos de durazneros en la Provincia de Pamplona y la incidencia de las posibles transformaciones que pueden sufrir estos durante cada proceso productivo, por esto, nos interesamos en aportar información que permita conocer cómo se puede mejorar el rendimiento agronómico del duraznero.

La fertilidad del suelo se ha relacionado con la capacidad de suministro de nutrientes esenciales para los cultivos y niveles no tóxicos de ciertos elementos, así como con otras propiedades (pH, conductividad eléctrica, saturación de bases, capacidad de intercambio catiónico, entre otras) que restringen la expresión del rendimiento máximo del agrosistema (Lozano, Albano, Rodríguez, Lobo, Hernández, Saddy, Delgado, Caballero & Ronelly, 2013).

La investigación se realizó mediante el análisis fisicoquímico de muestras de suelos tomadas en lotes productores de durazno y las variables edafoclimáticas se tomaron in-situs, las cuales se relacionaron con variables de rendimiento agronómico.

La evaluación de la fertilidad integral del suelo es útil para determinar su potencial productivo, comprender los factores edáficos que pueden limitar dicho potencial y determinar el efecto de prácticas de manejo en la dinámica nutricional.

La investigación estaba enfocada en identificar la relación que tienen algunos factores edafoclimaticos con el rendimiento agronómico de los cultivos de durazneros que están establecidos en la Provincia de Pamplona.

2. Problema

2.1 Planteamiento y descripción del problema

El cultivo de durazno establecido en la Provincia de Pamplona, Norte de Santander, se está desarrollando en terrenos con pendientes mayores del 15%, lo que ha dificultado las labores de mecanización, motivo por el cual los suelos han conservado muchas de las características físicas y químicas. No obstante la implementación de ciertas labores agronómicas puede ocasionar un deterioro gradual del suelo con lo que se pueden ver afectados los rendimientos de los cultivos a largo o corto plazo dependiendo de las propiedades modificadas. Propiedades físicas de suelo como la densidades real, densidad aparente y porosidad, en conjunto con las propiedades químicas como la capacidad de intercambio catiónico y pH, deben permanecer en medidas óptimas para el correcto desarrollo físico y fisiológico de las plantas.

Teniendo en cuenta lo anterior, la poca información que se tiene sobre el estado actual del suelo en los que se están llevando a cabo el establecimiento de los cultivos, pueden ocasionar la implementación de labores agronómicas que aceleran la degradación del sustrato lo que pone en riesgo la perdurabilidad y sustentabilidad del cultivo de durazno en la región por los altos costos de producción que se pueden alcanzar al tratar de recuperar un suelo ya deteriorado.

3. Justificación

Analizando el sector duraznero se ha determinado que un buen número de los productores agrícola de la Provincia de Pamplona están dedicados casi que de forma exclusiva a la producción de durazno, categorizándolos como líderes por la producción y productividad de sus cultivos, haciendo de este cultivo un rubro importante en la economía campesina, ya que ha generado una estabilidad en la economía de los campesino productores y de quienes se han favorecido por la demanda de mano de obra que este cultivo exige en los diversos labores agrícolas que se desarrollan desde el establecimiento hasta la cosecha que representa un 5% del total del costo de producción (Peñaranda, 2012).

La recomendación de fertilización para cultivos y frutales, es una técnica difícil de precisar debido a que está afectada por las características intrínsecas del suelo y además por factores de manejo de suelo, del riego, de la planta y del clima. La fertilización no es una práctica muy cara, al considerarla como parte fundamental de la estructura de costo totales del cultivo o frutal. Sin embargo, recomendaciones inadecuadas en cuanto al tipo de fertilizante a usar no sólo puede ser negativo para la planta sino además, en el mediano y largo plazo puede afectar algunas características del suelo (Sierra, 2003).

Debido a que actualmente no se conoce las condiciones en las que se encuentran los suelos en los que están estableciendo los cultivos de durazneros en la provincia de Pamplona, es necesario realizar una caracterización de los mismos, para poder proporcionarles principalmente a los productores la información necesaria para escoger la mejor alternativa para el uso del suelo y así lograr una mejor eficiencia en la aplicación de enmiendas agrícolas, para incrementar la producción a un menor costo; teniéndose en cuenta que según Peñaranda, (2012) la fertilización representa el 24% en los costos de producción.

Por esta razón se busca fortalecer este rubro con proyectos de investigación, como el que se desarrolló, con estos resultados resaltar la importancia que tiene la identificación y comprensión de las propiedades físicas y químicas del suelo por parte de los productores, pues la interrelación que estas tienen afecta a las plantas a nivel radicular y se hacen visible en las partes aéreas y en la productividad.

4. Objetivos

4.1 Objetivo general

- Determinar el estado fisicoquímico del suelo y su relación con el rendimiento agronómico del cultivo de duraznero variedad Amarillo Jarillo en tres parcelas de la Provincia de Pamplona.

4.2 Objetivos específicos

- Estimar algunas de las variables físicoquímicas del suelo como la densidad real y aparente, porosidad, pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico, contenido de materia orgánica, resistencia mecánica, humedad del suelo seco, en tres parcelas durante un ciclo de producción y relacionarlas con los componentes de rendimientos.
- Evaluar la temperatura, humedad del suelo y la radiación solar que recibe este en la zona radical del árbol de duraznero y relacionarlas con los componentes de rendimientos primarios y secundarios.

Capítulo 2

5. Marco de referencia

5.1 Antecedentes

El trabajo de Lozano *et al*, (2013) sobre los cambios en la fertilidad de un suelo luego de 13 años bajo manejo con duraznero (*Prunus persica l. Batsch*). Con el objetivo de evaluar el efecto cambio de uso del suelo sobre su fertilidad integral, se tomaron muestras de suelo y tejido en una zona ubicada en el sector Cucurucho, municipio Tovar (Aragua), bajo dos tipos de utilización: condiciones naturales (NA) y bajo intervención con duraznero (IN). El muestreo se realizó en un diseño completamente aleatorizado con cuatro repeticiones para evaluar: propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y contenido nutricional en el cultivo de duraznero. Los resultados evidenciaron que el suelo evaluado presentó buenas condiciones físicas, debido a su textura gruesa y bajos valores de densidad aparente, porosidad total y cohesión en seco y que estas características no se vieron afectadas por el uso bajo duraznero. El suelo presentó condiciones de acidez y bajo contenido de nutrientes en NA, a pesar del alto contenido de materia orgánica. La intervención con duraznero (IN), mejoró los contenidos de algunos nutrientes, especialmente el fósforo y azufre, aunque la mayoría continuó en valores bajos. Las diferencias entre ambas condiciones se atribuyeron a fertilización (orgánica e inorgánica) por su efecto sobre el pH y aporte de nutrientes, y la aplicación de agroquímicos al cultivo. El estado nutricional del cultivo no siempre reflejó los niveles de los nutrientes en el suelo.

Otro trabajo realizado por Palomino, (2007) Se evaluó el efecto de la humedad sobre el potencial productivo del suelo y la compactación a 5 cm de profundidad en zonas de ladera bajo sistemas producción ganadero en tres fincas (Nogales, Refugio, Horizonte) en la Tulia, Bolívar, Valle. Se establecieron zonas homogéneas de humedad gravimétrica para el muestreo de suelos.

Se utilizó el diseño BCA, donde bloque = finca y tratamientos = rangos de humedad. Se estimó el índice de compactación –IC- (propiedades físicas) de fertilidad del suelo –IF- (propiedades químicas) y el potencial productivo del suelo –PPS- (propiedades estandarizadas). Se encontraron IF Alto (Nogales) y Moderado (Refugio y Horizonte) e IC Moderado en las tres fincas y PPS en el rango moderado ($90.21 < PPS \leq 102.2$) en su mayoría. No se encontraron diferencias significativas entre zonas de humedad para IC, IF y PPS. La correlación lineal múltiple entre estos parámetros indicó que aproximadamente los IC e IF influyeron en un 70 % sobre el PPS. Se concluyó que el PPS puede emplearse eficazmente para decidir estrategias de manejo y conservación de suelos que incidan favorablemente en la productividad como son la fertilización, riego y pastoreo rotacional.

Otro estudio realizado por Navarro, Figueroa, Sangerman & Osuna (2012), propiedades físicas y químicas del suelo bajo labranza de conservación y su relación con el rendimiento de tres cultivos, el manejo físico del suelo implica optimizar, en la zona de las raíces de las plantas, las propiedades físicas, tales como: estructura, porosidad, infiltración, retención de agua, entre otras; que son importantes para el manejo sustentable del recurso e identificación de indicadores físicos del suelo. Por ello, se evaluó un agroecosistema de haba-maíz-frijol en rotación con labranza de conservación, para conocer los indicadores físicos a través de las propiedades físicas y químicas del suelo que se relacionen con el rendimiento de los cultivos, en el Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Texcoco, Estado de México. Las propiedades de suelo medidas fueron resistencia mecánica, densidad aparente, materia orgánica, conductividad eléctrica, porosidad, distribución del tamaño de partículas, humedad aprovechable, saturada y residual, conductividad hidráulica saturada, infiltración acumulada, sorbilidad; asimismo, se evaluó el rendimiento de haba, maíz y frijol. Los datos se analizaron mediante análisis de regresión simple y múltiple. Los resultados mostraron que la materia orgánica y la conductividad hidráulica saturada, son los

indicadores físicos del suelo que definen el rendimiento de los tres cultivos bajo labranza de conservación.

Cerón & García (2009) realizaron un estudio exploratorio con el objetivo de comparar algunas propiedades químicas, físicas y biológicas de los suelos con cobertura en bosque de ladera (Bosque1), bosque en la vertiente del cauce de agua (Bosque2) y Pajonal, situados a similar altura, en la Reserva Natural Pueblo Viejo (Nariño). Se tomaron tres muestras de suelo por cada sitio, para un total de nueve muestras. Los datos, se procesaron mediante pruebas no paramétricas y Análisis de Componentes Principales. Se presentan diferencias estadísticas significativas entre Bosque2 y Pajonal, en calcio (C), nitrógeno (N), capacidad de intercambio catiónico (CIC) y aluminio (Al), densidad aparente y densidad de Mollusca y, entre Bosque1 y Pajonal, en manganeso (Mn) y cobre (Cu). El análisis multivariado diferencia tres grupos correspondientes a los tres sitios.

6.2 Marco contextual

6.2.1. Departamento Norte de Santander

El Departamento Norte de Santander es un territorio heterogéneo formado por seis subregiones entre las cuales está la provincia de Pamplona o región sur occidental con dos municipios Pamplona y Pamplonita como se muestra en la figura 1, posee variedad de pisos térmicos y tipos de suelos además de una gran diversidad de accidentes geográficos. Está situado entre los 6° 58' y 9° 18' de latitud norte y los 72° 03' y 73° 35' de longitud occidental del meridiano de Greenwich, se encuentra al nororiente del país y es atravesado por la cordillera oriental. Limita al Norte y este con la República Bolivariana de Venezuela, al sur con el Departamento de Boyacá y al oeste con los Departamentos de Santander y Cesar (Ministerio de agricultura y desarrollo rural, 2006).

El Departamento tiene 22309,55 km² distribuidas en seis subregiones que son: Norte; Tibu, Bucarasica, El Tarra y Sardinata; Oriental; Cúcuta, El Zulia, Los Patios, Puerto Santander, San Cayetano y Villa del Rosario; Occidental; Abrego, Cachira, Convención, El Carmen, Hacari, La Esperanza, La Playa, ,Ocaña, San Calixto y Teorema; Centro; Arboledas, Cucutilla, Gramalote, Lourdes, Salazar, Santiago y Villacaro; Sur Oriental; Bochálema, Chinácota, Durania, Herran; Ragonvalia, Labateca y Toledo y Sur Occidental o Provincia de Pamplona; Cacota, Chitagá, Mutiscua, Pamplona, Pamplonita y Silos que representan el 2.4 % de la superficie total del país y el 10.3 % de la Región Andina (MADR, 2006).

La posición geográfica del Departamento y la Provincia de Pamplona está ligada a la relación de Colombia con Venezuela, en el intercambio comercial y captación de recursos financieros entre estos dos países. Un papel destacadísimo ha desempeñado el Área Metropolitana de Cúcuta

y los municipios de Herrán y Puerto Santander. Esta proximidad con Venezuela le permite desarrollar cultivos frutícolas con posibilidades de comercialización en este país (MADR, 2006).

6.2.2 La Provincia de Pamplona

El estudio se realizó en la Provincia de Pamplona en el Departamento Norte de Santander Colombia, en los pisos térmicos templados (1000- 2000 msnm) y frío (2000 – 3000 msnm), en los Municipios de Pamplona, Chitagá y Pamplonita como se muestra en la figura 1. El estudio se delimita geográficamente en los Municipios de Pamplona, Chitagá y Pamplonita.

Pamplona 318 km² Norte: con Pamplonita y Cucutilla Sur con Cacota y Mutiscua Oriente con Labateca Occidente con Cucutilla. Sus coordenadas son 72° 39' de longitud al oeste de Greenwich y a 7° 23' de latitud norte.

Pamplonita 480 km² norte con Bochalema, Nororiente con Toledo, sur con Labateca, Sur Occidente con Pamplona Occidente con Cucutilla. Sus coordenadas son 7° 26' norte y 73° 39' oeste del meridiano de Greenwich (Castellanos & Atehortua, 2010).

Chitagá la superficie municipal es de 1200 km² que representan el 5,54 % del total del departamento. Presenta una temperatura promedio de 15°C. sus coordenadas geográficas son: longitud al oeste de Greenwich 72° 40', Latitud Norte 7° 08' Limites: Norte: Cacota, Labateca y Pamplona, Sur: Departamento Santander, Oriente: Toledo y Departamento Boyacá y Occidente: Silos.

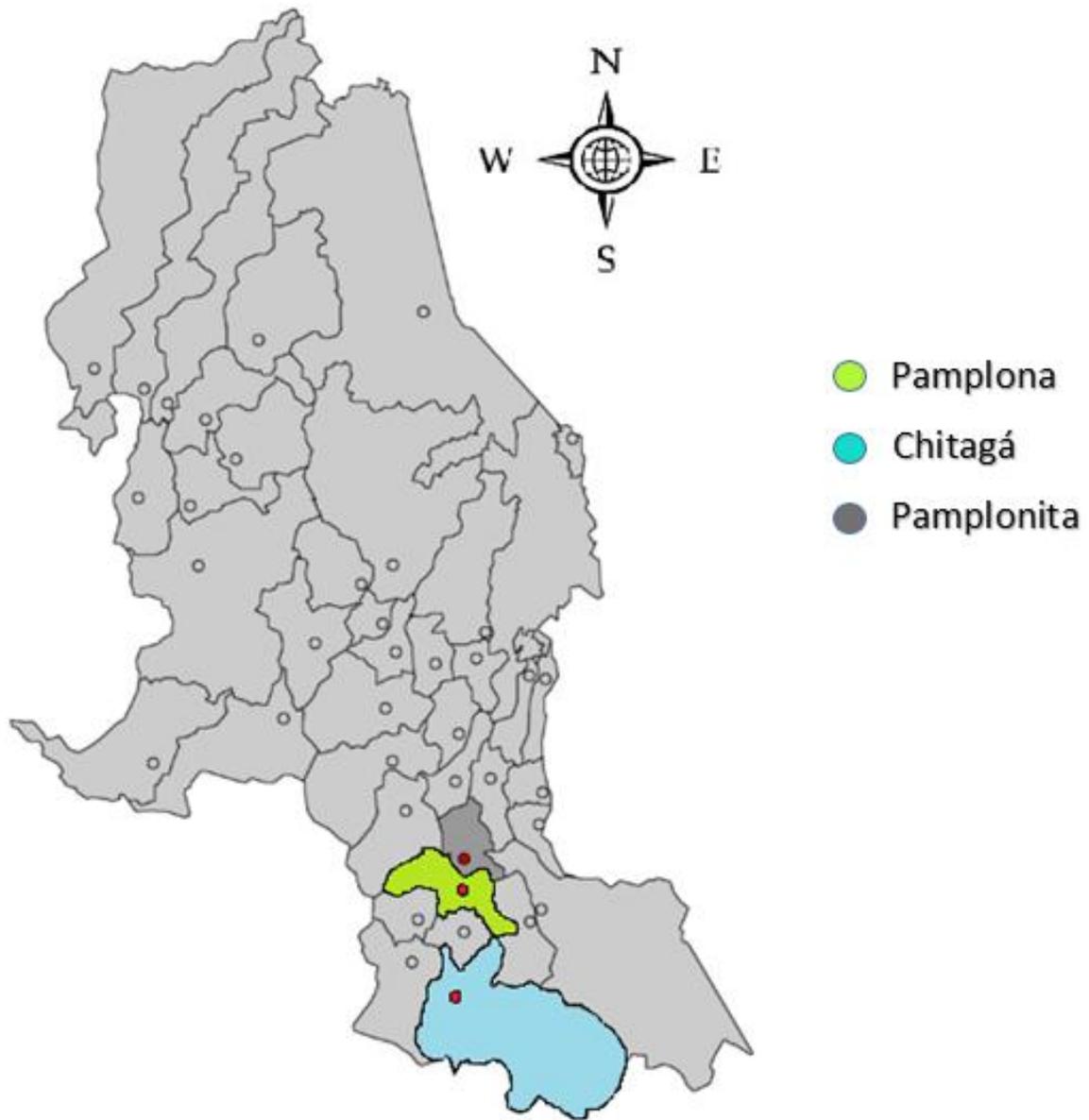


Figura 1. Ubicación de las parcelas en los municipios de la Provincia de Pamplona

Fuente: (<http://www.pamplonita-nortedesantander.gov.co/mapas>, 2015)

6. Marco teórico

6.1 Importancia del duraznero en Norte de Santander.

La importancia del duraznero en el Departamento Norte de Santander es evidente ya que se convirtió en el principal sustento económico de las familias campesinas, hay que consolidarlo como un rubro agrícola de gran importancia económica que lo cultivan, generando empleo para muchas personas. La producción de durazno ha venido aumentando ya que puede colocar a Norte de Santander en uno de los principales productores de durazno, la producción de durazno en este sector del país está caracterizado por una introducción del fruto sin ningún estudio tecnocientífico y originado por intuición campesina de obreros del campo que trabajaron con este frutal en la zona del Estado Miranda en Venezuela, más conocido como la Colonia Tovar. Una condición favorable en la Provincia de Pamplona es la gran adaptabilidad que tiene el cultivo, su rápido crecimiento y muy buena producción lográndose obtener en algunas fincas hasta 500 kilogramos por árbol ya que en la mayoría de las fincas para lograr una mejor eficiencia es necesaria la organización de la producción, en el manejo de cultivo, la mano de obra la aplicación de fertilizantes químicos y orgánicos (Peñaranda, 2012).

6.2 Variedad Jarillo

En Colombia, se cultiva en zonas con temperaturas promedio de 13 a 19°C, entre los 1.800 y 2.800 msnm (Pinzón, Cruz Morillo, & Fischer, 2014). El Jarillo es el producto de la selección de un gran número de plantas de semilla, de las cuales se escogieron aquellas que tenían mayor producción y poseían los frutos de mayor tamaño (Peréz, 2007). Según el Instituto Nacional de Innovación Agraria, (2002) Este cultivar presenta flores rosadas de tamaño mediano; el fruto presenta poca o escasa pubescencia, son de tamaño pequeño, de forma redonda a oblonga y de color amarillo, tanto en la parte externa (piel) como interna (pulpa), con peso aproximado de 49,4

g y la semilla permanece adherida a la pulpa; la pulpa es de color amarillo y firme. Además la comercialización del ‘Criollo amarillo’ se realiza casi exclusivamente hacia la industria, con excepción de los tipos de primera, los cuales van al mercado fresco.

6.3 Propiedades físicas del suelo

6.3.1 Resistencia a la penetración

Según Taboada & Miccucci, (2007) definen como compactación del suelo a la densificación de horizontes en el perfil del mismo. La compactación está asociada con presencia de capas de muy baja aireación y alta densidad aparente, y puede estar asociada con fenómenos de endurecimiento y acumulación de arcillas, o como resultado del manejo del suelo, factores que repercuten en las propiedades físicas y en la profundidad efectiva del sistema radicular, a través del cual la planta absorbe el agua y los nutrientes presentes en la solución del suelo (Cuesta *et al.*, 2005).

El suelo sostiene toda la actividad agrícola, por lo tanto recibe todo el trabajo de laboreo, el cual, con humedad cercana o mayor a capacidad de campo, densifica el suelo y crea compactación. (Guerra & Mendieta, 2011). En un suelo húmedo se produce compactación del suelo, ocasionando pérdidas de estructura superficial (Taboada, 2007).

6.3.2 Densidad del suelo

La organización de las partículas individuales del suelo en unidades mayores hace que el suelo sea un medio poroso, lo que permite establecer dos tipos de densidades, la densidad de las partículas (minerales y orgánicas) o densidad real y la del suelo en su conjunto o densidad de volumen o aparente (Porta *et al.*, 2008).

La compactación aumenta la densidad aparente, afecta el desarrollo de las raíces de las plantas y productividad (Pinzón & Amézquita, 1991). Cambios en la densidad aparente reflejan cambios en la estructura del suelo (Ingaramo, Paz & Dugo, 2003), por ello se utiliza para calcular la porosidad y como índice de la penetrabilidad del suelo por las raíces (Alvarado & Forsythe, 2005). Los valores que puede tomar dependen de la textura, el contenido de la materia orgánica y el manejo que se le da al suelo (Lara & Alegre, 1991).

La densidad de las partículas, o densidad real, corresponde al peso de la unidad de volumen de los sólidos del suelo (Rubio, 2010).

6.3.3 Porosidad del suelo

Según Rubio (2010) la porosidad determina la capacidad de éste para almacenar agua o aire, siendo un parámetro muy relevante para el desarrollo y supervivencia de las plantas y para la actividad biológica del suelo y la cual está relacionada con la densidad aparente. Los valores que puede tomar dependen de la textura, el contenido de la materia orgánica y el manejo que se le da al suelo (Alegre & Lara, 1991). Soriano & Pons, (2011) establecen que la porosidad del suelo es un índice que nos da una idea de la cantidad de poros que tiene un terreno y del volumen relativo que ocupan los mismos y, como tal, informa del estado de la tierra, de la disponibilidad de esta para dejar paso a las raíces o de la mayor o menos permeabilidad hidráulica y gaseosa de la misma.

6.3.4 Humedad del suelo

El contenido de humedad de una masa de suelo, está formado por la suma de sus aguas libre, capilar e higroscópica. La importancia del contenido de agua que presenta un suelo representa junto con la cantidad de aire, una de las características más importantes para explicar el comportamiento de este. El límite superior de almacenamiento de agua se denomina con

frecuencia “capacidad de campo” (CC) y la cual es la denominada humedad del suelo, mientras que el límite inferior se denomina “punto de marchitamiento permanente” (PMP) (Lincoln, Michael, Dukes & Kelly, 2013).

Un método que se usa comúnmente para determinar cuándo regar es monitorear la disminución de agua en el suelo. Cuando una planta crece, utiliza el agua del suelo alrededor de su zona de raíces. A medida que las plantas utilizan el agua, la humedad en el suelo baja hasta un nivel en el cual se requiere aplicar un riego o el cultivo comienza a estresarse por falta de agua. Si no se aplica agua, la planta continuará haciendo uso de la poca humedad que queda hasta que finalmente utilice toda el agua disponible en el suelo y muera (Edward, 2010).

6.3.5 Temperatura del suelo

La temperatura del suelo es un factor de gran importancia para el agricultor. La temperatura es una propiedad que posee un efecto muy importante sobre los organismos y sobre los procesos de alteración química de la fracción mineral del suelo. Cada especie cultivada posee un rango propio de aptitud para la germinación de la semilla, por ejemplo. La mayor parte de la energía calorífica que recibe el suelo procede de la energía solar. En un clima templado, y por término medio, se estima que el suelo recibe $144 \text{ calorías} \cdot \text{día}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$. Obviamente, este valor varía con la latitud, la época del año, la nubosidad, la orientación de la ladera y la cubierta vegetal (López, 2006).

Desde el punto de vista agronómico, la temperatura del suelo influye de manera muy grande sobre las plantas, afectando principalmente las actividades de la planta (desarrollo radicular, absorción de agua y nutrientes, germinación de semillas, procesos de respiración de las raíces y los brotes de las yemas). Cada uno de estos procesos está situado en un determinado rango de temperaturas, y posee una temperatura óptima. Fuera de este rango, el proceso se detiene (López, 2006).

6.4 Propiedades químicas del suelo

6.4.1 Conductividad eléctrica

Es una propiedad de las soluciones que se encuentra muy relacionada con el tipo y valencia de los iones presentes, sus concentraciones total y relativa, su movilidad, la temperatura del líquido y su contenido de sólidos disueltos. La determinación de la conductividad eléctrica es una forma indirecta de determinar la salinidad de extractos del suelo (Lanchimba, 2012).

La piel de la raíz actúa como una membrana semipermeable que en condiciones normales deja entrar el agua del suelo (el agua pasa del medio más concentrado hacia el menos para tratar de buscar un equilibrio; soluciones isotónicas) pero en los suelos salinos no ocurre así, sino a veces el efecto contrario ¡la planta cede su agua al suelo! Efecto conocido como plasmólisis. Como resultado gran parte del agua de un suelo salino no es absorbible por las plantas (Lanchimba, 2012).

6.4.2 pH del suelo

El pH del suelo es una medida de la concentración de iones hidrógeno (H^+) en la disolución del suelo (expresa por tanto, su grado de acidez o alcalinidad). Según los valores del pH se pueden considerar las siguientes categorías de suelos: muy ácidos ($pH < 5,5$); ácidos (pH comprendido entre 5,5 y 6,5); neutros (pH entre 6,5 y 7,5); alcalinos (pH entre 7,5 y 8,5); y muy alcalinos ($pH > 8,5$). El pH ejerce una gran influencia en las reacciones de absorción/deserción y de disolución/precipitación que regulan la disponibilidad de varios nutrientes (fósforo, hierro, cobre, manganeso, zinc, boro y molibdeno). Y, al influir decisivamente en la descomposición de la materia orgánica, influye en la facilidad con la que pueden hacerse disponibles para las plantas las formas orgánicas de N, S y P (Parra, Fernández, Navarro & Arquero, 2003).

6.4.3 Capacidad de intercambio Catiónico (C.I.C)

La C.I.C o capacidad de intercambio catiónico es la capacidad del suelo para retener e intercambiar diferentes elementos minerales. Esta capacidad aumenta notablemente con la presencia de materia orgánica, y podría decirse que es la base de lo que llamamos fertilidad del suelo (Lanchimba, 2012).

Núñez (1981) define la capacidad de intercambio catiónico como la capacidad que tienen las arcillas de adsorber y desadsorber cationes que se encuentran disponibles en la solución del suelo. Los cationes son los nutrientes, iones y moléculas cargados positivamente. Los principales cationes en el suelo son: calcio (Ca^{++}), magnesio (Mg^{++}), potasio (K^+), sodio (Na^+), hidrógeno (H^+) y amonio (NH_4).

6.4.4 Materia orgánica

La materia orgánica del suelo está constituida por los restos vegetales, animales y la biomasa. Su composición es muy variada según el origen y la intensidad de los procesos que contribuyen a su descomposición. La materia orgánica incorporada al suelo se degrada debido a la actividad biológica en sus componentes básicos, hidratos de carbono, proteínas, ácidos orgánicos, lignina, grasas, etc. La velocidad del proceso de degradación de la materia orgánica está condicionada por factores internos propios de su naturaleza, y otros externos como la temperatura, la humedad, el pH, textura, estructura, laborero y en general el manejo del suelo (Fuentes, 2007).

La materia orgánica es un parámetro importante de un suelo ya que condiciona la fertilidad de éste, mejorando sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Así favorece la estructura del suelo, incrementa la capacidad de retención de agua, disminuye la conductividad térmica, aumenta la capacidad de intercambio catiónico y eleva su capacidad amortiguadora de cambios de pH entre otras muchas propiedades (Rubio, 2010).

6.5 Componentes de rendimiento

Los componentes de rendimientos son evaluados con el fin de determinar el crecimiento o potencia de asimilación que tienen los cultivos en determinados periodos de tiempo, importante para estimar cómo puede ser el comportamiento fisiológico de la planta.

Según Martínez, Giraldo & Valbuena, (2008) citado por Pérez, Cortes & Camacho, (2013) La base de la agricultura de precisión es el conocimiento de la variabilidad espacial de algunos factores de suelo y su relación con la producción, concepción fundamental para establecer sistemas de producción con mayor sostenibilidad y de mayor eficiencia, pues la producción de los cultivos se ve influenciada por la variación espacial de algunos factores del suelo. El material cosechado al término del ciclo de un cultivo es la resultante final de las interacciones, producidas en forma continua a través de dicho ciclo, entre genotipo, condiciones ambientales y manejo cultural.

Capítulo 3

7. Metodología

Se escogieron tres parcelas productoras de duraznos (*P. persica* L.) variedad Jarillo, en producción. La primera parcela ubicada en la finca Las Delicias a 2175 msnm en la vereda Chichirá, Municipio de Pamplona; la segunda ubicada en la finca El Recuerdo a 1875 msnm en la vereda Carrillo del Municipio de Chitagá y la tercera parcela ubicada en la finca Bella Vista a 1675 msnm en la vereda Batagá del Municipio de Pamplonita. En cada parcela se seleccionaron 13 árboles aleatoriamente, los cuales se enumeraron para su fácil identificación con pintura blanca. La toma de datos se realizó cada 15 días en cada una de las parcelas, tomando una muestra de suelo por cada tres árboles constituida por 4 submuestra a una profundidad de 25 cm y una distancia de tres metros (3m) de la base del árbol, obteniéndose 32 muestras en Pamplona, 28 en Chitagá y 25 en Pamplonita para un total de 85 muestras. Esta metodología fue tomada de Quevedo, (2015).

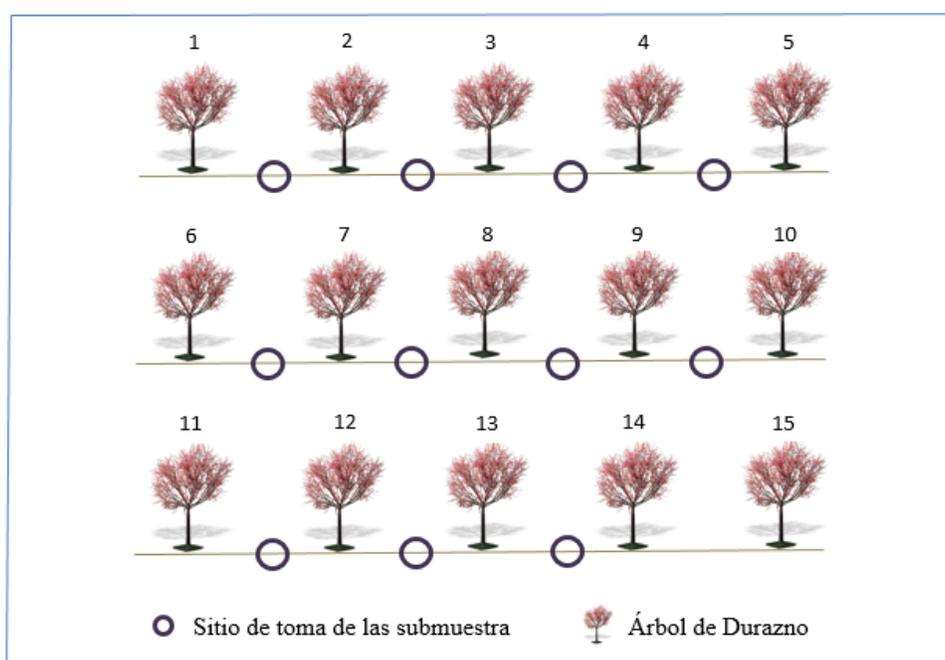


Figura 2. Representación de la toma de la submuestra en las parcelas

La recolección de las submuestras se realizó en los puntos que se muestran en la figura 2, en los puntos ya seleccionados se procedió a la recolección de la submuestra a una profundidad de 25 cm con ayuda de una pala plástica de jardín, la submuestra fue introducida en una bolsa plástica de polietileno con su respectivo rotulado (Figura 3).



Figura 3. Recolección de submuestra

Fuente: propia

Después de recolectada la muestra estas se esparcieron en papel periódico, dejándolas secar al aire durante 15 días (Figura 4). Al término del tiempo se vertieron nuevamente a la bolsa plástica.



Figura 4. Secado de las muestras de suelo al aire

Fuente: propia

Para la toma de las muestras se tuvieron en cuenta recomendaciones como no tomarlas posteriores a fuertes lluvias, cerca donde se hacen las aplicaciones de fertilizantes y eliminando la vegetación que cubre el suelo en cada sitio.

7.1 Procedimiento de la caracterización edafológica del suelo

7.1.1 Análisis físicos

Densidad aparente, Método del cilindro graduado

- La metodología que se utilizó para determinar esta variable fue tomada de Unigarro, Insuasty & Chavez, (2009).
- En un crisol se pesaron aproximadamente 20 g de suelo seco al aire, que posteriormente se dejó secando a 105°C en una mufla durante 17 horas (Figura 5).



Figura 5. Secado del suelo en la mufla a 105°C

Fuente: propia

- Las muestras se sacaron de la mufla y se dejaron enfriando en un desecador.
- Se pesó la muestra de suelo seco
- Se vertió el suelo seco en la probeta poco a poco compactando el suelo con golpes de mano, anotando el volumen ocupado por el suelo seco (Figura 6).

Los cálculos se realizaron mediante la fórmula,

$$\text{Densidad aparente} = \frac{\text{Peso del suelo seco a la mufla}}{\text{volumen ocupado por el suelo}}$$



Figura 6. Determinación de la densidad aparente

Fuente: propia

Densidad real, Método del picnómetro

Para determinar esta variables se utilizó la metodología de Rodríguez & Rodríguez, (2002)

- Se pesa 20 g de suelo seco al aire, después de cernirlo en un tamiz de 1.0 mm.
- Los 20 g de suelo seco, se vertieron en un crisol para después dejarlo secando en una mufla a 105°C por 17 horas.
- Las muestras se sacaron de la mufla y se dejaron enfriando en un desecador.
- Se pesó un picnómetro de 10 cc.
- El suelo fue macerado en un mortero y vertido en el picnómetro de 10 cc como se muestra en la (Figura 7).



Figura 7. Macerado de la muestra de suelo y llenado del picnómetro

Fuente: propia

- luego se pesó el conjunto (Figura 8).



Figura 8. Pesado del conjunto picnómetro-suelo

Fuente: propia

Los resultados se determinaron mediante la fórmula,

$$Densidad\ Real = \frac{\text{peso del suelo contenido en el picnometro}}{\text{volumen del picnometro}}$$

Porosidad del suelo

- Para determinar esta variable se utilizo la metodologia de Unigarro & Carreño, (2005)

Esta se determinó por medio de un factor,

$$Porosidad(\%) = 100 \left(1 - \frac{\text{Densidad aparente}}{\text{Densidad real}} \right)$$

Humedad del suelo seco, método gravimétrico

- Para determinar esta variables se utilizó la metodología de Rodríguez & Rodríguez, (2002)
- Se pesaron 20 g de suelo seco al aire y se vertieron en un crisol de peso conocido. El conjunto se coloca en una mufla a 105°C durante 17 horas (Figura 9).



Figura 9. Secado de las muestras de suelo en mufla

Fuente: propia

- La muestra se sacó de la mufla y se dejó enfriando en un desecador. Luego esta se pesó.

Los resultados se determinaron mediante la fórmula,

$$\text{Humedad Gravimetrica} = \frac{\text{peso del suelo seco al aire} - \text{peso del suelo seco en mufla}}{\text{Peso del suelo seco en mufla}} * 100$$

Resistencia a la penetración (Penetrometro de mano)

Para medir esta variable se utilizó un instrumento de lectura directa en campo (Figura 10), el



Figura 10. Toma de la resistencia mecánica con el penetrometro de mano cual se introdujo en tres puntos diferentes del suelo alrededor del árbol.

Fuente: propia

Temperatura del suelo, Humedad del suelo e Intensidad de luz solar que recibe, Medidor de tierra 4 en 1 (General[®] No. DSMM600)

Estas variables fueron medidas utilizando un multiparametro, el cual era insertado en tres puntos distintos del suelo alrededor del árbol con la ayuda de un cincel con el que se abría una pequeña perforación al suelo (figura 11).



Figura 11. Toma de la temperatura del suelo con el Multiparametro

Fuente: propia

7.1.2 Análisis químicos

pH (potenciómetro)

- Para determinar esta variable se utilizó la metodología de Unigarro, Insuasty & Chavez, (2009)
- Se pesaron 10 g de suelo seco al aire y luego se depositaron en un frasco, donde se le agregaron 10 cc de agua destilada.

- Luego se agito con una varilla de vidrio y se dejó reposar por 3 horas.
- Posteriormente se prosiguió a determinar el pH con ayuda del potenciómetro (Figura 12)



Figura 12. Determinación del pH del suelo con el potenciómetro

Fuente: propia

Capacidad de intercambio catiónico, método del acetato de amonio

- Para determinar esta variable se utilizó la metodología de Unigarro, Insuasty & Chavez, (2009)
- Se pesaron 5 g de suelo seco al aire, luego se le agregó 25 cc de acetato de amonio, se ajito por 5 minutos y se dejó reposando por 17 horas.
- Luego la solución se filtra en bomba de vacío con papel filtro (Figura 13), el cual se le agregan 20 cc de alcohol etílico al 95 %, para lavar el exceso de acetato de amonio. Ese filtrado es desechado.



Figura 13. Filtrado de la muestra con acetato de amonio a bomba de vacío

Fuente: propia

- Al residuo que quedo en el papel filtro se le agregan 50 cc de cloruro de sodio (NaCl) al (10%).
- Luego al filtrado se le agrego 10 cc de formaldehído neutralizado al 40%. Luego el filtrado se vertió en un vaso de precipitado.
- La solución contenida en el vaso de precipitado se le agregan tres gotas de fenolftaleína para su posterior titulación con hidróxido de sodio al 0.1 N, esperando que esta cambiara a una coloración rosa pálido (Figura 14).



Figura 14. Titulación del filtrado

Fuente: propia

Materia orgánica, Metodo de ignición

- Para determinar esta variable se utilizó la metodología de Unigarro, Insuasty & Chavez, (2009)
- Se pesó el crisol donde se vertió exactame 2g de suelo previamente secado en la mufla a 105 °C durante 17 horas (Figura 15).



Figura 15. Muestras secadas en mufla de 105°C

Fuente: propia

- El conjunto se introdujo en la mufla a 500 °C durante 5 minutos (Figura 16).



Figura 16. Ignición de la materia orgánica en mufla de 500°C

Fuente: propia

- Se extrajo el crisol con el suelo y dejó enfriar en un desecador.
- Luego rápidamente se pesó el crisol con el suelo y se calculó el porcentaje de materia orgánica mediante la siguiente fórmula:

$$MO(\%) = \frac{\text{peso del suelo seco a } 105\text{ }^{\circ}\text{C} - \text{peso del suelo sometido a } 500\text{ }^{\circ}\text{C}}{\text{Peso del suelo sometido a } 500\text{ }^{\circ}\text{C}} * 100$$

MO: Contenido de materia orgánica

Conductividad eléctrica, Conductímetro

- Para determinar esta variable se utilizó la metodología de Unigarro, Insuasty & Chavez, (2009)
- Se pesaron 20 g de suelo seco al aire y luego se depositaron en un frasco, donde se le agregaron de agua destilada, agitando hasta obtener una pasta brillante de suelo.
- Se dejó reposar por 17 horas y luego se procedió a realizar el filtrado de la muestra con la bomba de vacío (Figura 17).



Figura 17. Filtrado de la muestra con agua destilada

Fuente: propia

- Posteriormente se prosiguió a determinar la conductividad eléctrica con ayuda del conductímetro (Figura 18).



Figura 18. Determinación de la conductividad eléctrica

Fuente: propia

7.2 Correlación de componentes edáficos con los de rendimientos agrícolas

Los datos obtenidos en campo de los componentes edáficos y de rendimiento agronómico, se ordenaron en una matriz al igual que la información correspondiente a algunos componentes de rendimientos primarios y secundarios de cada uno de los árboles seleccionados; los componentes de rendimiento primarios y secundarios corresponden a contenido de clorofila, área foliar por árbol, primarias como producción de fruto por árbol y peso de los frutos por árbol. Los componentes secundarios corresponden al largo de la hoja, ancho de la hoja y largo por ancho.

La matriz se sometió a diversos análisis estadísticos para determinar la correlación existente entre las variables, los análisis que se realizaron fueron, correlaciones de Pearson entre todas las variables contenidas en la matriz, ya que estas son variables no paramétricas. Se decidió a utilizar la correlación de Pearson ya que las variables estudiadas son ordinales y/o se incumple con el supuesto de normalidad, con la opción bilateral ya que es la apropiada cuando no existen

expectativas sobre la dirección de la relación, nos ayuda a indicar la probabilidad de obtener coeficientes tan alejados de cero o más que el valor obtenido.

Otro de los análisis que se realizaron fueron pruebas multivariante y pruebas post-hoc de tukey para las variables de pH, materia orgánica, conductividad eléctrica, resistencia mecánica, temperatura del suelo, densidad aparente, densidad real, porosidad del suelo, humedad del suelo seco y capacidad de intercambio catiónico.

Para determinar de radiación solar que recibe el suelo y la humedad del mismo se realizó un análisis de frecuencias a los datos obtenido en campo debido a que son variables de carácter cualitativo.

Para el procesamiento y análisis de los datos se utilizó el programa estadístico IBM SPSS Statistics 21 y la hoja de cálculo de Microsoft - Excel para la generación de gráficos.

Capítulo 4

8. Resultados y discusiones

Por medio de la prueba de multivariante o la prueba de inter-sujeto se pudo obtener los r^2 de las variables (anexo 10, 11, 12 y 13). Asimismo, poder investigar las interacciones entre los factores y también los efectos individuales de los factores. Además, se pueden incluir los efectos de las covariables y las interacciones de las covariables con los factores. Los resultados obtenidos con respecto a estas pruebas arrojaron que hay significancia en todas las variables en un valor de ($p < 0,01$) lo que nos dice que hay diferencia entre las variables. Al igual que el r^2 que nos arrojaron algunas variables (densidad aparente, densidad real, contenido de materia orgánica, pH y capacidad de intercambio catiónico), el cual era mayor a 0,5 indicando que estas variables están estrechamente relacionadas con el factor finca. Así mismo, estas variables varían dependiendo del lugar o las condiciones climáticas del sitio de proveniencia, pues el clima es el elemento más dinámico o variado en la formación del suelo. Las variables que presentaron un r^2 menor a 0,5 indicando que no son afectados por las condiciones del lugar de origen.

Tabla 1

Resultados de estadísticos descriptivos de las variables

	Media	Mediana	Moda	Desviación	Coefficiente de	Varianza	Asimetría	Curtosis
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	estándar	Variación	Estadístico	Estadístico	Estadístico
Hoja Largo (cm)	9,4311	9,5210	9,89	2,67427	28,3558	7,152	-0,241	0,191
Hoja Ancho (cm)	2,8007	2,8390	2,75	0,94925	33,8915	0,901	0,000	2,139
Hoja largo por ancho del limbo (cm ²)	28,5359	26,9293	22,59	15,11635	52,9729	228,504	0,562	0,482
Resistencia mecánica (Kg/cm ²)	2,0601	2,0000	1,50	0,78729	38,2117	0,620	0,395	-0,101
Temperatura del suelo 0C	20,7560	20,0000	17,0	3,68885	17,7722	13,608	0,979	0,627
Índice de clorofila (Índex)	266,1484	228,0000	121,0	162,08582	60,9005	26271,813	1,075	1,385
Índice de clorofila promedio	269,4576	253,5000	115	116,43629	43,2113	13557,410	0,401	-0,276
IAF	5,4674	5,7035	7,11	1,86201	34,0564	3,467	-0,382	-0,661
D aparente	0,9673	0,957	0,90	0,09753	10,0796	0,010	0,250	-0,035
D real	1,4072	1,4314	1,43	0,17003	12,0798	0,029	-0,062	-1,215
Porosidad	30,8058	32,0649	19,98	6,46342	20,9811	41,776	-0,597	-0,085
Humedad Gravimétrica %	0,0508	0,0455	0,02	0,02902	57,0866	0,001	1,724	2,257
Contenido de M.O %	0,0824	0,089	0,03	0,03956	48,0097	0,002	-0,102	-0,912
pH	6,37	6,85	7,0	1,052	16,5149	1,107	-0,502	-1,481
C.I.C	2,19	2,2	3,0	0,747	34,1095	0,558	-0,095	-0,618
C.E	348,89	280,00	279	169,449	48,5680	28713,129	2,022	2,702
Numero de fruto por árbol	1740,90	1790,00	185	625,373	35,9223	391091,919	0,244	0,456
Peso de frutos por árbol	137,4274	141,3000	95,00	40,56361	29,5163	1645,406	-0,212	0,170

Los resultados obtenidos en la tabla 1 muestran el comportamiento estadístico descriptivos de las variables en las fincas de Pamplona, Chitagá y Pamplonita, donde podemos observar que el coeficiente de variación correspondiente a la resistencia mecánica, capacidad de intercambio catiónico (CIC), conductividad eléctrica (CE), Número de frutos, humedad gravimétrica, índice de área foliar, índice de clorofila, índice de clorofila (índex) y producto largo

por ancho del limbo son mayores del 30 %, lo que quiere decir que hay mucha variabilidad o dispersión, no siendo homogéneos los datos, a diferencia del coeficiente de variación de la temperatura del suelo, el pH, la densidad aparente, densidad real, porosidad y peso de fruto fueron menor del 30 % lo que quiere decir que el promedio de los datos son representativos o que son homogéneos. Al observar los datos correspondientes a la curtosis de cada una de las variables, se puede ver que la distribución de la curtosis es platicurtica porque presenta una reducción en el grado de concentración alrededor de los valores centrales de la variable (Platicurtica < 3), el componente de apuntamiento es negativo ya que es menos apuntada que el de una distribución normal. En cuanto a la asimetría se puede ver que la mayoría de los valores de las variables son asimétricos ya que estos valores son mayores que 0, lo que quiere decir que la asimetría es positiva y tiene una distribución de datos más sesgada a la derecha.

Para el análisis de los resultados de las variables edáficas con los factores de producción se tendrá en cuenta la correlación de Pearson, la cual es una relación lineal entre dos variables. De forma menos formal podemos decir que el coeficiente de correlación de Pearson es un índice que puede utilizarse para medir el grado de relación de dos variables y saber si las variables estudiadas son significativas y si su grado de correlación es alto.

Tabla 2

Coefficiente de correlación de Pearson de las variables edáficas con las de rendimiento agronómico

** La correlación es significativa en el nivel ($p < 0,01$)

	HL	HA	HLA	RM	TS	INDEX	ICP	IAF	DA	DR	P	HG	CMO	pH	C.I.C	C.E	NF	PF
HL	-	0,782**	0,924**	-0,146**	-0,299**	0,378**	0,432**	0,553**	0,04	0,090**	0,071	-0,299**	-0,172**	0,060	-0,050	-0,066	0,050	0,041
HA		-	0,954**	-0,189**	-0,492**	0,427**	0,465**	0,720**	0,082	0,059	-0,028	-0,349**	-0,192**	-0,008	-0,083**	-0,123**	0,180**	0,036
HLA			-	-0,173**	-0,427**	0,420**	0,463**	0,676**	0,062	0,077**	0,023	-0,338**	-0,192**	0,026	-0,079**	-0,109**	0,139**	0,051
RM				-	0,243**	-0,053	-0,056	-0,240**	0,142	0,046	-0,106	0,016	-0,145**	0,053	-0,105**	-0,027	-0,036	0,004
TS					-	-0,225**	-0,260**	-0,480**	0,015	0,043	0,096	0,134**	0,126**	0,115**	0,024	0,099**	-0,177**	0,014
INDEX						-	0,669**	0,420**	0,053	-0,019	-0,094	-0,107**	-0,101**	-0,016	0,020	0,022	0,124**	0,102**
ICP							-	0,462**	-0,025	-0,075**	-0,058	-0,072**	0,00	-0,074**	0,118**	0,070	0,047	0,021
IAF								-	-0,030	0,035	0,079**	-0,359**	-0,116**	-0,07	-0,075**	-0,026	0,120**	0,00
DA									-	0,703**	-0,131	-0,429**	-0,602**	0,587**	-0,595**	-0,080	-0,139**	-0,137**
DR										-	0,554**	-0,663**	-0,695**	0,750**	-0,803**	0,039	-0,216**	-0,118**
P											-	-0,397**	-0,202**	0,402**	-0,391**	0,221**	-0,176**	-0,031
HG												-	0,607**	-0,598**	0,631**	0,02	0,114**	0,093**
CMO													-	-0,648**	0,712**	0,054	0,119**	0,108**
pH														-	-0,686**	0,039	-0,247**	-0,143**
C.I.C															-	-0,048	0,160**	0,117**
C.E																-	-0,146**	-0,064**
NF																	-	0,870**
PF																		-

* La correlación es significativa en el nivel ($p < 0,05$)

Nota: (HL) Hoja largo, (HA) Hoja ancho, (HLA) Hoja largo x ancho, (RM) Resistencia mecánica, (TS) Temperatura del suelo, (INDEX) Índice de clorofila, (ICP) índice de clorofila promedio, (IAF) índice de área foliar, (DA) Densidad aparente, (DR) Densidad real, (P) Porosidad, (HG) Humedad gravimétrica, (CMO) Contenido de materia orgánica, (pH) Potencial de hidrogeno, (CE) Conductividad eléctrica, (NF) Numero de fruto, (PF) Peso de frutos.

Para la discusión de los resultados obtenidos se tiene como base el grado de significancia o la fuerza de relación de las variables edáficas entre sí y con las de rendimientos que están dados en dos niveles según la correlación de Pearson, $p < 0,01$ representado por dos asteriscos (**) y $p < 0,05$ representado por un asterisco (*) como se representa en la Tabla 2.

En la tabla 2, se observa que la temperatura del suelo (TS) tiene una muy baja correlación con el índice de área foliar (IAF) a un nivel de -0,480, indicando una correlación inversamente

proporcional y con una significancia en nivel de $p < 0,01$. Respecto a esto podemos decir que la temperatura del suelo en la zona radical del árbol puede causar efectos benéficos o adversos en el crecimiento y desarrollo del árbol, ya que esta puede afectar la absorción de agua y nutrientes. Según (Fischer, Torres, & Torres, 1997) para los frutales de clima frío, el óptimo para el crecimiento radical oscila entre 15° y 25°C , el mínimo es de 5°C y temperaturas de 30° - 35°C anulan su desarrollo.

Todas las plantas están sujetas a variaciones de temperatura durante todo su ciclo productivo y cada órgano puede estar a diferentes temperaturas en un momento dado, según (Fischer, Torres, & Torres, 1997) la temperatura del suelo es más importante que la temperatura del aire, porque los órganos subterráneos no son capaces de regular su temperatura y la producción de biomasa de la planta depende de la capacidad de crecimiento, absorción y síntesis de las raíces.

En estudios realizados por (Fischer, Torres, & Torres, 1997) constataron que las tasas relativas de crecimiento del área foliar y la producción de frutos se ve incrementada o favorecida por las temperaturas adecuadas del suelo en la zona radical.

Lo anterior muestra la correlación existente entre la temperatura del suelo en la zona radical y el IAF, afectando de forma directa la producción de frutos, sea en cantidad o calidad de los mismos.

En la tabla 2 se muestra que la resistencia mecánica (RM) dentro de las variables evaluadas presenta una correlación muy baja, en el mejor de los casos a un nivel de 0,243 con la temperatura del suelo (TS); con la densidad aparente del suelo (DA), el espacio poroso del suelo (P), el contenido de materia orgánica (CMO) del mismo y índice de área foliar (IAF) de los árboles presenta un grado de significancia a nivel de $p < 0,01$; por consiguiente la medición de la (RM) es una opción para realizar un posible diagnóstico de las otras variables en campo,

teniéndose en cuenta que suelos que presentan compactación poseen densidades aparente altas sea por bajo contenido de materia organica o por fuerzas mecánicas aplicadas, lo que a su vez es señal de tener bajo porcentaje de espacio posoro, disminuyendose el contenido de aire y agua en el suelo representando dificultades para el intercambio gaseoso entre las raices y el medio circundante y la nula absorcion de nutrientes por parte de la planta a falta del disolvente principal.

La falta de aireacion y humedad causa el incremento de la temperatura del suelo en la zona radical del árbol a falta de discipadores de calor lo que dificulta la absorcion de nutrientes por las raices repercutiendo directamente en la zona aerea del árbol por disminucion de emision de nuevas ramas y hojas con lo cual el IAF se ve afectado directamente.

Según Henríquez *et al.*, (2011) la compactación es la disminución del espacio poroso total y consecuentemente, en un aumento de la densidad aparente. Al ocurrir esto también se reduce el desarrollo radical, al igual establecio la relacion directa que existe entre la penetracion de las raices con la densidad del suelo, la temperatura del suelo y la resistencia a la penetración, ya que estas pueden tener un efecto directo sobre el crecimiento radicular del arbol.

La densidad aparente del suelo (DA), presenta alto grado de correlacion con otras variables edáficas como son la densidad real (DR), contenido de materia orgánica (CMO), pH del suelo (pH), capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) en niveles considerados como regulares, pero con una significancia en el nivel de $p < 0,01$, como se observa en la Tabla 2.

La densidad aparente (DA) hace referencia a la relación existente entre la masa del material mineral y el volumen total ocupado por los mismos, incluyendo el espacio poroso existente entre ellos, por este motivo, el tipo de minerales contenidos en el suelo y sus respectivas densidades juegan un papel fundamental en el valor de la densidad aparente del suelo.

La densidad aparente (DA) es una de las propiedades del suelo con mayor influencia en la producción agrícola pues si su valor aumente se disminuye la capacidad de retención de agua,

teniendo efectos secundarios adversos en el crecimiento y desarrollo de las plantas, sea por la nula acumulación de nutrientes en el suelo por su lavado o por la no disolución de los mismos que faciliten su fácil absorción por las plantas a través del sistema radical.

La densidad aparente del suelo puede aumentar por diversos motivos entre los que encontramos la aplicación de una fuerza mecánica (Utilización incorrecta de maquinaria) o por la disminución del contenido de materia orgánica (MO), pues esta última es sin duda un agente conservador de una densidad aparente baja, debido a su capacidad de formar agregados, o al descomponerse dejar espacios en el suelo que sirven como canales de circulación de agua y aire.

Un suelo muy compactado puede tener poca o nula captación de agua, lo que generaría disminución en la formación de coloides orgánicos e inorgánicos y de complejos coloidales arcilla-humus que son quienes retienen y adsorben los nutrimentos liberados por los diversos procesos físicos, químicos y biológicos que se dan en el suelo (Cepeda, 2009).

Los coloides inorgánicos están representados, casi exclusivamente, por las arcillas de varias clases, capaces de adsorber o retener altas cantidades de cationes, debido a sus características físicas y químicas permiten el intercambio de estos cationes con el medio o la fácil absorción por las raíces de las plantas (Cepeda, 2009)

Con base en la Tabla 2 el pH muestra una buena correlación a un nivel de -0,648 con la variable materia orgánica (MO), siendo una correlación inversamente proporcional, lo que quiere decir que mientras una disminuye la otra aumenta. Otras de las variables que tuvieron una buena correlación con la de pH fueron la humedad gravimétrica a un nivel de -0,598 siendo también una correlación inversamente proporcional y la otra variable fue la capacidad de intercambio catiónico (CIC) a un nivel de -0,686 siendo esta igual a las anteriores. Todas estas variables con un grado de significancia a un $p < 0,01$ el cual es altamente significativo.

Según Velázquez, (2005) el pH y la materia orgánica son las propiedades más relevantes ya que controlan la movilidad de iones, la precipitación y disolución de minerales, las reacciones redox, el intercambio iónico, la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes. La remoción de bases (calcio magnesio y potasio) sin reposición de las mismas, conlleva a una disminución en la saturación del complejo de intercambio y acidificación de suelos.

La materia orgánica, el pH y la capacidad de intercambio catiónico están muy correlacionadas entre ellas, con una correlación inversa ya que si una aumenta la otra disminuye. Por eso estas propiedades son de gran importancia en la fertilidad del suelo o en la capacidad de rendimiento que este pueda tener. El pH puede tener una influencia destacada en la remoción de cationes y aniones, al igual que la materia orgánica ya que esta puede ayudar. Además del pH, la materia orgánica puede mejorar la productividad del suelo, ya que esta puede compensar los suelos con cambios químicos del pH, al igual que puede servir de depósito para la agregación o adición de elementos esenciales para el buen desarrollo de las plantas. La capacidad de intercambio catiónico al igual que el pH y la materia orgánica, es de gran importancia para la fertilidad del suelo ya que esta es la que no permite que se pierdan cationes y aporta los necesarios para la nutrición de la planta.

Según Fassbender, (1993) los cationes más importantes en los procesos de intercambio catiónico, por las cantidades de ellos que participan en dichos procesos, son Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ y Na^+ (las bases del suelo).

Las variables están fuertemente correlacionadas entre ellas, a pesar que no mostraron una buena correlación entre las variables de rendimiento como lo son el índice se área foliar, número de frutos y otras que se mencionan en la Tabla 2, son de vital importancia para el buen desarrollo de la plata o para que esta pueda expresar todo su potencial genético.

Las correlaciones que se muestra en la Tabla 2, respecto a la humedad del suelo seco (HG) con el contenido de materia orgánica (CMO), la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y el pH del suelo (pH), son de 0,607; -0,508; y 0,651 respectivamente, con una significancia en el nivel de $p < 0,01$, con lo que se puede decir que estas variables son dependiente en cierto grado una de otra.

Si hablamos de la relación existente entre la humedad del suelo seco y el contenido de materia orgánica del mismo. Narro, (1994) dice que la materia orgánica favorece el almacenamiento de agua aprovechable y el humedecimiento del perfil de suelo a mayor profundidad, debido a que disminuye la conductividad térmica del suelo haciendo que el agua contenida en este no se evapore tan rápido como sucede en suelos carente de materia orgánica.

La humedad del suelo ejerce, un notable control sobre la acumulación de materia orgánica. En condiciones de suelo comparables, la materia orgánica aumenta a medida que la humedad efectiva del suelo se hace mayor. La explicación no sólo está en la rapidez de acción microbiológica en áreas de moderada o poca lluvia, sino también en las pobres vegetación de estas regiones (Navarro & Navarro, 2003).

Según Cepeda, (2009) la materia orgánica afecta algunas propiedades físicas importantes en el suelo entre las que menciona el uso eficiente del agua debido a que mejora la infiltración del agua, reduce su pérdida por evaporación, mejora el drenaje del suelo, por lo tanto, ayuda a una mejor distribución del agua en el perfil del suelo y que los coloides orgánicos ayudan a retener el agua en los suelos arenosos, aunque su influencia es menos pronunciada en otros.

El pH del suelo depende de diversos factores como por ejemplo la estación del año, las prácticas culturales que se desarrollen en el cultivo, el horizonte muestreado y el contenido hídrico del suelo en el momento del muestreo. El agua es uno de los factores principales en la

modificación del pH de un suelo debido a que el lavado elimina bases del suelo, provocando con el tiempo un descenso en el pH, además las lluvias que caen sobre la superficie terrestre excede la evapotranspiración de la mayor parte del año, dando como resultado la lixiviación del suelo, hecho que remueve las sales solubles y los minerales solubles, provocando que la superficie del suelo sea ligero o moderadamente ácida (Cepeda, 2009).

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) está también relacionada con el contenido de humedad del suelo con un coeficiente de correlación de -0,508 y una significancia en el nivel de $p < 0,01$. El grado de hidratación del suelo es un factor influyente en el intercambio de cationes, debido a que los coloides hidrófilos como los ácidos húmicos y los complejos arcilla-humus son estables cuando están bien hidratados evitando la floculación del mismo, de tal manera que no se pierde la capacidad de adsorber intercambiar cationes con el medio (Cepeda, 2009).

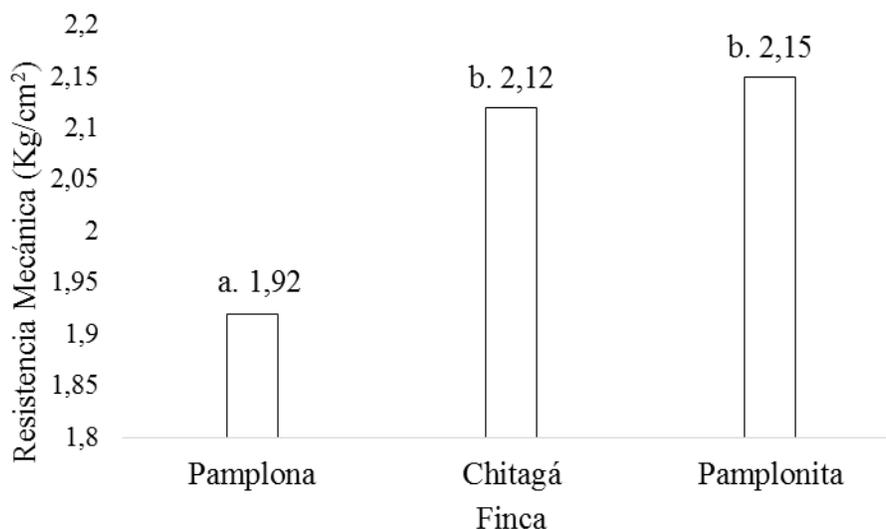


Figura 19. Resistencia mecánica en las fincas de Pamplona, Chitagá y Pamplonita usando la prueba de comparación de medias de Tukey

Los resultados de la evaluación de la resistencia a la penetración del suelo ilustrados en la figura 19, deja ver que en Pamplonita se presentó la mayor resistencia con un valor de 2,15 (kg/cm²) respecto a las obtenidas en los municipio de Chitagá y Pamplona que fueron de 2,12 (kg/cm²) y 1,92 (kg/cm²) respectivamente. Para la comparación de los resultados se utilizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, dando como resultado una diferencia de las medias de los datos de Pamplona con respecto a Chitagá y Pamplonita a un valor de ($p < 0,05$).

La resistencia a la penetración es una propiedad del suelo muy importante para las plantas y su valor nos proporciona información del impedimento mecánico que tendrán las partes vegetales subterráneas para crecer (raíces, para explorar una mayor volumen de suelo) conviene que la resistencia del suelo a la penetración se mantenga por debajo de (1 Mpa) para un buen crecimiento vegetal (Narro, 2004).

Según Selles, Fereyra, Ruiz, Busto, & Ahumada, (2012) expresan que la resistencia mecánica depende de las características del suelo, como la textura, estructura y humedad del mismo,

mientras más seco el suelo mayor será la resistencia. Expresando que una buena resistencia mecánica o baja esta entre los valores de 0,1 a 1 (Mpa), lo que corresponde a 10,12 (kg/cm^2).

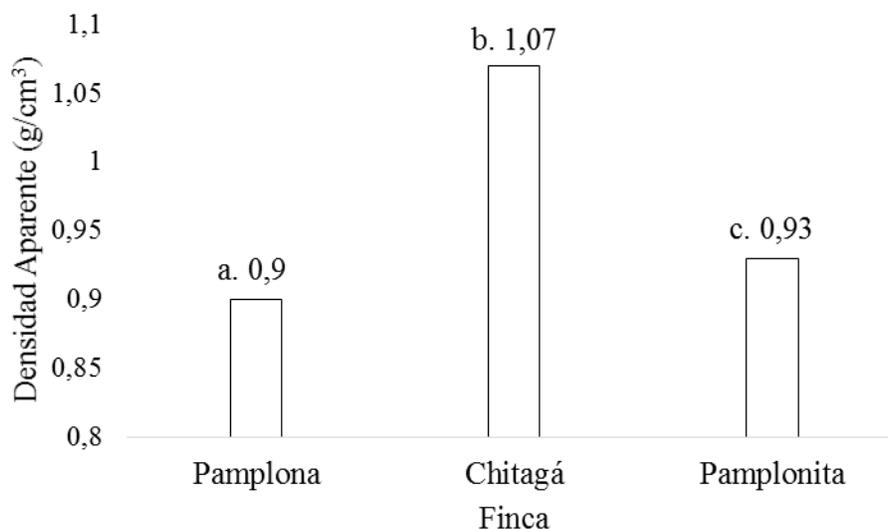


Figura 20. Densidad aparente presente en la finca de Pamplona, Chitagá y Pamplonita usando la prueba de comparación de medias de Tukey

Los resultados de las densidades aparente de los suelos ilustrados en la figura 20, muestran que en el municipio de Chitagá el suelo presenta el mayor valor de la densidad aparente con 1.07 g/cm^3 , seguida de la obtenida en el municipio de Pamplonita con en valor de 0,93 g/cm^3 y siendo el suelo con menor densidad aparente el del municipio de Pamplona con un valor de 0,9 g/cm^3 . Las medias de los datos mostraron una diferencia significativa en el valor de $p < 0,05$ usando la prueba de comparación múltiple de Tukey.

Estudios realizados por Ingaramo , Paz & Dugo, (2003) reportaron los valores críticos de la densidad aparente para el crecimiento de las raíces, varían según la textura que presenta el suelo y de la especie de que se trate. Para suelos arenosos una densidad aparente de 1.7 kg/cm^3 limita el crecimiento de las raíces de girasol, mientras que en suelos arcillosos, ese valor crítico es de 1.4 a 1,6 kg/cm^3 , para la misma especie. Según los reportados por los autores, los valores presentados

en Pamplona, Chitagá y Pamplonita no afectan el desarrollo radicular de la planta. Al igual que Sellés , Fereyra, Ruiz, Busto , & Ahumada, (2012) donde describen que la densidad aparente ideal de un suelo debe ser menor a $1,4 \text{ kg/cm}^3$.

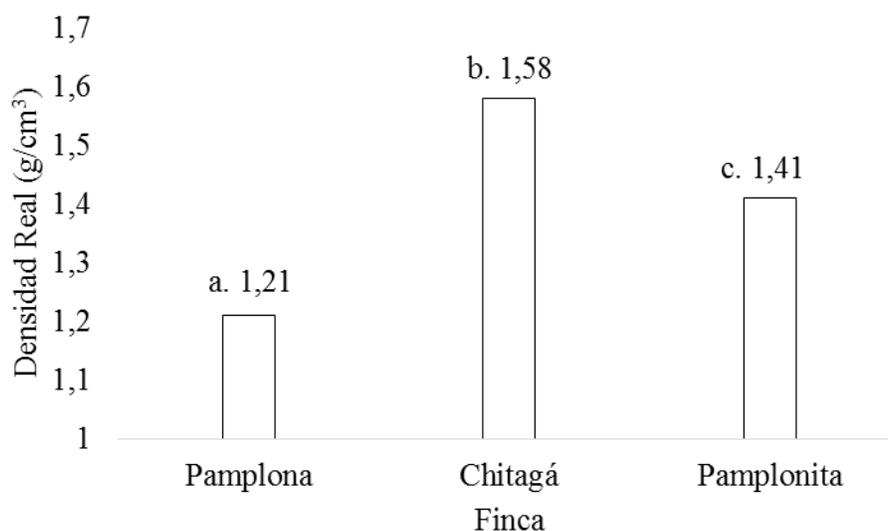


Figura 21. Densidad real de las fincas de Pamplona, Chitagá y Pamplonita usando la prueba de comparación de medias de Tukey

Los resultados obtenidos en la figura 21 utilizando la prueba de comparación múltiple de Tukey, para el análisis de los resultados obtenidos de densidad real de las muestras de suelo fue una diferencia de las medias de los datos a un valor de $p < 0,05$.

La densidad real es el peso de las partículas sólidas del suelo, relacionado con el volumen que ocupan, sin tener en cuenta su organización en el suelo, es decir, sin involucrar en el volumen el espacio ocupado por los poros; se deduce, entonces, su dependencia de la composición mineral del suelo y del contenido de algunos sólidos especiales en él, como la materia orgánica y los óxidos de hierro (Jaramillo, 2002).

Conocer el valor de la densidad real puede servir para tener una idea de los minerales que contienen el suelo, especialmente si se combina el conocimiento de estas propiedad con alguna otras, como el calor (Narro, 2004).

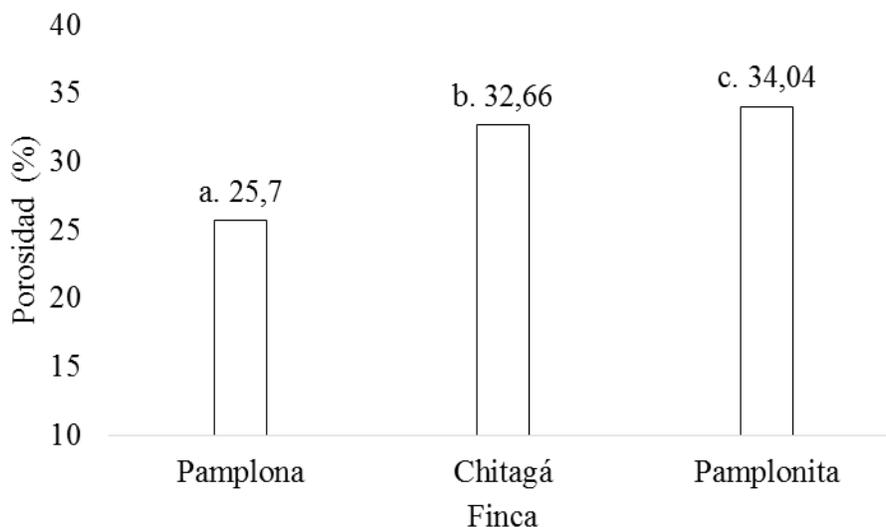


Figura 22. Porosidad del suelo en las fincas de Pamplona, Chitagá y Pamplonita usando la prueba de comparación de medias de Tukey

En la figura 22 se muestra los resultados de las medias obtenidos al realizar la prueba de comparación múltiple de Tukey a los resultados obtenidos de las porosidades de los suelos de las muestras, que también muestran un grado de diferencia significativa en un valor de $p < 0,05$ con respecto a las localidades donde se realizaron los estudios.

En el municipio de Pamplonita se determinó un porcentaje de porosidad del 34,04% siendo el mayor de con respecto al determinado en los municipios de Chitagá y Pamplona que reportan 32,66% y 25,7% de porosidad en sus suelos.

Según Flores & Alcalá, (2010) los suelos bajo sistemas de producción agrícola intensiva tienden a compactarse, y al reducir su porosidad pierden parte de su potencialidad de producción. Suelos que tengan porosidades menores de 30%, se consideran de muy baja porosidad y suelos con una porosidad entre los 30% y 40% se considera de baja porosidad. Teniendo en cuenta lo anterior, el suelo en la finca situada en el municipio de Pamplona presenta muy baja porosidad y los suelos de las fincas situadas en los municipios de Chitagá y Pamplonita son de porosidad baja, siendo los suelos con porosidades comprendidas entre los 50% y 60% del alta porosidad.

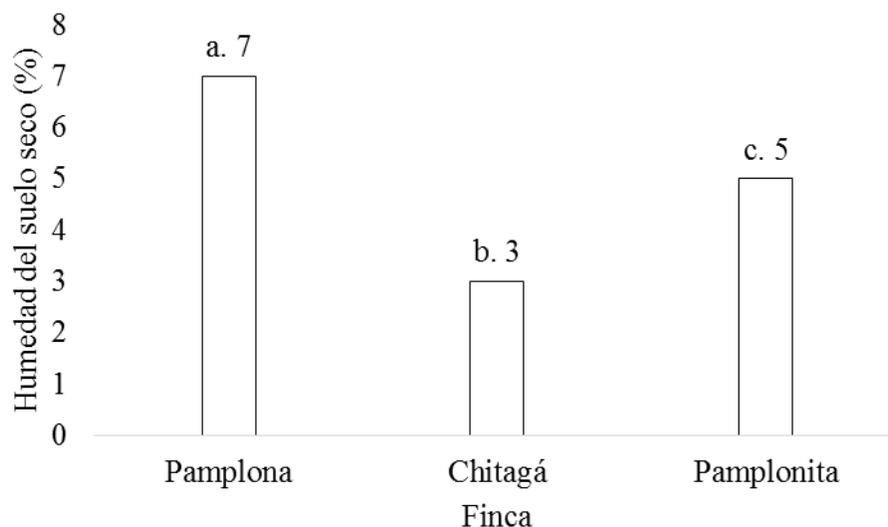


Figura 23. Humedad del suelo seco en las fincas de Pamplona, Chitagá y Pamplonita usando la prueba de comparación de medias de Tukey

La medición de la humedad retenida por el suelo seco al aire de los suelos pertenecientes a las diferentes fincas situadas en los municipios de Pamplona, Chitagá y Pamplonita, arrojaron los resultados expuestos en la figura 23. Mostrando que el suelo de la finca ubicada en el municipio de Pamplona con un promedio de 7% de humedad, es quien tienen la mayor capacidad de retención de humedad, seguida por el suelo de la finca ubicada en el municipio de Pamplonita con un 5% de contenido de humedad y la finca ubicada en el municipio de Chitagá con el 3%, siendo la de más baja capacidad de retención de humedad.

Los resultados son un poco diferentes a estudios realizados por Murillo, Villafañe, Basso, & Trujillo, (2008) donde se realizó una evaluación para un amplio rango de humedad, en un suelo franco fertirrigado, ubicado en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, comparando el contenido volumétrico de agua obtenida con TDR con el contenido de humedad determinado a partir de muestras de suelo tomadas a dos profundidades: 0-10 cm y 0-20 cm. Donde se encontraron resultados para las profundidades de

0-10 cm y 0-20 cm con humedad gravimétrica cada uno de 10,14 y 9,28 (%), determinando una humedad baja.

Otra propiedad importante de los suelos es su capacidad de retención y almacenamiento de agua, respecto al aprovechamiento de la misma por parte de las plantas. Gran parte del agua retenida en el suelo es extraída por las plantas para su desarrollo, pero esa extracción requiere de energía. Ese esfuerzo de extracción disminuye para la planta cuando existe agua aprovechable en el suelo (Castro, 1998).

Unos de los conocimientos empíricos más antiguos del hombre es la influencia de la humedad del suelo en el desarrollo de las plantas. Esto lo obligo a tratar de entender y clasificar al agua del suelo, originándose una clasificación fundamentada en la que se consideraron tres categorías; el agua gravitacional, el agua capilar y el agua higroscópica (Narro, 2004).

El suelo siempre contiene cierta humedad llamada higroscópica, lo cual está relacionada con las propiedades del suelo de absorber humedad del aire y retenerla en la superficie de sus partículas (Unigarro & Carreño, 2005).

La retención de la humedad higroscópica depende básicamente del complejo coloidal, su intensidad se halla en directa relación con el porcentaje de coloides que el suelo posea. Su eliminación sólo se consigue manteniendo la muestra de suelo varias horas a 105-110 °C (Navarro & Navarro, 2003).

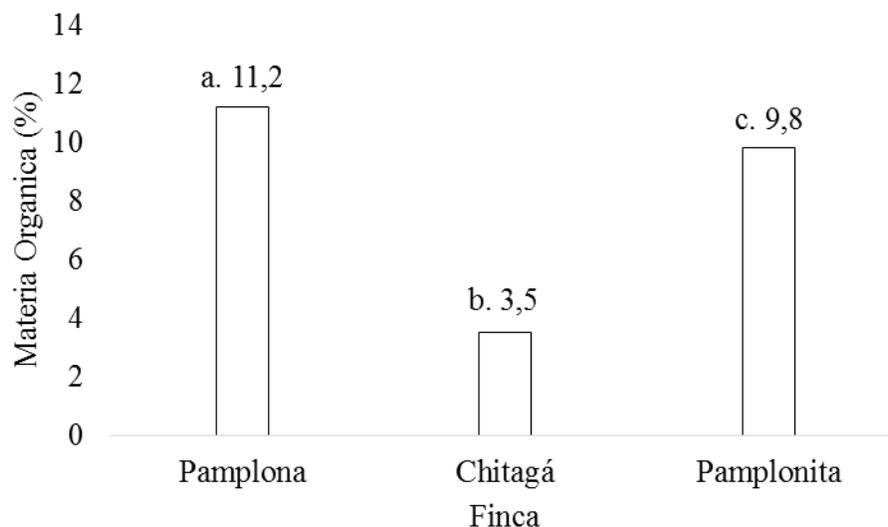


Figura 24. Contenido de materia orgánica de la finca de Pamplona, Chitagá y Pamplonita usando la prueba de comparación de medias de Tukey

La información representada en la figura 24 son las medias del contenido de materia orgánica de las muestras de suelo examinadas procedente de las fincas productoras de durazno, las medias de los datos mostraron una diferencia significativa en el de $p < 0,05$ con respecto al lugar de procedencia de la muestra del suelo, para el análisis de los datos se utilizó la prueba de comparación múltiple de Tukey. Los resultados muestran que el suelo con mayor contenido de materia orgánica son los provenientes de la finca situada en el municipio de Pamplona con un total de 11,2%, el segundo con un porcentaje de 9,8 % de contenido de materia orgánica es el suelo procedente de la finca ubicada en el municipio de Pamplonita y de último en contenido de materia orgánica son los suelo de la finca ubicada en el municipio de Chitagá, con un contenido de 3,5%.

Los residuos de las plantas constituyen el material principal originario de la materia orgánica del suelo. Bajo condiciones naturales, todos estos residuos (partes aéreas y raíces de los árboles, arbustos, malas hierbas y otras plantas) aportan anualmente al suelo una gran cantidad de

residuos orgánicos. En los suelos cultivados, una gran parte de las plantas son extraídas, pero muchos de sus tallos y raíces son abandonados en el suelo (Navarro & Navarro, 2003).

La materia orgánica contenida en el suelo puede agruparse en tres tipos de acuerdo con su grado de transformación en materia orgánica fresca, materia orgánica no húmica y materia orgánica húmica (Jaramillo, 2002).

El humus frente a los vegetales superiores, manifiesta su función mediante el favorecimiento directo de la nutrición mineral de estas plantas. Mediante su descomposición gradual y lenta, por acción de los microorganismos del suelo se puede aprovisionar a las plantas en elementos nutritivos. Y por la formación de complejos húmicos, mantienen el fosforo en estado asimilable por las plantas. (Navarro & Navarro, 2003).

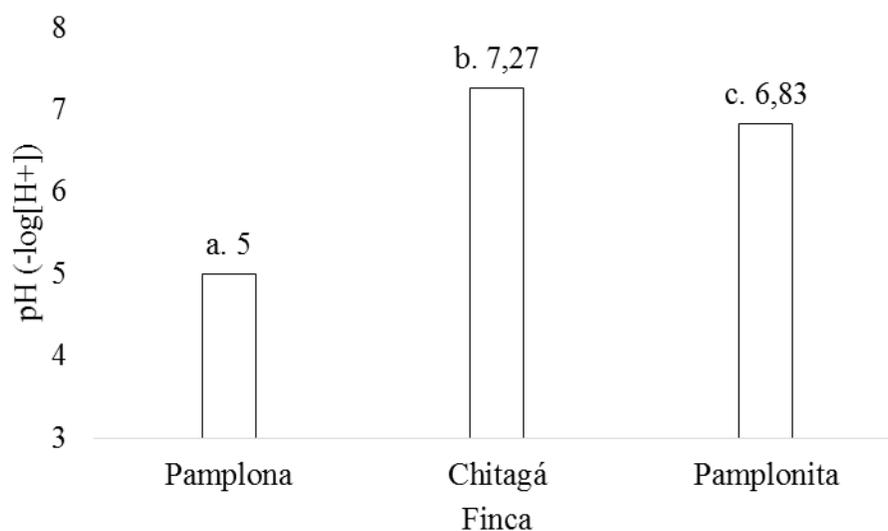


Figura 25. pH de los suelos en las fincas de Pamplona, Chitagá y Pamplonita usando la prueba de comparación de medias de Tukey

En la figura 25 se muestra el valor de las medias obtenida de los pH obtenidos de la muestras de suelos evaluados, las medias obtenidas de los datos fueron de para la obtención de las medias se analizaron los datos recolectados mediante la prueba de comparación múltiple de Tukey,

mostrando un grado de diferencia significativa en un valor de $p < 0,05$ entre las medias del pH con respecto a la finca de donde provenían las muestras.

El pH del suelo condiciona de forma decisiva no sólo la vida de los microorganismos y los importantes procesos en que ellos intervienen sino también la mayor o menor asimilabilidad de muchos elementos químicos que para la planta son esenciales, y la de otros que a determinadas Concentraciones pueden resultar tóxicos y producir en ella graves alteraciones. En las plantas superiores y, debido a los muchos factores fisiológicos que intervienen es muy difícil correlacionar con alguna exactitud su desarrollo óptimo con el pH del suelo. Por otra parte, las plantas crecen dentro de intervalos de pH muy amplios, lo cual dificulta el poder determinar la reacción más adecuada (Navarro & Navarro, 2003).

Según Guerreiro, (1991) citado por Jaramillo, (2002) sostiene que agronómicamente la mayoría de elementos esenciales y de cultivos se comportan bien a pH entre 5.5 y 6.7 y que probablemente el pH óptimo está entre 6.2 y 6.5. Herrón (2001) aclara que en Andisoles este rango está entre 5.5 y 6.0.

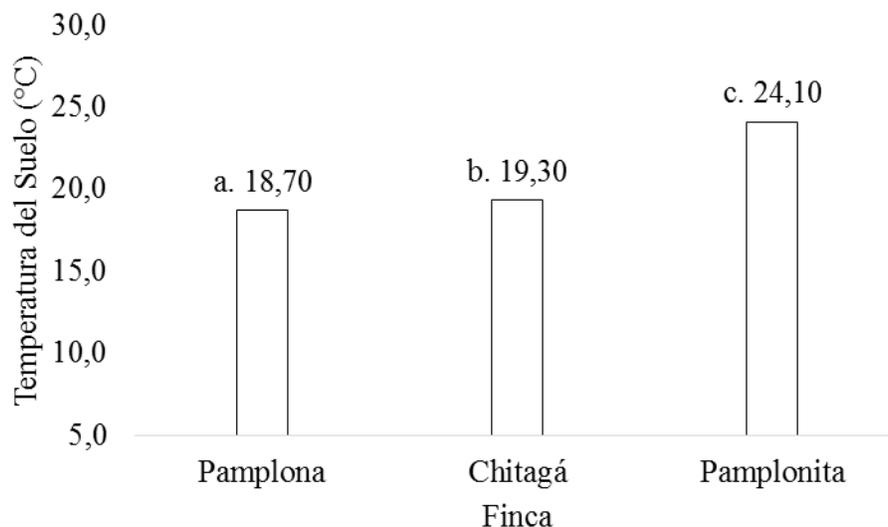


Figura 26. Temperatura del suelo en la finca de Pamplona, Chitagá y Pamplonita usando la prueba de comparación de medias de Tukey

A los datos recolectados en campo se les realizó la prueba de comparación múltiple de Tukey, para obtener las medias de cada uno de los grupos de datos como se muestra en la figura 26, y la significancia que tienen el lugar donde se toma el dato, dando como resultado una diferencia significativa en un valor de $p < 0,05$ entre las medias de las temperatura del suelo en la zona radical.

De los resultados de las medias de las temperaturas registradas en la figura 26, se puede observar que la finca con la temperatura del suelo en la zona radical más alta, con un valor de 24,10 °C es la situada en el municipio de Pamplonita. La temperatura promedio del suelo de la finca situada en el municipio de Chitagá es de 19,30 °C; 0,6 °C más alta que la registrada en la finca del municipio de Pamplona. Estudios realizados por Jaramillo, (2010) realizando un estudio sobre variabilidad espacial de la temperatura superficial del suelo y de algunas variables de producción en cultivos de crisantemo bajo invernadero, mediante un diseño se estudió el efecto que tenían diferentes distancias sobre las variables evaluadas. Las temperaturas que se obtuvieron en las diferentes distancias y profundidades fueron de 20 (°C) promedio, con una temperatura

máxima de 21,4°C y una mínima de 19,4°C en las que la planta tuvo un buen desarrollo fenológico.

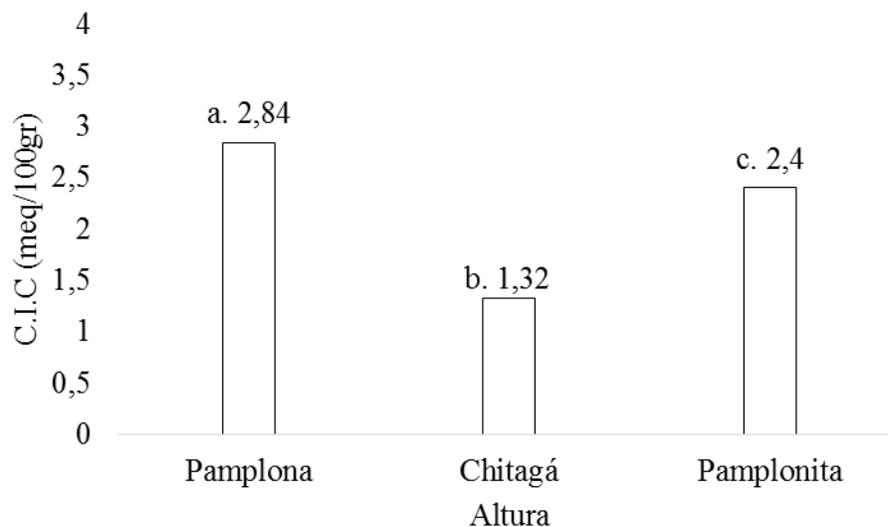


Figura 27. Capacidad de intercambio catiónico en la finca de Pamplona, Chitagá y Pamplonita usando la prueba de comparación de medias de Tukey

Los valores de las medias de los resultados obtenidos de los análisis realizados con la prueba de comparación múltiple de Tukey, fueron 2,84 , 2,4 y 1,32 meq/100g para las fincas situadas en los municipios de Pamplona, Pamplonita y Chitagá respectivamente, mostrando también una diferencia significativa en un valor de $p < 0,05$ entre las medias de los datos.

Los resultados presentes en la figura 27 son muy bajos comparados con los rangos presentados por Castro, (1998) donde hace una estimación de la capacidad de intercambio cationico que puede tener un suelo, donde precisa que suelos con CIC menor a 10 meq/100g se considera baja, de 10 a 20 meq/100g es media y suelos con CIC mayor a 20 meq/100g es alta. Según estas estimaciones y los resultados obtenidos en cada una de las fincas, donde la capacidad de intercambio cationico no supero los 3 (meq/100g) lo cual nos quiere decir que las tres fincas presentan una muy baja CIC. Con esto podemos decir que el suelo presenta una muy baja fertilidad.

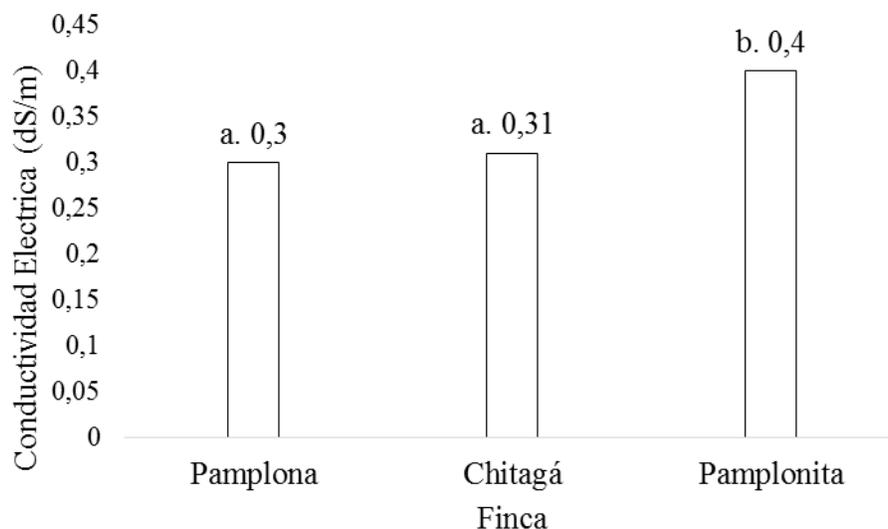


Figura 28. Conductividad eléctrica en las fincas de Pamplona, Chitagá y Pamplonita usando la prueba de comparación de medias de Tukey

Para los datos de conductividad eléctrica se les realizó una prueba de comparación múltiple de Tukey, en la cual se hallaron las medias de los datos, arrojando una similitud en las medias de los datos en el Municipio de Pamplona, reportando una CE de 0,3 (dS/m) y Chitagá con una CE de 0,31 (dS/m). Respecto a la media de los datos recolectados en los análisis de las muestras de suelo provenientes Pamplonita se obtuvo una CE de 0,4 (dS/m), como se muestra en la figura 18. Todas estas con una significancia de un valor de $p < 0,05$.

Según Castro, (1998) para considerar un suelo salino, este debe presentar parámetros químicos como una conductividad eléctrica mayor a 2 (dS/m). Al igual que Abrego, (2012) describe los suelos con una CE menor a 4 (dS/m) como suelos normales o nulos de salinidad. Por otra parte Montico, (2012) describe que para categorizar los suelos se recurre a la clasificación americana de suelos, donde expresan como el límite de 2 (dS/m) para determinar el carácter salino, mientras que el laboratorio de salinidad de los EE.UU. ha establecido el límite en 4 (dS/m). Con lo descrito por los autores anteriores podemos decir que ninguna de las fincas presenta problemas de

salinidad o alcalinidad ya que las fincas ubicadas en los municipios de Pamplona, Chitagá y Pamplonita se encuentran en el rango menor a 2 (dS/m) el cual es normal o no salino.

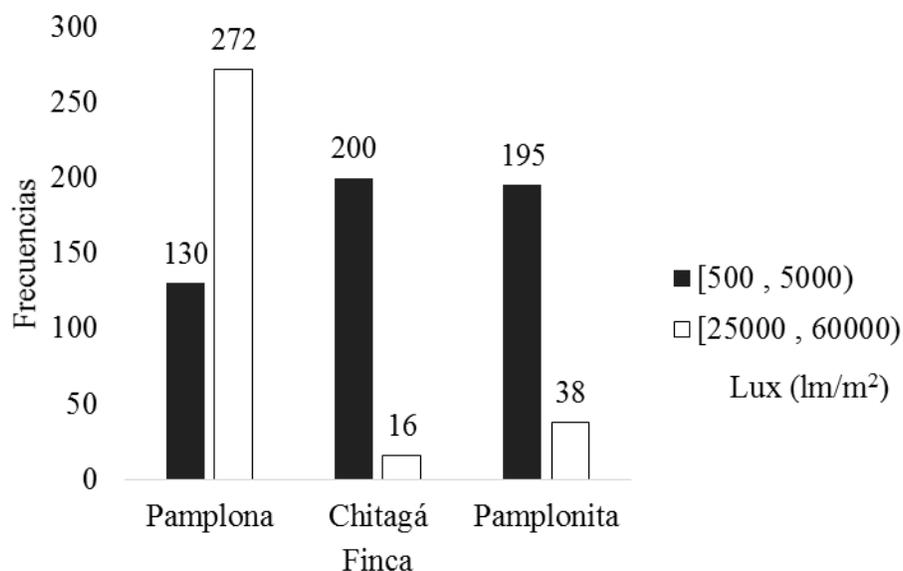


Figura 29. Frecuencia de los niveles de radiación en las fincas de Pamplona, Chitagá y Pamplonita

Los resultados que se muestran en la figura 29, corresponden a la frecuencia con que se presenta cada una de las intensidades de radiación que recibe el suelo en las fincas ubicadas en los Municipios de Pamplona, Chitagá y Pamplonita. La intensidad lumínica con mayor frecuencia presentada en el Municipio de Pamplona fue la comprendida entre los 25000 y 60000 lux, que es considerada una intensidad media-alta. En cuanto a Chitagá y Pamplonita la intensidad lumínica con mayor frecuencia fue la comprendida entre los 500 y 5000 lux, que está considerada como baja intensidad lumínica.

La inclinación y dirección de la superficie del suelo puede crear variaciones localizadas en la intensidad y duración de la exposición a la luz solar. Aunque los efectos de la temperatura de esta variación tiene mayor importancia, las pendientes pronunciadas, orientadas hacia los polos, reciben una radiación directa significativamente menor que otros sitios. (Gliessman, 2002).

La intensidad de luz solar recibida por la superficie del suelo tiende a afectar la temperatura del mismo, afectando también diversos procesos fisicoquímicos del suelo como la circulación de los gases en el suelo y la movilidad del agua como la actividad biológica que este se desarrolla (Gliessman , 2002)

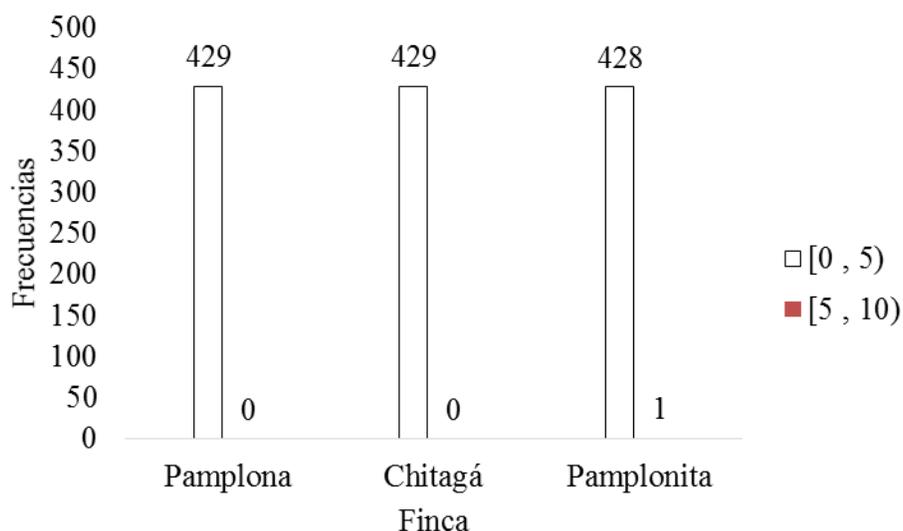


Figura 30. Contenido de humedad del suelo en las fincas de Pamplona, Chitagá y Pamplonita

La lluvia y otras formas de precipitación junto con los riegos, constituye los aportes de agua a los suelos. De ellos, la lluvia se puede considerar como el más importante, ya que su magnitud influye fundamentalmente en su movimiento y destino. Cuando la lluvia alcanza la superficie del suelo, el agua tiende a repartirse en tres fracciones, una se evapora sin llegar a penetrar en el suelo; otra circula por la superficie o se mantiene en ella un determinado tiempo; y una tercera se filtra (Navarro & Navarro, 2003).

El agua del suelo puede clasificarse en: “agua higroscópica” “agua capilar” y “agua gravitacional o libre”. Hay que señalar que en esta clasificación no se incluyen otras dos formas de agua que indudablemente se encuentran también en el suelo: agua de constitución que es la que forma parte de los cristales arcillosos y el vapor de agua del aire del suelo.

A medida que el suelo se va secando debido a la absorción del agua por la planta, o por evaporación directa, el contenido de agua decrece. Cuando en la planta aparecen signos de marchitez se establece la situación de “coeficiente de marchitez” o “humedad crítica”. En estas condiciones, las raíces de las plantas pueden absorber todavía algo de agua, pero no la suficiente para cubrir sus necesidades (Navarro & Navarro, 2003).

9. Conclusiones

Con la determinación de las variables edáficas de las muestras de suelo procedentes de las fincas situadas en los Municipios de Pamplona, Chitagá y Pamplonita, se obtuvieron resultados que muestran condiciones óptimas de los suelos para el correcto desarrollo de un cultivo perenne de clima frío como es el duraznero. La variable que presentó valores muy bajos y que es de gran importancia para la determinar la fertilidad de un suelo fue la capacidad de intercambio catiónico (CIC). Además, se encontró significancia entre las variables edáficas con las de rendimiento, en valores de ($p < 0,001$) y ($p < 0,005$), pero el grado de correlación entre las mismas no fueron altas, estando por debajo de los (0,50), indicando así, que el cambio en una de las variables edáfica no afectarían por si sola algún componente de rendimiento.

Mediante la estimación de las variables edáficas de los suelos procedentes de las fincas situadas en los Municipios de Pamplona, Chitagá y Pamplonita; y el análisis estadístico de los resultados obtenidos utilizando la correlación bilateral de Pearson, se determinó que hay alto grado de correlación entre estas variables, siendo directas o inversas con valores entre (0,50 y 0,80), mostrando así, que el cambio de una de las variables puede afectar otra u otras.

10. Recomendaciones

Se recomienda que los productores realicen un análisis de suelo del lote previo al establecimiento del cultivo o ya establecido, realizarlo cada dos años para ver el comportamiento de todas las propiedades físicas y químicas del suelo.

Se recomienda a los productores realizar labores agronómicas que no pongan en riesgo la salud físico-química del suelo, con el fin de alargar su vida útil, evitando el incremento en los costos de producción por el uso de enmiendas.

Se recomienda el apoyo a futuros proyectos de investigaciones relacionados con el sector agrícola de la región, con el fin de mejorar los procesos productivos.

11. Referencias bibliográficas

- Abrego, F. (2012). *Calidad ambiental de suelos: Determinación de la capacidad de intercambio catiónico*. Buenos Aires: Universidad Nacional.
- Alvarado, A., & Forsythe, W. (2005). Variación de la densidad aparente en órdenes de suelo de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 29(1):, p. 85-94.
- Castellanos, P., & Atehortua, A. (2010). Análisis de situación de salud (ASIS) en municipios de frontera departamento Norte de Santander. *Gobernación de Norte de Santander instituto departamental de salud de Norte de Santander Convenio 485 de OPS/MPS*, p. 142.
- Castro Franco, H. E. (1998). *Fundamentos para el conocimiento y manejo de suelos agrícolas*. Tunja, Boyacá: Instituto Universitario Juan de Castellanos.
- Cepeda Dovala, J. M. (2009). *Química de suelos*. México: Trillas.
- Cerón, P., & García, H. (2009). Propiedades del suelo en bosque y pajonal; reserva natural pueblo viejo, Nariño, Colombia. *Revista U.D.C.A. Act. & Div.cient*, p. 113-120.
- Cuesta, P., Mateus, H., Barros, J., Cajas, S., Martínez, J., & Sánchez, C. (2005). *Procesos tecnológicos para la renovación de praderas degradadas en las regiones caribe y valles interandinos*. Corpoica.
- Edward, C. (2010). métodos para medir la humedad del suelo para la programación del riego ¿cuando? *The University of Arizona, College of Agriculture and Life Sciences*, p. 8.
- Fassbender, H. (1993). *Química del suelo con énfasis en suelos de América Latina*. San José. Costa Rica: IICA.
- Figueroa Sandoval, B., Navarro Bravo, A., Sangerman Jarquín, D., & Osuna Ceja, E. (2012). Propiedades físicas y químicas del suelo bajo labranza de conservación y su relación con el rendimiento de tres cultivos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, p. 690-697.
- Fischer, G., Torres Carvajal, F., & Torres Bazurto, J. (1997). Efecto de la temperatura del suelo sobre la planta (Crecimiento y desarrollo). *Revista Comalfi, Volumen XXIV, Numero 3, Pag. 78-92*.
- Flores Delgadillo, L., & Alcalá Martínez, J. (2010). *Manual de Procedimientos Analíticos*. Mexico: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO.
- Fuentes, R. (2007). Agrosistemas sostenibles y ecológicos: la reconversión agropecuaria. *Ediciones Universidad de Santiago de Compostela*, p. 55.

- Gliessman , S. R. (2002). *Agroecología: Pocosos ecológicos en la agricultura sostenible*. Costa Rica : Litocat.
- Guerra S, A. J., & Mendieta S, J. A. (2011). *Subsoleo en suelos arcillosos masivos y fertilización con magnesio en el cultivo (tesis de pregrado)*. Escuela Agrícola Panamericana: Zamorano, Honduras .
- Henríquez, C., Ortiz, O., Largaespada, K., Portugués, P., Vargas, M., Villalobos, P., & Gómez, D. (2011). DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN, AL CORTE TANGENCIAL, DENSIDAD APARENTE Y TEMPERATURA EN UN SUELO. *Agronomía Costarricense* 35(1): 175-184. ISSN:0377-9424.
- Ingaramo , O., Paz González, A., & Dugo Paton, M. (2003). Evaluación de la densidad aparente en diferentes sistemas de laboreos de suelo, en el NO de la Península Ibérica. *UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE Comunicaciones Científicas y Tecnológicas*, pag 4.
- Ingaramo, O., Paz , A., & Dugo, M. (2003). *Evaluación de la densidad aparente en los diferentes sistemas de laboreos del suelo en el NO de la península Ibérica*. Inga Universidad Nacional Del Nordeste : comunicaciones científicas y tecnológicas.
- Instituto Nacional de Innovacion Agraria. (2002). *El duraznero en Venezuela*. Aragua, Venezuela: Taller de Artes Gráficas del INIA.
- Jaramillo J:, D. F. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo* . Bogotá: Univerisidad Nacional de Colombia.
- Jaramillo, D. (2010). Variabilidad espacial de la temperatura superficial del suelo y de algunas variables de producción en cultivos de crisantemo bajo invernadero. *Revista 68 Científica UDO Agrícola* 10 (1), 68-75.
- Lanchimba , S. (2012). *Uso potencial del suelo para el cultivo de pasturas en las zonas de influencia del canal del riego* . Universidad Politecnica Salesiana: Quito, Ecuador.
- Lara, P., & Alegre, J. (1991). Efecto de los animales en pastoreo sobre las propiedades físicas de suelos de la región tropical húmeda de Perú. *Pasturas Tropicales*13(1), p. 18-23.
- Lincoln, Z., Michael , D., Dukes, & Kelly , T. (2013). Interpretación del contenido de la humedad del suelo para determinar capacidad de campo y evitar riego excesivo en suelos arenosos utilizando sensores de humedad. *Universidad de Florida*, p. 4.
- López, A. (2006). *Manual de edafología*. Sevilla: Universidad de sevilla.

- Lozano P, Z., Albano, M., Rodríguez, G., Lobo, D., Hernández, R. M., Saddy, J., . . . Caballero, R. (2013). Cambios en la fertilidad de un suelo luego de 13 años bajo manejo con duraznero). *Venesuelos*, p. 6.
- Martinez , L., Giraldo, R., & Valbuena, C. (2008). Variabilidad espacial del suelo y su relación con el rendimiento del mango (*Mangifera indica* L.). *Rev. Bras. Frutic. (Brasil)*. 30(4):1146-1151, p. 6.
- Montico, S. (2012). Principios para el manejo de situaciones con suelos salinos y alcalinos . *Universidad Nacional del Rosario*, 6.
- Murillo, R., Villafañe, R., Basso, C., & Trujillo, A. (2008). Evaluación de un equipo de reflectometría de dominio temporal (TDR) para registros de humedad en un suelo franco. *Rev. Fac. Agron. v.25 n.2*, 12.
- Narro Farías, E. (1994 (Reimp 2004)). *Física de suelos: con enfoque agrícola*. Tillas S.A. de C.V: Mexico.
- Navarro Blaya, S., & Navarro garcia , G. (2003). *Química agrícola, el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Núñez, J. (1981). Fundamentos de Edafología. *Costa Rica. Ediciones Universidad Estatal a Distancia San José*, p. 90.
- Palomino, A. R. (2007). *Efecto de la humedad del suelo sobre el potencial productivo y la compactación en sistemas de producción ganadero en zonas de ladera en la Tulia, Bolovar*. Palmira: Universidad nacional de colombia sede palmira.
- Parra, A., Fernández, R., Navarro, C., & Arquero, O. (2003). Los suelos y la fertilización del olivar cultivado en zonas calcáreas. *Ediciones Mundi-Prensa*, p. 37.
- Peñaranda, G. (2012). Análisis de costos de producción de durazno (*P. persica*) en la provincia de Pamplona Norte de Santander. *Ingeniero Agrónomo MSc, Docente Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona*, p. 18.
- Pérez B, J., Cortes D, D., & Camacho T, J. H. (2013). Relacion espacial entre la conductividad electrica y algunas propiedades quimicas del suelo. *U.D.C.A Act. & Div. Cient. 16(2): 401-408*, p. 8.
- Peréz G, S. (2007). *Ecofisiología, mejoramiento genético y manual para su cultivo*. Querétaro, México: Universidad Autonoma de Queretaro.
- Pinzón, A., & Amézquita, E. (1991). Compactación de suelos por el pisoteo de animales en pastoreo en el Piedemonte amazónico de Colombia. *Pasturas Tropicales 13(2):*, p. 21-26.

- Pinzón, E., Cruz Morillo, A., & Fischer, G. (2014). Aspectos fisiológicos del duraznero (*Prunus persica* [L.] BATSCH) En el trópico alto. Una revisión. *Rev. U.D.C.A. Act. & Div. Cient.* 17(2), p. 401-411.
- Rodríguez Fuentes, H., & Rodríguez Absi, J. (2002). *Metodos de analisis de suelos y plantas, criterios de interpretacion* . Trillas, S. A. de C.V : Mexico .
- Rubio , A. (2010). *La densidad aparente en suelos forestales del parque natural los alcornocales (tesis de grado)*. Universidad de Sevilla: Sevilla.
- Sellés , G., Fereyra, R., Ruiz, R., Busto , R., & Ahumada, R. (2012). *Compactacion del suelo y su control: estudio de casos en el valle de aconcagua*. Santiago de Chile : BOLETÍN INIA - N° 234.
- Sierra Bernal, C. (2003). Fertilización de cultivos y frutales en la zona norte. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias Centro Regional de Investigación Intihuasi Chile* , 70.
- Taboada, M. (2007). *Efectos del pisoteo y pastoreo animal sobre suelos en siembra directa. 4° Simposio de Ganadería en Siembra Directa.*, Aapresid. Potrero de los Funes. San Luis: p. 71-83.
- Taboada, M. A., & Miccucci, F. G. (2002). *Fertilización física de los suelos*. Facultad de Agronomía: Universidad de Buenos Aires, Argentina. p.79.
- Unigarro Sánchez, A. E., & Carreño Castellanos, M. (2005). *Metodos quimicos para el analisis de suelos* . Universidad de Nariño - seccion de laboratorios y equipos: San Juan de Pasto.
- Unigarro Sánchez, A. E., Insuasty Bravo, R. L., & Chavez Jurado, G. E. (2009). *Manual de practicas de laboratorio de suelos generales* . Editorial Universitaria - Universidad de Nariño: Nariño.
- Vazquez , M. E. (2005). *Calcio y Magnesio, Acidez y alcalinidad del suelo. En fertilidad del suelo y fertilizacion de cultivos*. Buenos Aires, Argentina: Ediciones INTA.

12. Anexos

Anexo 1

Datos promedios de la densidad aparente usando la prueba de comparación múltiple de Tukey

Finca	N	Subconjunto		
1	428	a	0,8997	
3	429	c		0,9349
2	429	b		1,0671

Valores seguidos con diferente letra son significativamente diferentes con $P < 0,05$

Anexo 2

Datos promedios de la densidad real usando la prueba de comparación múltiple de Tukey

Finca	N	Subconjunto		
1	428	a	1,2129	
3	429	c		1,4198
2	429	b		1,5888

Valores seguidos con diferente letra son significativamente diferentes con $P < 0,05$,

Anexo 3

Datos promedios de la porosidad usando la prueba de comparación múltiple de Tukey

Finca	N	Subconjunto		
		a	b	c
1	428	a	25,7059	
2	429	b		32,6666
3	429	c		34,0430

Valores seguidos con diferente letra son significativamente diferentes con $P < 0,05$

Anexo 4

Datos promedios de la humedad Gravimétrica (%) usando la prueba de comparación múltiple de Tukey

Finca	N			Subconjunto
2	429	b	0,0292	
3	429	c		0,0516
1	428	a		0,0717

Valores seguidos con diferente letra son significativamente diferentes con $P < 0,05$

Anexo 5

Datos promedios de la Contenido de materia orgánica (%) usando la prueba de comparación múltiple de Tukey

Finca	N			Subconjunto
2	429	b	0,0354	
3	429	c		0,0988
1	428	a		0,1129

Valores seguidos con diferente letra son significativamente diferentes con $P < 0,05$

Anexo 6

Datos promedios del pH usando la prueba de comparación múltiple de Tukey

Finca	N			Subconjunto
1	428	a	5,00	
3	429	c		6,83
2	429	b		7,27

Valores seguidos con diferente letra son significativamente diferentes con $P < 0,05$

Anexo 10

Frecuencias de los niveles de intensidad de lux

Anexo 7

Datos promedios del C.I.C usando la prueba de comparación múltiple de Tukey

Finca	N	Subconjunto	
2	429	b	1,32
3	429	c	2,40
1	428	a	2,84

seguidos con diferente letra son significativamente diferentes con $P < 0,05$

V
a
l
o
r
e
s

Anexo 8

Datos promedios del conductividad eléctrica usando la prueba de comparación múltiple de Tukey

Finca	N	Subconjunto	
1	428	a	316,897
2	429	a	323,524
3	429	b	406,545

Valores seguidos con diferente letra son significativamente diferentes con $P < 0,05$

Anexo 9

Frecuencias de la Humedad del suelo (%)

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	79	5,8	5,8	5,8
[0 , 5)	1286	94,1	94,1	99,9
[5 , 10)	1	,1	,1	100,0
Total	1366	100,0	100,0	

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	79	5,8	5,8	5,8
[0 , 500)	154	11,3	11,3	17,1
[10000 , 25000)	32	2,3	2,3	19,4
[25000 , 60000)	54	4,0	4,0	23,4
[500 , 5000)	667	48,8	48,8	72,2
[5000 , 10000)	379	27,7	27,7	99,9
[60000 , 80000]	1	,1	,1	100,0
Total	1366	100,0	100,0	

Anexo 11

Pruebas de efectos inter-sujetos de las variables

Origen	Variable dependiente	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	Resistencia mecánica (Kg/cm ²)	13,167 ^a	2	6,583	10,783	,000
	D aparente	6,682 ^b	2	3,341	772,910	,000
	D real	30,403 ^c	2	15,201	2880,386	,000
	Porosidad	17129,533 ^d	2	8564,766	300,516	,000
	Humedad Gravimétrica %	0,385 ^e	2	0,193	354,647	,000
Intersección	Resistencia mecánica (Kg/cm ²)	5461,843	1	5461,843	8946,071	,000
	Densidad aparente	1204,100	1	1204,100	278563,728	,000
	Densidad real	2548,454	1	2548,454	482884,925	,000
	Porosidad	1221363,401	1	1221363,401	42854,597	,000
	Humedad Gravimétrica %	3,319	1	3,319	6107,206	,000
Finca	Resistencia mecánica (Kg/cm ²)	13,167	2	6,583	10,783	,000
	Densidad aparente	6,682	2	3,341	772,910	,000
	Densidad real	30,403	2	15,201	2880,386	,000
	Porosidad	17129,533	2	8564,766	300,516	,000
	Humedad Gravimétrica %	0,385	2	0,193	354,647	,000
Error	Resistencia mecánica (Kg/cm ²)	783,920	1284	,611		
	Densidad aparente	5,550	1284	,004		
	Densidad real	6,776	1284	,005		
	Porosidad	36594,221	1284	28,500		
	Humedad gravimétrica %	,698	1284	,001		
Total	Resistencia mecánica (Kg/cm ²)	6258,930	1287			
	Densidad aparente	1216,332	1287			
	Densidad real	2585,633	1287			
	Porosidad	1275087,155	1287			
	Humedad gravimétrica %	4,402	1287			0
Total corregido	Resistencia mecánica (Kg/cm ²)	797,087	1286			
	Densidad aparente	12,232	1286			
	Densidad real	37,179	1286			
	Porosidad	53723,754	1286			
	Humedad gravimétrica %	1,083	1286			

a. R al cuadrado = 0,017 (R al cuadrado ajustada = 0,015)

b. R al cuadrado = 0,546 (R al cuadrado ajustada = 0,546)

c. R al cuadrado = 0,818 (R al cuadrado ajustada = 0,817)

d. R al cuadrado = 0,319 (R al cuadrado ajustada = 0,318)

e. R al cuadrado = 0,356 (R al cuadrado ajustada = 0,355)

Anexo 12

Pruebas de efectos inter-sujetos de las variables

Origen	Variable dependiente	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	Contenido de M.O %	1,463 ^a	2	,731	1708,025	,000
	pH	1234,192 ^b	2	617,096	4188,869	,000
	C.I.C	521,713 ^c	2	260,857	1707,144	,000
	C.E	2149533,105 ^d	2	1074766,552	39,683	,000
	N de fruto por árbol	51665786,615 ^e	2	25832893,308	73,501	,000
Intersección	Contenido de M.O %	8,733	1	8,733	20396,116	,000
	pH	52173,560	1	52173,560	354156,013	,000
	C.I.C	6146,198	1	6146,198	40223,023	,000
	C.E	156657391,112	1	156657391,112	5784,181	,000
	N de fruto por árbol	3900541636,538	1	3900541636,538	11098,017	,000
Finca	Contenido de M.O %	1,463	2	,731	1708,025	,000
	pH	1234,192	2	617,096	4188,869	,000
	C.I.C	521,713	2	260,857	1707,144	,000
	C.E	2149533,105	2	1074766,552	39,683	,000
	N de fruto por árbol	51665786,615	2	25832893,308	73,501	,000
Error	Contenido de M.O %	,550	1284	,000		
	pH	189,156	1284	,147		
	C.I.C	196,199	1284	,153		
	C.E	34775550,783	1284	27083,762		
	N de fruto por árbol	451278421,846	1284	351462,945		
Total	Contenido de M.O %	10,746	1287			
	pH	53596,908	1287			
	C.I.C	6864,110	1287			
	C.E	193582475,000	1287			
	N de fruto por árbol	4403485845,000	1287			
Total corregido	Contenido de M.O %	2,013	1286			
	pH	1423,348	1286			
	C.I.C	717,912	1286			
	C.E	36925083,888	1286			
	N de fruto por árbol	502944208,462	1286			

a. R al cuadrado = 0,727 (R al cuadrado ajustada = 0,726)

b. R al cuadrado = 0,867 (R al cuadrado ajustada = 0,867)

c. R al cuadrado = 0,727 (R al cuadrado ajustada = 0,726)

d. R al cuadrado = 0,058 (R al cuadrado ajustada = 0,057)

e. R al cuadrado = 0,103 (R al cuadrado ajustada = 0,101)

Anexo 13

Pruebas de efectos inter-sujetos de las variables

Origen	Variable dependiente	Tipo III de suma de		Media		
		cuadrados	gl	cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	Hoja Largo (cm)	180,086 ^a	2	90,043	12,822	,000
	Hoja Ancho (cm)	159,853 ^b	2	79,927	102,735	,000
	Hoja largo por ancho del limbo (cm2)	30426,222 ^c	2	15213,111	74,151	,000
	IAF	451,219 ^d	2	225,609	72,286	,000
	Índice de clorofila Index	885654,976 ^e	2	442827,488	17,282	,000
Intersección	Hoja Largo (cm)	114472,054	1	114472,054	16300,555	,000
	Hoja Ancho (cm)	10095,179	1	10095,179	12976,053	,000
	Hoja largo por ancho del limbo (cm2)	1048004,522	1	1048004,522	5108,142	,000
	IAF	38471,832	1	38471,832	12326,581	,000
	Índice de clorofila Índice	91164612,346	1	91164612,346	3557,925	,000
Finca	Hoja Largo (cm)	180,086	2	90,043	12,822	,000
	Hoja Ancho (cm)	159,853	2	79,927	102,735	,000
	Hoja largo por ancho del limbo (cm2)	30426,222	2	15213,111	74,151	,000
	IAF	451,219	2	225,609	72,286	,000
	Índice de clorofila Índice	885654,976	2	442827,488	17,282	,000
Error	Hoja Largo (cm)	9017,001	1284	7,023		
	Hoja Ancho (cm)	998,933	1284	,778		
	Hoja largo por ancho del limbo (cm2)	263429,991	1284	205,164		
	IAF	4007,424	1284	3,121		
	Índice de clorofila Índice	32899896,678	1284	25622,972		
Total	Hoja Largo (cm)	123669,140	1287			
	Hoja Ancho (cm)	11253,966	1287			
	Hoja largo por ancho del limbo (cm2)	1341860,735	1287			
	IAF	42930,475	1287			
	Índice de clorofila Índice	124950164,000	1287			
Total corregido	Hoja Largo (cm)	9197,086	1286			
	Hoja Ancho (cm)	1158,786	1286			
	Hoja largo por ancho del limbo (cm2)	293856,213	1286			
	IAF	4458,643	1286			
	Índice de clorofila Índice	33785551,654	1286			

a. R al cuadrado = 0,020 (R al cuadrado ajustada = 0,018)

b. R al cuadrado = 0,138 (R al cuadrado ajustada = 0,137)

c. R al cuadrado = 0,104 (R al cuadrado ajustada = 0,102)

d. R al cuadrado = 0,101 (R al cuadrado ajustada = 0,100)

e. R al cuadrado = 0,026 (R al cuadrado ajustada = 0,025)

Anexo 14

Pruebas de efectos inter-sujetos de las variables

Origen	Variable dependiente	Tipo III de suma de				
		cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	Temperatura del suelo °C	7453,199 ^a	2	3726,599	475,951	,000
	Índice de clorofila promedio	267326,643 ^b	2	133663,322	9,997	,000
	Peso de frutos por árbol	75086,746 ^c	2	37543,373	23,602	,000
Intersección	Temperatura del suelo °C	553971,502	1	553971,502	70751,772	,000
	Índice de clorofila promedio	93383890,767	1	93383890,767	6984,488	,000
	Peso de frutos por árbol	24292726,347	1	24292726,347	15271,853	,000
Finca	Temperatura del suelo °C	7453,199	2	3726,599	475,951	,000
	Índice de clorofila promedio	267326,643	2	133663,322	9,997	,000
	Peso de frutos por árbol	75086,746	2	37543,373	23,602	,000
Error	Temperatura del suelo °C	10045,620	1283	7,830		
	Índice de clorofila promedio	17153945,297	1283	13370,183		
	Peso de frutos por árbol	2040850,388	1283	1590,686		
Total	Temperatura del suelo °C	571555,000	1286			
	Índice de clorofila promedio	110794400,250	1286			
	Peso de frutos por árbol	26405766,118	1286			
Total corregido	Temperatura del suelo °C	17498,819	1285			
	Índice de clorofila promedio	17421271,940	1285			
	Peso de frutos por árbol	2115937,134	1285			

a. R al cuadrado = 0,426 (R al cuadrado ajustada = 0,425)

b. R al cuadrado = 0,015 (R al cuadrado ajustada = 0,014)

c. R al cuadrado = 0,035 (R al cuadrado ajustada = 0,034)