



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 1

Neiva, 11 de Diciembre de 2017

Señores:

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

NEIVA

El (Los) suscrito(s): MIGUEL ANGEL ERAZO SALAMANCA, con C.C. No. 1083903017 de Pitalito, autor del trabajo de grado modalidad de pasantía titulado: **CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL SUELO PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PLANES DE FERTILIZACIÓN EN CINCO FINCAS GANADERAS DEL MUNICIPIO DE TIMANÁ-HUILA**. Presentado y aprobado en el año 2017 como requisito para optar al título de Ingeniero Agrícola; autorizo al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

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

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

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: Miguel Angel Erazo Salamanca

Vigilada Mineducación



**TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL SUELO PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PLANES DE FERTILIZACIÓN EN CINCO FINCAS GANADERAS DEL MUNICIPIO DE TIMANÁ-HUILA.**

**AUTOR O AUTORES:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
ERAZO SALAMANCA	MIGUEL ANGEL

**DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
MUJICA RODRIGUEZ	EDINSON

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE: INGENIERO AGRÍCOLA**

**FACULTAD: INGENIERÍA**

**PROGRAMA: INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**CIUDAD: NEIVA      AÑO DE PRESENTACIÓN: 2017      NÚMERO DE PÁGINAS: 67**

**TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):**

Diagramas\_\_\_ Fotografías\_\_\_ Grabaciones en discos\_\_\_ Ilustraciones en general X Grabados\_\_\_ Láminas\_\_\_  
Litografías\_\_\_ Mapas\_\_\_ Música impresa\_\_\_ Planos\_\_\_ Retratos\_\_\_ Sin ilustraciones\_\_\_ Tablas o Cuadros X

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

Vigilada mieducación



<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>2 de 3</b>
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

**MATERIAL ANEXO:**

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

**PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:**

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. suelo	soil
2. propiedades fisicoquímicas	physicochemical properties
3. fertilización	fertilization
4. pasturas	Pastures
5. ganadería	livestock

**RESUMEN DEL CONTENIDO:** (Máximo 250 palabras)

Con el propósito de crear un plan de fertilización de pasturas para cinco fincas del municipio de Timaná Huila, se realizó una caracterización fisicoquímica de los suelos de cada predio. Para ello se hizo un muestreo de suelos; se determinaron las propiedades físicas e hidrodinámicas: color, textura, densidad aparente, densidad real, porosidad, infiltración, conductividad hidráulica, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y agua aprovechable. Las propiedades químicas determinadas fueron: pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico (CIC), materia orgánica (MO), macro elementos y micro elementos.

Mediante diagnóstico de los sistemas de producción ganadera se logró determinar bajos niveles productivos, por ejemplo la obtención de materia seca 12.6 ton/ha-año, 30 % menos comparado con los índices de productividad a nivel nacional, estos niveles productivos pueden relacionarse con la fertilidad del suelo puesto que se determinó desbalance en ciertas propiedades fisicoquímicas, por ejemplo, un bajo contenido en el valor promedio de materia orgánica (3.13%), bajos niveles de nitrógeno (0,16%), pH medio 5,34 que indica acidez en el suelo, exceso de potasio (1,68 cmol/kg), infiltración (0.33 cm/hr) y conductividad hidráulica (1.37 cm/hr) clasificadas como lenta, y densidad aparente típica de suelos compactados. se creó un plan de fertilización de pasturas para cada finca, basados de manera general en la aplicación de Cal Dolomita para corregir los problemas de acidez, aplicación de nitrógeno con el objetivo de estimular la actividad fotosintética, zinc y boro que son elementos fundamentales para la absorción edáfica de nutrientes y productos con contenido de fosforo para promover el enraizamiento.



**ABSTRACT:** (Máximo 250 palabras)

With the purpose of creating a pasture fertilization plan for five farms in the municipality of Timaná Huila, a physical-chemical characterization of the soils of each farm was carried out. To do this, soil sampling was done; the physical and hydrodynamic properties were determined: color, texture, bulk density, real density, porosity, infiltration, hydraulic conductivity, field capacity, permanent wilting point and usable water. The chemical properties determined were: pH, electrical conductivity, cation exchange capacity (CIC), organic matter (OM), macro elements and micro elements.

By means of a diagnosis of livestock production systems, it was possible to determine low production levels, for example, obtaining dry matter 12.6 tons / ha-year, 30% less compared to productivity levels at the national level, these productive levels can be related to fertility of the soil since it was determined imbalance in certain physicochemical properties, for example, a low content in the average value of organic matter (3.13%), low levels of nitrogen (0.16%), average pH 5.34 indicating acidity in soil, excess potassium (1.68 cmol / kg), infiltration (0.33 cm / hr) and hydraulic conductivity (1.37 cm / hr) classified as slow, and bulk density typical of compacted soils. a pasture fertilization plan was created for each farm, based in a general way on the application of Cal Dolomite to correct the problems of acidity, application of nitrogen with the aim of stimulating the photosynthetic activity, zinc and boron that are fundamental elements for the edaphic absorption of nutrients and products with phosphorus content to promote rooting.

**APROBACION DEL PROYECTO**

  
**JOEL GIRÓN HERNANDEZ**  
PhD. Ciencia e Ingeniería de Alimentos

Jurado

  
**JOHN JAIRO AREVALO HERNANDEZ**

MSc en ingeniería agrícola

Jurado

  
**EDINSON MUJICA RODRIGUEZ**

MSc en ingeniería agrícola y uso integral del agua

Director

Vigilada mieducación

**CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL SUELO PARA EL  
ESTABLECIMIENTO DE PLANES DE FERTILIZACIÓN EN CINCO FINCAS  
GANADERAS DEL MUNICIPIO DE TIMANÁ-HUILA.**

**MIGUEL ANGEL ERAZO SALAMANCA**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**INGENIERIA AGRICOLA**

**PITALITO**

**2017**

**CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL SUELO PARA EL  
ESTABLECIMIENTO DE PLANES DE FERTILIZACIÓN EN CINCO FINCAS  
GANADERAS DEL MUNICIPIO DE TIMANÁ – HUILA.**

**Trabajo de grado para optar el título de:**

**INGENIERO AGRÍCOLA**

**MIGUEL ANGEL ERAZO SALAMANCA**

**Director de Pasantía**

**EDINSON MUJICA RODRIGUEZ**

**Maestro en Ingeniería agrícola y uso integral del agua**

**Supervisor**

**LUIS ARMANDO MAMIAN MESA**

**Gerente CPG “AGROSUR”**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

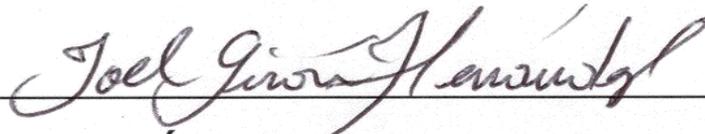
**INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**PITALITO**

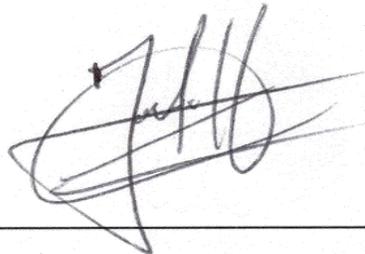
**2017**

Nota de aceptación

*Trabajo Aprobado.*



**JOEL GIRÓN HERNANDEZ**  
PhD. Ciencia e Ingeniería de Alimentos  
Jurado



**JOHN JAIRO AREVALO HERNANDEZ**  
MSc en ingeniería agrícola  
Jurado



**EDINSON MUJICA RODRIGUEZ**  
MSc en ingeniería agrícola y uso integral del agua  
Director

*A Dios por su inmensa misericordia, a mis padres Julio Erazo y María Orfelina Salamanca por su ejemplo y esfuerzo, a mis hermanos y familiares por su gran apoyo, a Paola mi novia, amigos, compañeros y docentes de la Universidad Surcolombiana, a todos aquellos que de manera directa o indirecta han contribuido a mi formación como Ingeniero Agrícola.*

## TABLA CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	11
2	OBJETIVOS .....	13
2.1	OBJETIVO GENERAL.....	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
3	JUSTIFICACIÓN .....	14
4	REVISIÓN LITERARIA.....	15
4.1	EL SUELO.....	15
4.2	PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO.....	15
4.2.1	EL COLOR DEL SUELO .....	15
4.2.2	TEXTURA.....	15
4.2.3	ESTRUCTURA DEL SUELO.....	17
4.2.4	DENSIDAD APARENTE DEL SUELO.....	18
4.2.5	DENSIDAD REAL DEL SUELO.....	18
4.2.6	POROSIDAD DEL SUELO.....	19
4.2.7	INFILTRACIÓN.....	19
4.2.8	CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA.....	19
4.2.9	RETENCIÓN DE HUMEDAD DEL SUELO .....	20
4.3	PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO.....	20
4.3.1	pH.....	20
4.3.2	CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA.....	21
4.3.3	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO (CIC) .....	21
4.3.4	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE).....	22
4.3.5	MACRO Y MICRO ELEMENTOS.....	22
4.4	FERTILIZACIÓN DE PASTURAS .....	22
5	MATERIALES Y MÉTODOS .....	25
5.1	LOCALIZACIÓN.....	25
5.1.1	CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS DE LA ZONA.....	26
5.2	METODOLOGÍA.....	26
5.2.1	ETAPA 1. DOCUMENTACION BIBLIOGRAFICA Y RECONOCIMIENTO DE CAMPO.....	27
5.2.2	ETAPA 2. CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO.....	27

5.2.3 ETAPA 3. ANALISIS DE RESULTADOS Y CREACIÓN DE LOS PLANES DE FERTILIZACIÓN .....	30
6 RESULTADOS Y DISCUSION .....	32
6.1 DIAGNÓSTICO DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN .....	32
6.2 DESCRIPCIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO.....	33
6.3 DESCRIPCIÓN DE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO .....	41
7 CONCLUSIONES .....	51
8 RECOMENDACIONES.....	52
9 BIBLIOGRAFÍA.....	53
10 ANEXOS .....	58

## LISTA DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b> Clasificación de la textura según el tamaño de partículas (USDA). .....	16
<b>TABLA 2.</b> Clases texturales del suelo. ....	16
<b>TABLA 3.</b> Extracción anual de nutrientes de algunas especies forrajeras. ....	23
<b>TABLA 4.</b> Factor de Conversión de Nutrientes a Compuestos. ....	23
<b>TABLA 5.</b> Georeferenciación de las fincas. ....	26
<b>TABLA 6.</b> Indicadores de producción de las fincas caracterizadas. ....	32
<b>TABLA 7.</b> Resumen estadístico de las propiedades físicas e hidrodinámicas. ....	33
<b>TABLA 8.</b> Resultados determinación de color. ....	34
<b>TABLA 9.</b> Clasificación textural de las muestras analizadas. ....	35
<b>TABLA 10.</b> Resultados determinación de densidad aparente. ....	36
<b>TABLA 11.</b> Resultados determinación de densidad real. ....	36
<b>TABLA 12.</b> Resultados determinación de Porosidad. ....	37
<b>TABLA 13.</b> Resultados de la prueba de infiltración. ....	38
<b>TABLA 14.</b> Resultados prueba de conductividad hidráulica. ....	38
<b>TABLA 15.</b> Resultados determinación de la capacidad de campo. ....	39
<b>TABLA 16.</b> Resultados determinación del punto de marchitez permanente. ....	40
<b>TABLA 17.</b> Resultados determinación de agua aprovechable. ....	40
<b>TABLA 18.</b> Resumen estadístico de algunas propiedades químicas. ....	41
<b>TABLA 19.</b> Resultados determinación de pH. ....	41
<b>TABLA 20.</b> Resultados determinación conductividad eléctrica. ....	42
<b>TABLA 21.</b> Resultados determinación Capacidad de intercambio catiónico. ....	43
<b>TABLA 22.</b> Resultados determinación de materia orgánica. ....	43
<b>TABLA 23.</b> Resumen estadístico de los macro-elementos. ....	44
<b>TABLA 24.</b> Resultado determinación de Nitrógeno. ....	45
<b>TABLA 25.</b> Resultado determinación de Fosforo. ....	45
<b>TABLA 26.</b> Resultados determinación de Potasio. ....	46
<b>TABLA 27.</b> Resumen estadístico de los micro-elementos. ....	46
<b>TABLA 28.</b> Requerimientos nutricionales del pasto estrella (Cynodon plectostachius) .....	47
<b>TABLA 29.</b> Plan de fertilización para la finca Santa Lucia. ....	48
<b>TABLA 30.</b> Plan de fertilización para la finca Buenos Aires. ....	49
<b>TABLA 31.</b> Plan de fertilización para la finca 3 La Florida. ....	49
<b>TABLA 32.</b> Plan de fertilización para la finca 4 Guayamba. ....	50
<b>TABLA 33.</b> Plan de fertilización para la finca 5 Lucitania. ....	50
<b>TABLA 34.</b> Rangos de clasificación de la densidad real, densidad aparente y porosidad del suelo. ....	58

<b>TABLA 35.</b> Rangos de clasificación de la infiltración y conductividad hidráulica del suelo. ....	58
<b>TABLA 36.</b> Rangos de clasificación conductividad eléctrica y afectación .....	59
<b>TABLA 37.</b> Rangos de clasificación de pH.....	59
<b>TABLA 38.</b> Rangos de clasificación de la capacidad de intercambio catiónico.....	60
<b>TABLA 39.</b> Rango de clasificación de la materia orgánica.....	60

## **LISTA DE FIGURAS**

<b>FIGURA 1.</b> Ubicación Geográfica del Municipio de Timaná. ....	25
---	----

## **ANEXOS**

<b>ANEXO 1 .</b> Clasificación de las propiedades físicas y químicas del suelo. ....	58
<b>ANEXO 2 .</b> Resultados del análisis químico del suelo de las cinco fincas caracterizadas.....	62
<b>ANEXO 3 .</b> Encuesta aplicada para la elaboración del diagnóstico de producción bovina. ....	67

## RESUMEN

Con el propósito de crear un plan de fertilización de pasturas para cinco fincas del municipio de Timaná Huila, se realizó una caracterización fisicoquímica de los suelos de cada predio. Para ello se hizo un muestreo de suelos teniendo en cuenta el protocolo y recomendaciones del manual elaborado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi; se determinaron las propiedades físicas e hidrodinámicas: color, textura, densidad aparente, densidad real, porosidad, infiltración, conductividad hidráulica, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y agua aprovechable. Las propiedades químicas determinadas fueron: pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico (CIC), materia orgánica (MO), macro elementos (N, P, Ca, Mg, K, S) y micro elementos (Fe, Mn, Cu, Zn, B).

Mediante un diagnóstico de los sistemas de producción ganadera se logró determinar bajos niveles productivos, por ejemplo la obtención de materia seca 12.6 ton/ha-año, 30 % menos comparado con los índices de productividad a nivel nacional, estos niveles productivos pueden relacionarse con la fertilidad del suelo puesto que se determinó desbalance en ciertas propiedades fisicoquímicas, por ejemplo, un bajo contenido en el valor promedio de materia orgánica (3.13%), bajos niveles de nitrógeno (0,16%), pH medio 5,34 que indica acidez en el suelo, exceso de potasio (1,68 cmol/kg), infiltración (0.33 cm/hr) y conductividad hidráulica (1.37 cm/hr) clasificadas como lenta, y densidad aparente típica de suelos compactados. Con la caracterización de los suelos se creó un plan de fertilización de pasturas para cada finca, basados de manera general en la aplicación de Cal Dolomita para corregir los problemas de acidez, aplicación de nitrógeno con el objetivo de estimular la actividad fotosintética, zinc y boro que son elementos fundamentales para la absorción edáfica de nutrientes y productos con contenido de fosforo para promover el enraizamiento.

**Palabras clave:** suelo, propiedades fisicoquímicas, fertilización, pasturas, ganadería.

## ABSTRACT

With the purpose of creating a pasture fertilization plan for five farms in the municipality of Timaná Huila, a physicochemical characterization of the soils of each farm was carried out. For this purpose, a soil sampling was done taking into account the protocol and recommendations of the manual elaborated by the Agustín Codazzi Geographic Institute; the physical and hydrodynamic properties were determined: color, texture, apparent density, real density, porosity, infiltration, hydraulic conductivity, field capacity, permanent wilting point and usable water. the chemical properties determined were: pH, electric conductivity, macro elements (N, P, Ca, Mg, K, S) and microelements (Fe, Mn, Cu, Fe, Mn, Zn, B).

Through a diagnosis of livestock production systems it was possible to determine low production levels, for example the production of dry matter 12.6 tons / ha-year, 30% less compared to the productivity indices at the national level, these productive levels can be related to the soil fertility because was determined unbalance in certain physicochemical properties, for example, a low content in the average value of organic matter (3.13%), low levels of nitrogen (0.16%), average pH 5.34 indicates soil acidity, excess potassium (1.68 Cmol / kg), infiltration (0.33 cm / hr) and hydraulic conductivity (1.37 cm / hr) classified as slow, and apparent density typical of compacted soils. With the characterization of the soils, a pasture fertilization plan was created for each farm, based in general on the application of Cal Dolomite to correct the problems of acidity, nitrogen application with the objective of stimulating photosynthetic activity, zinc and boron which are fundamental elements for the edaphic absorption of nutrients and products with phosphorus content to promote rooting.

**Key words:** soil, physicochemical properties, fertilization, pasture, livestock.

## 1 INTRODUCCIÓN

La fertilidad es la forma indirecta de medir la capacidad de producción de suelos y la manera clásica de medirla ha sido a través de la caracterización química y física, su conservación se ha basado en el balance de nutrientes, que incluye la cantidad presente en el suelo, la cantidad que extraen los cultivos para una producción esperada y la eficiencia de absorción de los nutrientes por las plantas aplicados como fertilizantes de síntesis. El suelo es un ecosistema vivo y complejo compuesto por agua, aire, sustancias sólidas e infinidad de seres vivos que interactúan activamente. Estos elementos son determinantes para la presencia y disponibilidad de nutrientes, los cuales inciden sobre la condición del suelo y la permanencia de las actividades agropecuarias en un sistema productivo (FAO, 2002).

La ganadería es una actividad productiva creciente en el área que ocupa, cada vez los efectos negativos para el suelo se hacen más evidentes, uno de los retos más grandes es la necesidad de desarrollar una agricultura viable, con sistemas de cultivos que sean capaces de asegurar la producción incrementada y sostenible con un mínimo de degradación del recurso suelo (Kang, 1994). Con la aplicación de conceptos como agricultura de precisión, se busca la respuesta a la problemática referente a la degradación del recurso suelo, un ejemplo claro de esto es determinar cómo, cuándo y dónde las propiedades fisicoquímicas pueden incidir en el rendimiento productivo de un terreno, para tal caso, es fundamental analizar el suelo al momento previo de crear e implementar un plan de nutrición para determinado cultivo. Mediante un análisis de suelos, se puede obtener la información necesaria para hacer un uso racional de dicho recurso, encaminado a conseguir grandes rendimientos y haciendo un buen manejo en la aplicación de fertilizantes que permitan obtener una producción sostenible, que vaya de la mano con la conservación del medio ambiente, los aspectos social y económico del productor agropecuario.

En el mundo, a nivel nacional y en la región Surcolombiana se han desarrollado diferentes estudios relacionados con la caracterización fisicoquímica de suelos y creación de planes de fertilización constancia de esto son los trabajos desarrollados por Murillo *et al.*, (2014) quienes evaluaron el efecto de la aplicación de prácticas sostenibles en las características físicas, químicas y microbiológicas de suelos degradados; Borges *et al.*, (2012) hicieron una caracterización fisicoquímica del suelo y la asociaron a la disponibilidad de macro elementos en áreas destinadas al pastoreo bovino; Novella y Castro (1980) estudiaron la respuesta de una pastura de trébol blanco a la aplicación de tres fertilizantes

fosfatados; Torrente y Ladino, (2009) caracterizaron las propiedades fisicoquímicas de los suelos de la zona cafetera del municipio de Isnos Huila con el fin de establecer su aptitud de uso y manejo; Toro *et al.*, (2016) determinaron la existencia de factores edáficos asociados a las propiedades mecánicas de la *Guadua angustifolia*. Los estudios relacionados con la caracterización fisicoquímica y fertilización de los suelos permiten hacer una comparación y análisis entre los datos y valores hallados en los mismos y los datos obtenidos en la elaboración de este proyecto.

Con la caracterización fisicoquímica de los suelos de cinco fincas ganaderas del municipio de Timaná, se busca analizar el estado actual de los suelos, y crear un plan de fertilización de pasturas que le permita a cada productor tomar decisiones acertadas al momento de aplicar abonos, enmiendas y realizar labores de adecuación del terreno para la implementación del cultivo.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar los suelos y crear un plan de fertilización en cinco fincas con vocación ganadera del municipio de Timaná - Huila.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Realizar un diagnóstico de la producción ganadera de las fincas.
- ✓ Determinar las propiedades fisicoquímicas de los suelo.
- ✓ Crear para cada finca un plan de fertilización de pasturas.

### 3 JUSTIFICACIÓN

La ganadería en Colombia es la actividad históricamente más importante del sector agropecuario. Según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, el área dedicada a la ganadería es nueve veces mayor que el área agrícola; constituye el 67% del valor de la producción pecuaria y 30% del valor de la producción agropecuaria. Sin embargo, todos los indicadores de productividad reflejan bajo nivel de implementación tecnológica en el sector. El área en ganadería es aproximadamente de 38 millones de hectáreas, con una capacidad de carga de 0,6 cabezas/ha, lo que caracteriza los sistemas de producción extensivos (Vergara, 2010).

En las fincas ganaderas extensivas el uso que se le da a la tierra se realiza bajo un manejo tradicional, en la mayoría de los casos alejado de criterios técnicos que tomen en cuenta la capacidad de uso del suelo de cada una de las áreas de la finca. Generalmente, la ocupación de los espacios y más específicamente de expansión de las pasturas es el resultado de fuerzas económicas, sociales y culturales (Kaimowitz & Angelsen, 2003).

Por tal motivo, para agilizar el crecimiento productivo y el valor nutricional del cultivo, es necesario establecer un plan de fertilización de pasturas. El análisis de suelos es una herramienta fundamental para evaluar el estado del suelo, es decir, su fertilidad, su capacidad productiva y es la base para definir la dosis de nutrientes a aplicar; para analizar el estado de fertilidad de los suelos es necesario determinar ciertas características físico-químicas, por tal razón el fin de éste proyecto es caracterizar el suelo de cinco fincas ganaderas del municipio de Timaná Huila y crear un plan de fertilización que permita un desarrollo óptimo en la producción de pastos.

## **4 REVISIÓN LITERARIA**

### **4.1 EL SUELO**

El suelo es un sistema polifásico, heterogéneo, particulado, disperso y poroso en el cual se dan múltiples interacciones y procesos en el tiempo, las tres fases de naturaleza ordinaria son: la fase sólida que constituye la matriz del suelo; fase líquida que consiste del agua del suelo, la cual contiene sustancias disueltas y se llama solución del suelo; y la fase gaseosa que es el aire o la atmósfera del suelo (Gimenez, 2001).

La adecuada relación de los componentes del suelo determina la capacidad de hacer crecer las plantas y la disponibilidad de suficientes nutrientes para ellas, la proporción de los componentes determina una serie de propiedades que se conocen como propiedades físicas y químicas del suelo (Herrera, 2008).

### **4.2 PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO**

La manera cómo interactúan fases del suelo (sólida, líquida y gaseosa) define el campo de actividad de la física de suelos: al definir la composición y la organización de la fase sólida, queda definido, también, espacio que van a ocupar las otras dos fases (Hillel, 1998).

#### **4.2.1 EL COLOR DEL SUELO**

El color del suelo depende de sus componentes y puede usarse como una medida indirecta de ciertas propiedades. El color varía con el contenido de humedad. El color rojo indica contenido de óxidos de hierro y manganeso; el amarillo indica óxidos de hierro hidratado; el blanco y el gris indican presencia de cuarzo, yeso y caolín; y el negro y marrón indican materia orgánica. Cuanto más negro es un suelo, más productivo será, por los beneficios de la materia orgánica. La medición del color del suelo se realiza con un sistema estandarizado basado en la “Tabla de Colores Munsell” (Grisales, 2014).

#### **4.2.2 TEXTURA**

Es una propiedad exclusiva de la fase sólida del suelo y, más específicamente, de la fracción inorgánica de aquella. Establece las cantidades relativas en que se

encuentran las partículas de diámetro menor a 2 mm, estas se agrupan en tres clases, por tamaños: Arena (A), Limo (L) y Arcilla (Ar) (Jaramillo, 2002).

Según la tabla 1, las partículas se pueden clasificar teniendo en cuenta los parámetros recomendados por el departamento de agricultura de EEUU (USDA).

**TABLA 1.** Clasificación de la textura según el tamaño de partículas (USDA).

Textura	Arcilla	Limo	Arena					Cascajo
			Muy Fina	Fina	Media	Gruesa	Muy Gruesa	
Tamaño (micras)	0.002	0.05	0.10	0.25	0.5	1.0	2.0	>2.0

Fuente: USDA.

La textura del suelo tiene especial significado en: aireación, movimiento del agua, retención de humedad, retención y liberación de iones, disponibilidad de nutrientes y con ellos en su productividad, erodabilidad, uso y manejo, existen dos métodos generales para la determinación de textura: organoléptico y por sedimentación (Montenegro & Malagon, 1990).

La tabla 2 muestra las 12 clases texturales agrupadas por la USDA, incluye desde la fracción más fina (arcilla) hasta la fracción más gruesa del suelo (arena).

**TABLA 2.** Clases texturales del suelo.

Nombres vulgares de los suelos(textura general)	Arenoso	Limoso	Arcilloso	Clase textural
Suelos arenosos (textura gruesa)	86-100	0-14	0-10	Arenoso
	70-86	0-30	0-15	Franco arenoso
Suelos francos (textura moderadamente gruesa)	50-70	0-50	0-20	Franco arenoso
Suelos francos (textura mediana)	23-52	28-50	0-27	Franco
	20-50	74-88	0-27	Franco limoso
	0-20	88-100	0-12	Limoso
Suelos francos (textura moderadamente fina)	20-45	15-52	27-40	Franco arcilloso
	45-80	0-28	20-35	Franco arenoso arcilloso

	0-20	40-73	27-40	<b>Franco limoso arcilloso</b>
<b>Suelos arcillosos (textura fina)</b>	45-65	0-20	35-55	<b>Arcilloso arenoso</b>
	0-20	40-60	40-60	<b>Arcilloso limoso</b>
	0-45	0-40	40-100	<b>Arcilloso</b>

Fuente: USDA, (continuación TABLA 2)

### 4.2.3 ESTRUCTURA DEL SUELO

Es el grado de agregación de las partículas componentes minerales u orgánicas. Depende de la disposición de sus partículas y de la adhesión de las partículas menores para formar otras mayores o agregados, las estructuras pueden ser simples o no desarrolladas, y compuestas (Rucks *et al.*, 2004).

Las estructuras simples son:

- a) Estructura particular: Suelos compuestos por partículas individuales sin estructura y frecuentemente son suelos arenosos, fácilmente penetrables.
- b) Estructura masiva: Son aquellos con agregados consolidados en una masa uniforme, con cierto porcentaje de arcillas y materia orgánica, difícil de penetrar en seco.
- c) Estructura cementada: Son aquellos en que los agregados han sido deformados, comprimidos o uniformados (pisoteo, laboreo, senderos).

Las estructuras compuestas son:

- a) Estructura migajosa: Suelos con agregados migajosos, producto de la acción de las raíces y la descomposición de la materia orgánica fresca.
- b) Estructura en bloques: son equidimensionales, es frecuente en los horizontes inferiores (B y C), en suelos pesados de textura fija (arcillas).
- c) Prismática o columnar: Con bordes más o menos aristados, son de buena productividad cuando son pequeños los prismas. Cuando pierden esta característica es sinónimo de degradación.
- d) Estructura laminar: Estructura con agregados en cuyas dimensiones predominan los ejes horizontales. Estructura con gran impedimento a la penetración de las raíces, al drenaje interno y a la germinación de las raíces.

La permeabilidad del suelo al agua, aire y a la penetración de las raíces también depende de la estructura. A diferencia de la textura, la estructura puede ser alterada por diversos factores.

#### **4.2.4 DENSIDAD APARENTE DEL SUELO**

La densidad del suelo se calcula teniendo en cuenta el espacio ocupado por los poros al cuantificar el volumen de la muestra de suelo, razón por la cual depende de la organización que presente la fracción sólida del mismo y está afectada por su textura, su estructura, su contenido de materia orgánica, su humedad (en especial en suelos con materiales expansivos) y su grado de compactación, principalmente. En términos prácticos, es la densidad que tiene la tierra fina del suelo, con la organización que ella posea, puede determinarse por el método de los anillos de volumen conocido (Pla, 1977).

Conociendo la clase textural y el valor de densidad aparente pueden utilizarse para revelar problemas de compactación que dificultan el desarrollo radicular y el movimiento de agua dentro del perfil del suelo, esto se relaciona directamente con la fertilidad debido a que los fertilizantes dejan disponibles los nutrientes para las plantas cuando estos se solubilizan en la solución acuosa del suelo y quedan libres iónicamente a disposición de las raíces.

#### **4.2.5 DENSIDAD REAL DEL SUELO**

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 (Mejia, 1980).

La densidad real permite relacionar de manera indirecta la composición mineralógica del suelo, la evaluación de los sólidos en suspensión y su nivel de sedimentación permite identificar las fracciones gruesas (arena y limo), estas a su vez pueden indicar reservas de minerales primarios, por otro lado las fracción fina (arcilla) son precursoras de los minerales secundarios.

El método del picnómetro es el más empleado para medir la densidad de los sólidos o gravedad específica, consiste en determinar la masa y el volumen de los sólidos del suelo a través de un frasco de volumen conocido (Torrente, 2013).

#### **4.2.6 POROSIDAD DEL SUELO**

El espacio poroso de un suelo es la parte del mismo que en su estado natural está ocupado por aire y/o agua. El volumen de este espacio poroso depende mucho de la disposición de las partículas sólidas. La importancia agrícola de la porosidad del suelo es muy grande y sus características dependen de la textura, estructura, contenido de materia orgánica, tipo e intensidad de cultivos, labranza y otras propiedades del suelo y su manejo (Flores & Alcalá, 2010).

Olarte (1979) plantea que la porosidad del suelo depende de las características de su fracción sólida, la cual se estima con base en las densidades real y aparente.

#### **4.2.7 INFILTRACIÓN**

La infiltración es un fenómeno de tres procesos independientes complejos y sólo parcialmente comprendidos: el paso del agua de la superficie al interior del suelo, el movimiento a través del perfil debido al gradiente de humedad en la zona de aireación y el movimiento debido a la succión por parte de las plantas del agua contenida en los espacios porosos del suelo (Guevara & Márquez, 2012).

Los anillos de infiltración sirven para hacer pruebas que determinan la permeabilidad en suelos, simulando el proceso de infiltración del agua en el suelo, su diámetro puede variar regularmente entre 30 y 60 cm y su altura entre 20 y 30 cm. Las pruebas se realizan enterrando verticalmente el anillo en el suelo unos centímetros, llenándolo con agua de calidad similar a la lluvia típica del terreno y midiendo la tasa de descenso de esta agua (Ibañez *et al.*, 2005).

#### **4.2.8 CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA**

La conductividad hidráulica es un parámetro hidrogeológico fundamental para el estudio de la movilidad del agua subterránea y la facilidad con la que esta se mueve a través de espacios porosos y fracturas porosas en el suelo (Coello *et al.*, 2009).

La determinación de la Conductividad Hidráulica puede realizarse mediante el método del pozo barrenado invertido (método de Porche), se basa en la toma de lecturas del nivel del agua a través del tiempo, en un pozo abierto por encima del nivel freático, en el que se vierte agua hasta un nivel de referencia y se mide la velocidad de descenso de dicho nivel.

## **4.2.9 RETENCIÓN DE HUMEDAD DEL SUELO**

La capacidad de retención de agua es el intervalo de humedad disponible que se define como el agua del suelo que puede ser absorbida a un ritmo adecuado para permitir el crecimiento normal de las plantas, se suele calcular como la diferencia entre los valores de la capacidad de campo y punto de marchitamiento permanente (Sawchik, 2000).

### **4.2.9.1 CAPACIDAD DE CAMPO (CC)**

El concepto se introdujo por Israelsen *et al.*, (1985) para designar el contenido en humedad de un suelo sometido a drenaje libre (después de un riego intenso o fuertes lluvias) durante 48 horas. La capacidad de campo se ha relacionado con la retención de humedad a un determinado potencial matricial, a menudo de 0.33 bar (33 kPa) en suelos de textura fina y de 0.1 bar (10 kPa) en suelos de textura gruesa. Así, se puede determinar mediante membranas de Richard.

### **4.2.9.2 PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE (PMP)**

El concepto de punto de marchitez o de marchitamiento permanente ha sido definido como "el contenido de humedad en la zona de las raíces, según el cual la planta se marchita y no puede recobrar igual turgencia al colocarla en una atmósfera saturada de agua durante doce horas". Se puede determinar mediante membrana de Richard relacionándolo con el contenido en humedad a un potencial matricial de 15 bar (1500 kPa). Pues se ha comprobado que el contenido de humedad de un suelo a una succión matricial de 1500 kPa se encuentra dentro del intervalo en el que una gran parte de las plantas se marchitan (Sawchik, 2000).

## **4.3 PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO**

Las propiedades químicas del suelo indican los niveles de componentes orgánicos e inorgánicos y su influencia en la producción y productividad de los cultivos. Los indicadores más importantes son el pH, conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica, macro y micro elementos y la capacidad para el intercambio de cationes (Barrios *et al.*, 2003).

### **4.3.1 pH**

El pH del suelo es la medida de la cantidad de ácidos o álcalis en el suelo, la escala de pH que se extiende desde 0 hasta 14 muestra esta propiedad del suelo, los valores de pH por debajo de 7 son ácidos y aquello por encima de 7 son básicos o

alcalinos. Un suelo que tiene un pH de 7 es un suelo neutro, el pH del suelo tiene una influencia directa sobre las propiedades fisicoquímicas (disponibilidad de nutrientes) y biológicas (actividad microbiana), características que afectan el crecimiento de los cultivos.

El pH ácido afecta en muchos sentidos negativamente:

- Baja disponibilidad de oligoelementos.
- Deficiencia de nitrógeno.
- Deficiencia de fósforo asimilable.
- Deficiencia de nutrientes catiónicos.
- Baja actividad biológica.

#### **4.3.2 CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA**

La materia orgánica del suelo está constituida por raíces, residuos de planta y organismos del suelo en diferentes estados de descomposición, tienen un gran impacto sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, la materia orgánica en el suelo le da una buena estructura y le permite absorber agua y retener nutrientes, también facilita el crecimiento y vida de la biota del suelo proporcionándole energía de los componentes de carbono, nitrógeno para la formación de proteínas y otros nutrientes. Algunos de los nutrientes en el suelo están en la materia orgánica, reteniendo casi todo el nitrógeno, una gran cantidad de fósforo y sulfuro, cuando la materia orgánica se descompone se liberan nutrientes dentro del suelo para ser usados por la planta. Por lo tanto, la cantidad y tipo de materia orgánica en el suelo determina la cantidad y disponibilidad de estos nutrientes en el suelo.

#### **4.3.3 CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC)**

Según Rebolledo, (2014) el proceso de absorción de nutrientes y su liberación en la solución del suelo es llamado intercambio de cationes, este proceso es importante para la nutrición de las plantas, cuando el suelo es incapaz de liberar los nutrientes requeridos por la planta se hacen necesario aplicar fertilizantes naturales o artificiales, los fertilizantes agregados se disuelven; algunos de los cationes son absorbidos por la planta mientras que otros pueden ser absorbidos por las superficies de los coloides, los cationes intercambiables afectan la estructura del suelo, la presencia de suficiente  $\text{Na}^+$  sobre las superficies coloidales dispersa el suelo, mientras que el  $\text{Ca}^{++}$  compacta el suelo.

#### **4.3.4 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE)**

La salinidad de un suelo o agua, se refiere a la cantidad de sales presentes en solución, y puede ser estimada indirectamente mediante la medición de la conductividad eléctrica, el valor de conductividad eléctrica es influenciado por la concentración y composición de las sales disueltas (Rebolledo, 2014).

#### **4.3.5 MACRO Y MICRO ELEMENTOS**

Las plantas aumentan su biomasa usando dióxido de carbono del aire, la energía del sol y los nutrientes que toman del suelo y del agua, estos nutrientes se encuentran en el suelo como macro y micro elementos, los cuales son esenciales para las plantas (Jones & Jacobsen, 2001).

Alcaraz, (2012) afirma que la disponibilidad de micro y macro elementos depende de varios factores, como por ejemplo:

- Que estén presentes en el suelo.
- Que estén de manera asimilable para las plantas (disponibilidad muy influenciada por el pH).
- Que estén equilibrados los suficiente para no causar antagonismo como consecuencia de las interacciones iónicas.

Para Marschner,(1995) dentro de los macronutrientes se encuentran el nitrógeno (N), el fósforo (P), el potasio (K), el calcio (Ca), el magnesio (Mg) y el azufre (S) y entre los micronutrientes se incluyen el boro (B), el cloro (Cl), el cobre (Cu), el hierro (Fe),el manganeso (Mn), el molibdeno (Mo), el níquel (Ni) y el zinc (Zn).

#### **4.4 FERTILIZACIÓN DE PASTURAS**

Lo más importante por determinar en un programa de fertilización es la cantidad de fertilizante por aplicar, la fuente del fertilizante, la frecuencia de aplicación, la época del año y el método de aplicación (Cerdas, 2011).

El análisis de suelo permite determinar el grado de fertilidad del suelo. El grado de potencial productivo de un suelo está determinado por sus características químicas y físicas. Con el análisis de suelos se pretende determinar el grado de suficiencia o deficiencia de los nutrientes del suelo, así como las condiciones adversas que pueden perjudicar a los pastos, tales como la acidez excesiva, la salinidad, y la toxicidad de algunos elementos (Molina, 2007). La demanda nutricional de las

diferentes especies forrajeras es muy variable y depende de tres factores: la capacidad de los forrajes para extraer nutrientes del suelo, el requerimiento interno del pasto y el potencial de producción de la especie forrajera (Cerdas, 2011).

**TABLA 3.** Extracción anual de nutrientes de algunas especies forrajeras.

Especie	Producción esperada	Producción de materia seca (ton/ha año)	Extracción de nutrientes (kg/ha año)		
			N	P	K
Brachiaria sp.	Baja	5,2	63	14	69
	Media	13	157	36	172
	Alta	19	230	53	252
Guinea	Baja	6,7	79	27	114
	Media	16,5	195	67	288
	Alta	28	332	113	488

Fuente: (Bernal & Espinoza, 2003).

Con los análisis, se calculan las necesidades de nutrimentos utilizando fertilizantes químicos, orgánicos, foliares y se puede estimar el reciclaje si los animales están en pastoreo intensivo. El ajuste de las cantidades debe hacerse con base en los compuestos y conocerse los factores de conversión a nutrientes (Ver tabla 4). Cuando se manejan fuentes con más de un nutriente, la cantidad por utilizar la determina el elemento de mayor demanda. Los análisis de suelos y foliares son una guía para el ajuste del balance de nutrientes. Asimismo, se deben considerar aspectos económicos, biológicos, productivos, climáticos y densidad aparente para la recomendación de fertilizantes (Cerdas, 2011).

**TABLA 4.** Factor de Conversión de Nutrientes a Compuestos.

De Compuesto	Por Factor	A Nutriente	De Compuesto	Por Factor	A Nutriente
NO3	0,226	N	KCL	0,632	K2O
NH3	0,820	N	CaO	0,715	Ca
(NH4)2SO4	0,212	N	CaCO3	0,560	CaO
NH4NO3	0,350	N	MgO	0,603	Mg
P2O5	0,436	P	MgSO4	0,395	MgO
P	2,291	P2O5	SO2	0,500	S
K2O	0,830	K	(NH4)2SO4	0,250	S

Fuente: Bernal & Espinoza, 2003.

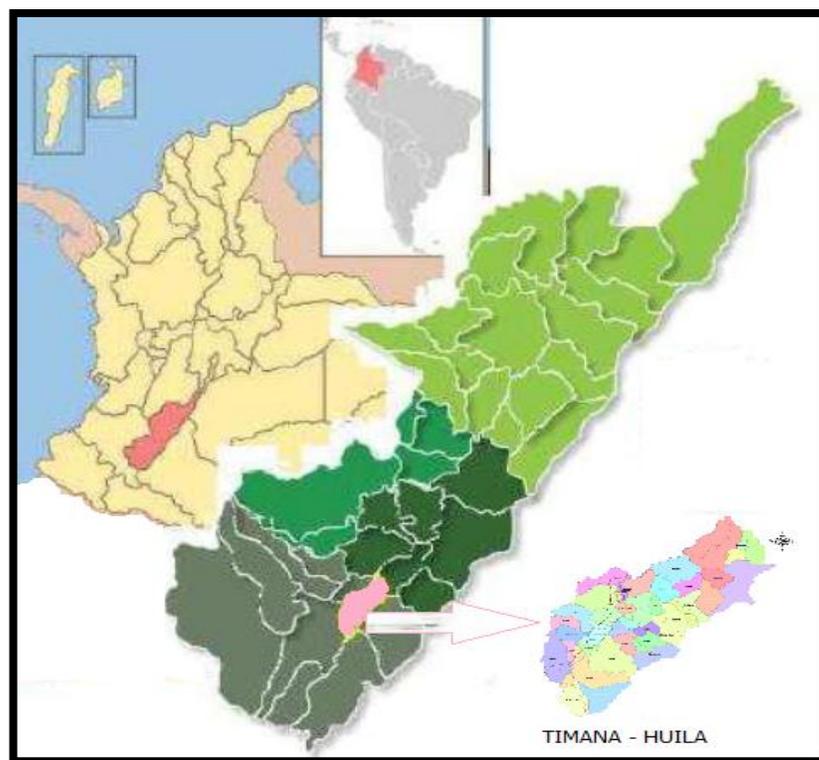
La cantidad de fertilizante a ser aplicada por hectárea o en un campo es determinada a través de la cantidad de nutrientes necesarios y de los tipos y grados de fertilizantes disponibles, los fertilizantes minerales normalmente son expedidos en bolsas de 50 kg, de allí que el agricultor tenga que saber la cantidad de nutrientes contenidos en una bolsa de 50 kg (FAO, 1992).

El método de aplicación de los fertilizantes (abono orgánico o fertilizantes minerales) es un componente esencial de las buenas prácticas agrícolas, la cantidad y la regulación de la absorción dependen de varios factores, tales como la variedad del cultivo, la fecha de siembra, la rotación de cultivos, las condiciones del suelo y del tiempo. En las prácticas agrícolas eficientes, el agricultor escoge la cantidad y la oportunidad en el tiempo, de manera que las plantas usen los nutrientes tanto como sea posible, para un aprovechamiento óptimo del cultivo y un potencial mínimo de contaminación del medio ambiente, el agricultor debe suministrar los nutrientes en el momento preciso que el cultivo los necesita (FAO, 1992).

## 5 MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 LOCALIZACIÓN

Las fincas Santa lucia y La florida ubicadas en la vereda Sicandé, Buenos Aires ubicada en la vereda Lourdes, Guayamba ubicada en la vereda Quinche, Lucitania ubicada en la vereda Cascajal, dedicadas a la producción ganadera extensiva pertenecen al municipio de Timaná Huila, ver figura 1.



**FIGURA 1.** Ubicación Geográfica del Municipio de Timaná.

Mediante utilización del GPS del teléfono móvil Huawei P9 LITE, las herramientas Mapa Coordenadas y Google Earth Pro, se determinaron las coordenadas de georeferenciación de las fincas (Ver tabla 5).

**TABLA 5.** Georeferenciación de las fincas.

COORDENADAS GEOGRÁFICAS				
Finca	Nombre	Latitud	Longitud	Altura (msnm)
1	Santa Lucía	1°58'15.80"N	75°55'33.19"O	1100
2	Buenos Aires	1°58'44.05"N	75°53'49.08"O	1275
3	La Florida	1°57'5.41"N	75°55'59.06"O	1150
4	Guayamba	1°57'5.79"N	75°53'32.89"O	1435
5	Lucitania	1°55'41.06"N	75°56'54.11"O	1225

Fuente: propia.

### **5.1.1 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS DE LA ZONA**

Teniendo en cuenta la ubicación geográfica del municipio de Timaná con respecto a su localización en el sur de Colombia y del departamento del Huila, y por encontrarse en la parte más baja con referencia a su altitud, donde se encuentra el macizo colombiano, lo hace merecedor de unas condiciones climatológicas como son: temperatura Mínima de 12°C y máxima de 26°C, humedad media de 67%, condiciones de viento 8 km/h, visibilidad de 9 km, precipitación media anual aproximada de 1426 mm, sensación térmica de 23°C, se encuentran clasificadas mediante el triángulo de Holdrige en zonas de bosque húmedo tropical y bosque húmedo premontano.

### **5.2 METODOLOGÍA**

El método de trabajo es de carácter cuantitativo, se escogieron de manera aleatoria cinco fincas distribuidas en cuatro veredas del municipio de Timaná y se caracterizaron los suelos de cada unidad productiva, para el análisis estadístico se aplica un muestreo completamente al azar en la selección de las fincas, se incluye el promedio de los valores, la desviación estándar y el coeficiente de varianza luego de analizados los datos obtenidos, se procede a crear un plan de fertilización para cada finca. A continuación se describen las etapas utilizadas en la ejecución del trabajo.

## **5.2.1 ETAPA 1. DOCUMENTACION BIBLIOGRAFICA Y RECONOCIMIENTO DE CAMPO**

Se consultaron documentos, revistas, boletines, guías técnicas, libros, tesis, artículos científicos y páginas web especializadas y actualizadas, de las principales entidades internacionales, nacionales, departamentales y municipales relacionadas con la caracterización fisicoquímica de suelos y creación de planes de fertilización. De igual manera se realizaron visitas a las cinco fincas, se hizo un análisis visual del estado de los potreros y se aplicó una encuesta a cada productor con el objetivo de hacer un diagnóstico de los sistemas de producción utilizados.

## **5.2.2 ETAPA 2. CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO**

Se realizó un muestreo de suelos, este se hizo teniendo en cuenta el protocolo y recomendaciones del manual para el muestreo de suelos elaborado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2001), se hizo un recorrido en zigzag tomando entre 8 a 10 sub muestras por hectárea a una profundidad de 0 a 25 cm, luego se homogenizaron, por último se seleccionó y empacó 1 kg aproximadamente, el cual fue llevado posteriormente a las Instalaciones del laboratorio de recursos GEOAGROAMBIENTALES (LABGAA) de la universidad surcolombiana, para determinar cada una de las propiedades.

### **5.2.2.1 PROPIEDADES FÍSICAS E HIDRODINAMICAS**

El objetivo de determinar las propiedades físicas e hidrodinámicas radica en que son indicadores que permiten calificar el estado de fertilidad del suelo, el concepto de fertilidad física se refiere a la oferta edafológica que el suelo brinda a la raíz de la planta para que esta logre un crecimiento vigoroso y rápido; de esta forma, el cultivo asegura la extracción adecuada de agua y nutrientes y así puede expresar su capacidad productiva. A continuación se describe los materiales y métodos utilizados en la determinación de las propiedades físicas.

### **COLOR**

Con el suelo en estado seco, para la determinación del color, se realizó la comparación de las muestras tomadas con los diferentes patrones de color establecidos en las tablas Munsell.

## **TEXTURA**

Se determinó el porcentaje de Arena, Limo y arcilla de cada muestra mediante el método de Bouyucos, posteriormente con ayuda del triángulo de texturas se logró identificar la clase textural.

## **DENSIDAD APARENTE**

Se utilizó el método del cilindro de volumen conocido, con el muestreador de núcleo y el cilindro se tomó en cada finca una muestra de suelo a una profundidad de 10 cm, luego la muestra se pesó y posteriormente se le extrajo la humedad llevándola a la estufa durante 24 horas a temperatura constante de 105 °C; La humedad se determinó por diferencia de pesos mediante la relación entre el peso del suelo seco y el volumen del cilindro.

## **DENSIDAD REAL**

Se halló mediante el método del picnómetro, que se fundamenta en determinar la masa y el volumen de los sólidos del suelo a través de un frasco de volumen conocido.

## **POROSIDAD**

Se determinó de manera indirecta a través de la relación de densidad aparente y densidad real, la cual es calculada mediante la siguiente ecuación:

$$P (\%) = \left(1 - \frac{D_a}{D_r}\right) * 100 \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde,  $P$  es la porosidad en porcentaje,  $D_a$  se refiere a la Densidad aparente,  $D_r$  es la Densidad real.

## **INFILTRACIÓN**

En campo se utilizó el juego de anillos de infiltración el anillo interno con 30 cm de diámetro y el anillo externo de 50 cm de diámetro, se empotró fijamente en la superficie del suelo con la ayuda de un martillo, se llenó con agua tomando lecturas a 0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 30, 60, 90 y 120 minutos; Se tabularon los datos organizando la infiltración acumulada (cm) con su respectivo tiempo (minutos) y se trazó un gráfico de dispersión con línea de tendencia potencial, obteniendo la función de infiltración acumulada. Se calculó la infiltración instantánea derivando la función y de ésta la infiltración básica, reemplazando el tiempo básico en la infiltración instantánea.

## **CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA**

Las pruebas de conductividad hidráulica se hicieron en campo, por el método del pozo barrenado inverso; se instaló el equipo en el orificio perforado con el barreno holandés donde también se observaron los perfiles estratigráficos del suelo, se tomaron medidas de la geometría del pozo barrenado y se llenó con agua hasta cerca de la superficie, para luego hacer lecturas del descenso del agua en el pozo cada minuto durante un tiempo de 7 minutos, los datos se tabulan y se calcula la conductividad hidráulica saturada.

## **RETENCIÓN DE HUMEDAD DEL SUELO**

Se realizó la determinación de la capacidad de campo y el punto de marchitez del suelo mediante la utilización de las membranas de Richard u ollas de presión.

## **CAPACIDAD DE CAMPO (C.C)**

Para determinar esta propiedad, se saturaron las muestras y posteriormente se drenó el exceso de agua utilizando una presión de 0.3 bar en la olla a presión.

## **PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE (P.M.P)**

La tensión de humedad de un suelo al punto de marchitamiento permanente varía entre 7 y 32 bar, dependiendo de la textura del suelo, la condición de las plantas, la cantidad de sales solubles y las condiciones climáticas, en este caso se utilizó una presión en la olla de 15 bares para determina P.M.P.

## **5.2.2.2 PROPIEDADES QUÍMICAS**

En el laboratorio de recursos GEOAGROAMBIENTALES (LABGAA) de la Universidad Surcolombiana, se determinaron las propiedades químicas: PH y conductividad eléctrica, mediante el uso del potenciómetro. Adicionalmente, el personal especializado en el manejo de los métodos y equipos de laboratorio determinó: capacidad de intercambio catiónico (CIC), materia orgánica (MO), macro elementos (P, Ca, Mg, K, S), micro elementos (Fe, Mn, Cu, Zn, B), asimismo se determinó cantidad de sodio (Na) puesto que es un elemento fundamental para analizar la fertilidad del suelo.

## **PH Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA**

El pH del suelo es una medida de la acidez o alcalinidad en los suelos, la salinidad de un suelo se refiere a la cantidad de sales presentes en solución, y puede ser

estimada indirectamente mediante la medición de la conductividad eléctrica; para la medición de estos dos parámetros se utilizó el potenciómetro Thermo scientific.

### **5.2.3 ETAPA 3. ANALISIS DE RESULTADOS Y CREACIÓN DE LOS PLANES DE FERTILIZACIÓN**

Mediante resultados obtenidos en diferentes trabajos y estadística descriptiva se compara entre las fincas los datos hallados para cada propiedad. La determinación del uso de nutrientes para el cultivo se ejecutó en tres etapas sistemáticas: diagnóstico e interpretación, recomendación de nutrientes de acuerdo a los requerimientos del cultivo y uso de fertilizantes.

A continuación se describe de forma general el paso a paso para la creación de los planes de fertilización.

- ✓ Características físicas y su análisis

Con base en algunas características físicas como: color, textura, movimiento hídrico dentro del perfil del suelo y la densidad aparente; se determinó la aptitud física del suelo.

- ✓ Características químicas y su evaluación

Se hace una evaluación de las características químicas: pH, CIC, contenido de materia orgánica macro y micro elementos, con el objeto de determinar si alguna presenta un valor crítico, teniendo en cuenta los estándares generales para interpretar análisis de suelos con fines agrícolas (anexo 1) propuesto por Castro y Gómez (2013), se realizó la interpretación de los resultados obtenidos.

- ✓ Requerimientos nutricionales del cultivo.

El requerimiento de la cantidad de nutriente a aplicar se hace teniendo en cuenta los niveles de extracción del cultivo de pasto estrella (*Cynodon plectostachius*), con la aplicación de las cantidades recomendadas se espera una producción de 18 toneladas de materia seca por hectárea en un año.

- ✓ Disponibilidad Nutricional y cálculo de del requerimiento de nutrientes.

El cálculo de las cantidad de nutrientes requeridos por las plantas se realizó mediante el método de balance suelo-planta, se considera el método más preciso porque permite que se programe el nivel de producción deseado, balanceando los

requerimientos del cultivo con la oferta nutricional del suelo. Al tomar en cuenta la eficiencia de la fertilización, la formula general que permite estimar las necesidades de fertilización es:

$$NF = \left( \frac{RPP - S}{E} \right) * 100 \quad \text{Ecuación (2)}$$

En donde:

NF= necesidad de fertilizante para un nutriente determinado (Kg.ha<sup>-1</sup>/cosecha), Rpp= requerimiento nutricional para una producción estimada (Kg.ha<sup>-1</sup>/cosecha), S= disponibilidad del nutriente en el suelo (Kg.ha<sup>-1</sup>), E= Eficiencia de la fertilización (%).

Por último la fuente de fertilizante fue seleccionada teniendo en cuenta la disponibilidad en el mercado de productos que contienen elementos nutricionales que estimulen la absorción edáfica de nutrientes como: zinc (Zn) y boro (Br); nutrimentos que estimulen la actividad fotosintética: nitrógeno (N) y productos con contenido de fosforo (P) para promover el enraizamiento.

✓ Presentación de los planes de fertilización

De acuerdo con la necesidad efectiva de fertilización obtenida a través del método de balance suelo – planta, se hace la selección de las fuentes de fertilizantes y la cantidad que se debe aplicar

## 6 RESULTADOS Y DISCUSION

### 6.1 DIAGNÓSTICO DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Mediante el análisis visual y preguntas realizadas a los productores a través de encuestas (ver anexo 3) se logra obtener datos de indicadores relacionados a la fertilidad del suelo tal como la producción de carne, producción de leche y de materia seca, estos indicadores son determinados con la prospectiva de que los planes de fertilización propuestos en este trabajo sean adoptados e implementados por los productores y se tengan variables cuantitativas que permitan hacer una evaluación del efecto causado por la aplicación de fertilizante a los potreros. En la tabla 6 se resume los datos obtenidos en cuanto se refiere a los indicadores de producción de las fincas caracterizadas.

**TABLA 6.**Indicadores de producción de las fincas caracterizadas.

<b>INDICADOR</b>	<b>CANTIDAD</b>
Área a intervenir (ha)	30
Sistema de producción bovino	Extensivo
Capacidad de carga (Nº de animales/ha)	1.5
Producción de materia verde año (kg/ha)	84.000
Producción de leche (Lt/año)	45625
Producción de carne (kg/año)	1500

Las cinco fincas productoras representan un área aproximada de 30 hectáreas, las cuales se dedican a la ganadería extensiva, con capacidad de carga promedio de 1.5 cabezas de ganado por hectárea; cada unidad tiene una producción promedio de 25 litros de leche al día y anualmente de 45.625 litros; en cuanto a la producción de carne, se estimó de acuerdo a las ventas, cada productor en promedio vende dos (2) novillos al año con peso promedio de 150 kg cada res. Mediante aforos a los potreros se logró determinar una producción en materia verde promedio de 1.2 kg/m<sup>2</sup>.

Haciendo comparación con sistemas de producción a nivel nacional, podemos deducir que el sistema implementado por los productores presentan baja productividad, por ejemplo, la capacidad de carga (1,5 res/Ha) aunque se encuentra

por encima de la media nacional (0.64 res/Ha). Respecto a la producción de alimento se estima en 84 ton/ha-año de materia verde, que convertidos en materia seca (MS) equivaldrían aproximadamente a 12.6 ton/ha-año y comparados con los índices de productividad a nivel nacional (18 ton/ha-año de MS) el rendimiento se encuentra el 30 % por debajo. La producción de leche (5 litros vaca/día) y la ganancia de peso (300 g/día-res) muestran valores por debajo de la media nacional (5,6 litros vaca/día y 350 g/día-res, respectivamente) aunque estos niveles de producción se pueden relacionar directamente con la raza del ganado, estos dos índices de producción también pueden verse afectados por la cantidad y la calidad del alimento suministrado en la dieta del animal.

## 6.2 DESCRIPCIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

La conductividad hidráulica y la infiltración se determinaron en campo, el resto de propiedades se determinaron en laboratorio. La tabla 7 muestra el resumen de los datos hallados.

**TABLA 7.** Resumen estadístico de las propiedades físicas e hidrodinámicas.

	<b>VALOR MAXIMO</b>	<b>VALOR MINIMO</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>COEF. VARIANZA (%)</b>	<b>DESV. ESTANDAR SX</b>
<b>% A</b>	71.30	51.60	57.64	63.23	7.95
<b>% AR</b>	33.90	15.90	26.54	55.26	7.43
<b>% L</b>	19.70	12.70	15.72	8.94	2.99
<b>D.a (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1.64	1.31	1.46	0.02	0.13
<b>D.r (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.81	2.43	2.66	0.02	0.15
<b>P (%)</b>	48.93	41.79	45.20	6.96	2.64
<b>C. C %</b>	23.40	17.60	20.54	4.93	2.22
<b>P.M.P %</b>	10.10	9.30	9.78	0.11	0.33
<b>A.A %</b>	13.40	8.00	10.78	4.06	2.02
<b>I (cm/hr)</b>	0.51	0.12	0.34	0.02	0.15
<b>K(cm/hr)</b>	2.14	0.74	1.38	0.26	0.51

Dónde: %A porcentaje de arena, % Ar porcentaje de arcilla, %L porcentaje de limo, Dr densidad real, Da densidad aparente, P % porosidad, %PMP punto de marchitez permanente, %CC capacidad de campo, %AA agua aprovechable, I infiltración básica, K conductividad hidráulica.

## **COLOR**

El color determinado en las fincas, presentan similitudes en tonos rojizos combinados con amarillo ver tabla 8.

**TABLA 8.** Resultados determinación de color.

<b>FINCA</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>COLOR</b>
<b>1</b>	Santa Lucía	2,5 YR 4/4
<b>2</b>	Buenos Aires	2,5 Y 7/4
<b>3</b>	La Florida	10 YR 5/6
<b>4</b>	Guayamba	10 YR 6/4
<b>5</b>	Lucitania	2,5 Y 5/2

Según Montenegro y Malangón (1990), la mayoría de las veces los colores rojos indican buen drenaje y buena aireación, así como intensas meteorización y evolución; sin embargo estas características pueden verse afectadas por el uso que se le dé al suelo, En el caso particular de la ganadería, la aireación y el buen drenaje pueden verse reducidos a causa de la compactación causada por el pisoteo del ganado. De igual forma Schwertmann (1993), encontró varias relaciones entre el contenido de óxidos de hierro en el suelo y el color rojo y asoció estas relaciones a varios ambientes de evolución de esos suelos.

## **TEXTURA**

Los suelos caracterizados presentan dos tipos de textura Franco Arcillo Arenoso (FArA) y Franco Arenoso (FA) ver tabla 9. Los suelos arenosos, caso particular el de la finca Lucitania, son menos fértiles que los limosos y estos a su vez menos que los arcillosos, en términos del contenido de nutrientes. Sin embargo, el contenido de humedad aprovechable es mayor en los suelos limosos en comparación a los muy arenosos o muy arcillosos. El porcentaje de arena y arcilla obtenido en los suelos evaluados presenta un valor medio de 57.6% y 26.54% respectivamente con una desviación estándar de 7.95 y 7.43 lo que indica una variación significativa de

este parámetro; entre tanto el porcentaje de limo presenta un valor medio de 15.72% y una desviación estándar de 2.99 representando una variabilidad baja.

**TABLA 9.** Clasificación textural de las muestras analizadas.

<b>FINCA</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>% ARENA</b>	<b>% ARCILLA</b>	<b>% LIMO</b>	<b>CLASE TEXTURAL</b>
<b>1</b>	Santa Lucía	52,6	33,9	13,4	FArA
<b>2</b>	Buenos Aires	55,6	24,6	19,7	FArA
<b>3</b>	La Florida	51,6	33,41	14,9	FArA
<b>4</b>	Guayamba	57,1	24,9	17,9	FArA
<b>5</b>	Lucitania	71,3	15,9	12,7	FA

Según Rodríguez y Martínez (2014), los suelos con porcentajes de arcilla  $\geq 30$  retienen agua y nutrientes con bastante fuerza, se caracterizan por el fácil encharcamiento debido a que presentan niveles bajos de infiltración y conductividad hidráulica, se califican como suelos moderadamente pesados de difícil labranza. Las fincas Santa Lucía y La Florida presentan suelos con estas características, de igual manera las fincas Guayamba y Buenos Aires tienen valores en el contenido de arcilla que se asemejan a este tipo de suelo.

Los suelos con porcentaje de arcilla entre el 10 y 30, se caracterizan por tener buena aireación, niveles medios de retención de agua y nutrientes, poca resistencia a la penetración y son calificados como suelos livianos; de los suelos caracterizados la finca Lucitania presenta el valor más bajo en cuanto se refiere al contenido de arcilla.

### **DENSIDAD APARENTE**

Los valores de densidad aparente varían entre 1.31 y 1.64 g/cm<sup>3</sup> ver tabla 10, son valores clasificados en un rango de medios a altos. Los valores obtenidos pueden relacionarse a procesos de compactación del suelo debido a una ganadería tradicional porque a medida que los suelos se compactan disminuye la porosidad y

aumenta la densidad aparente. La desviación estándar de 0.13 indica poca variabilidad en esta propiedad.

**TABLA 10.**Resultados determinación de densidad aparente.

<b>FINCA</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>DENSIDAD APARENTE (gr/cm<sup>3</sup>)</b>
<b>1</b>	Santa Lucía	1.55
<b>2</b>	Buenos Aires	1.64
<b>3</b>	La Florida	1.38
<b>4</b>	Guayamba	1.41
<b>5</b>	Lucitania	1.31

Según Castro, (2004) se puede clasificar en el diagnostico integrado de la fertilidad del suelo una densidad aparente entre 0.85 g/cm<sup>3</sup> y 1.2 g/cm<sup>3</sup> como condición favorable, de igual manera es considerado como nivel crítico valores inferiores a 0.5 g/cm<sup>3</sup> y superiores a 1.5 g/cm<sup>3</sup>.Esto indica que los suelos de las fincas: La Florida, Guayamba y Lucitania se encuentran en un rango aceptable, entre tanto las fincas Santa Lucia y Buenos Aires tienen niveles críticos que se relacionan a grados altos de compactación del suelo.

### **DENSIDAD REAL**

Los datos obtenidos se presentan en la tabla 11, la densidad varía entre 2.43 y 2.81 gr/cm<sup>3</sup>, valor promedio para esta propiedad de 2.65 gr /cm<sup>3</sup> y un coeficiente de varianza de 0.15 que indica una reducida variabilidad.

**TABLA 11.** Resultados determinación de densidad real.

<b>FINCA</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>DENSIDAD REAL (gr/cm<sup>3</sup>)</b>
<b>1</b>	Santa Lucía	2.76
<b>2</b>	Buenos Aires	2.81
<b>3</b>	La Florida	2.71
<b>4</b>	Guayamba	2.57
<b>5</b>	Lucitania	2.43

Según Jaramillo (2002), el valor promedio para la densidad real es de 2.65 gr/cm<sup>3</sup>, valores por debajo del promedio pueden indicar la presencia de materiales alófanos de origen volcánico, contenido de aluminosilicatos no cristalinos o presencia de materia orgánica; valores por encima del promedio indican suelos cuya mineralogía esté dominada por óxidos de hierro y gran contenido de arcillas. En general los valores hallados en las fincas pueden relacionarse a suelos cuyo contenido de material orgánico es bajo y por el contrario presentan un gran contenido de arcilla.

## **POROSIDAD**

Los datos de porosidad varían en un rango entre 41.79 al 48.93% ver tabla 12, estos valores se pueden clasificar como medio y medianamente reducido.

**TABLA 12.** Resultados determinación de Porosidad.

<b>FINCA</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>POROSIDAD (%)</b>
<b>1</b>	Santa Lucía	43.94
<b>2</b>	Buenos Aires	41.79
<b>3</b>	La Florida	48.93
<b>4</b>	Guayamba	45.33
<b>5</b>	Lucitania	46.03

Se obtuvo en promedio una porosidad de 45.2 % y una desviación estándar de 2.64 la cual representa poca variabilidad en el parámetro evaluado, teóricamente según Kaurichev (1984), se acepta como buena porosidad total suelos con valor de 50 %; porosidad con valor > 70% se califica como excesiva, porosidad entre 55 y 70% se califica como satisfactoria, entre 50 y 55 % como excelente, entre 40 y 50% media y < 40% reducida o baja. Esto indica que los suelos caracterizados presentan una porosidad media y se puede relacionar al grado de compactación de los suelos a causa del pisoteo del ganado, a medida que el suelo se compacta pierden espacio poroso y dificulta la circulación de agua, aire, y la penetración de las raíces.

## **INFILTRACIÓN**

El 80% de las fincas presentan valores en un rango entre 0.12 y 0.41 cm/hr clasificada como infiltración lenta, por otro lado en el 20% restante se obtuvo una infiltración clasificada como moderadamente lenta (0.50 cm/hr) ver tabla 13.

**TABLA 13.** Resultados de la prueba de infiltración.

<b>FINCA</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>INFILTRACIÓN (cm/h)</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>
1	Santa Lucía	0.39	Lenta
2	Buenos Aires	0.12	Lenta
3	La Florida	0.23	Lenta
4	Guayamba	0.41	Lenta
5	Lucitania	0.50	Moderadamente Lenta

En promedio presenta un valor de 0.33 cm/hr y una desviación estándar de 0.15 indicando poca variabilidad en los datos hallados, el valor medio puede relacionarse al sistema de producción bovino puesto que muchos autores ponen de manifiesto la existencia de una relación inversamente proporcional entre la carga ganadera y la capacidad de infiltración de los suelos, es decir, a medida que la carga o el pisoteo animal aumenta se reducen las tasas de infiltración, dificultando la solución de los nutrientes y por ende la absorción de los mismos por parte de las plantas. Excepto la finca Lucitania son los suelos que presentan contenidos de arcilla superiores al 24% indicando que su textura son típicas de suelos con niveles de infiltración bajo.

### **CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA**

El 80% de las fincas obtuvo valores en un rango entre 0,74 y 1,48 cm/hr cuya clasificación es interpretada como moderadamente lenta, el 20% restante la clasificación es moderada con 2.14 cm/hr ver tabla 14.

**TABLA 14.** Resultados prueba de conductividad hidráulica.

<b>FINCA</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA (cm/hr)</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>
1	Santa Lucía	1.24	moderadamente lenta
2	Buenos Aires	0.74	moderadamente lenta
3	La Florida	1.28	moderadamente lenta
4	Guayamba	1.48	moderadamente lenta
5	Lucitania	2.14	moderada

En promedio 1.37 cm/h, representa un valor bajo de conductividad hidráulica, que puede ser provocado por un bajo nivel de materia orgánica, particularmente los suelos de textura con un elevado porcentaje de arcillas presentan estas características. Los niveles de productividad de estos suelos no mejoraran simplemente con la adición de fertilizantes químicos, se necesitan labores de acondicionamiento además de la aplicación de enmiendas como abono orgánico.

### **CAPACIDAD DE CAMPO (C.C)**

Los datos obtenidos varían entre 17.6 y 23.4 %, el valor más alto corresponde a La Florida, este valor puede relacionarse con el contenido de arcilla puesto que los suelos con porcentajes de arcilla  $\geq 30$  retienen agua y nutrientes con bastante fuerza. Por otro lado, el valor de 17.6% pertenece a Lucitania y puede relacionarse con la textura franco arenosa (FAR) que poseen los suelos de este predio, se caracterizan por tener buena aireación, moderada retención de agua y nutrientes ver tabla 15.

**TABLA 15.** Resultados determinación de la capacidad de campo.

<b>FINCA</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>C.C (%)</b>
<b>1</b>	Santa Lucía	19.3
<b>2</b>	Buenos Aires	21.7
<b>3</b>	La Florida	23.4
<b>4</b>	Guayamba	20.7
<b>5</b>	Lucitania	17.6

Según Castro, (2004) se puede clasificar en el diagnostico integrado de la fertilidad del suelo una capacidad de campo favorable entre 10% y 12%, valores por debajo del 10% son considerados como críticos.

### **PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE (P.M.P)**

La humedad a punto de marchitez permanente varía en un rango de 9.3 a 10.1%, el valor promedio es de 9.78% y con un coeficiente de varianza de 0.11 que indica una variabilidad mínima del parámetro ver tabla 16.

**TABLA 16.** Resultados determinación del punto de marchitez permanente.

<b>FINCA</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>P.M.P %</b>
<b>1</b>	Santa Lucía	9.3
<b>2</b>	Buenos Aires	9.9
<b>3</b>	La Florida	10.1
<b>4</b>	Guayamba	10
<b>5</b>	Lucitania	9.6

Según Israelsen et al, (1985) los suelos de textura franco arcillo arenosa (FAAr) y franco arcillosa (FAr) son considerados como medianamente pesados y presentan un valor típico promedio a punto de marchitez permanente de 13%.

#### **AGUA APROVECHABLE (A.A)**

La diferencia entre C.C y P.M.P representa el valor de A.A, y hace referencia a la cantidad de agua que las plantas pueden extraer del suelo sin tener que hacer un esfuerzo mayor. Israelsen y colaboradores, (1985) determinaron los valores típicos de A.A según la textura del suelo, los suelos cuya textura tiene un contenido de arcilla entre 20 y 30% presentan un valor promedio de 14% para agua aprovechable, ver tabla 17.

**TABLA 17.** Resultados determinación de agua aprovechable.

<b>FINCA</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>A.A %</b>
<b>1</b>	Santa Lucía	10
<b>2</b>	Buenos Aires	11.8
<b>3</b>	La Florida	13.4
<b>4</b>	Guayamba	10.7
<b>5</b>	Lucitania	8

Excepto la finca Lucitania, los suelos caracterizados presentan texturas con buen porcentaje en el contenido de arcillas indicando mayor cantidad de agua útil o aprovechable para la planta; el coeficiente de varianza de 4.06 indica cierta diferencia en los datos obtenidos, esto se debe a la dispersión que representa la finca Lucitania pues el contenido de arena de estos suelos es mayor.

### 6.3 DESCRIPCIÓN DE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO

La química de los suelos se define como la parte de la ciencia del suelo concerniente a la constitución química, a las propiedades y a las reacciones químicas del suelo, en la tabla 18, se muestra el resumen de los valores determinados para algunas propiedades químicas.

**TABLA 18.** Resumen estadístico de algunas propiedades químicas.

	<b>VALOR MAXIMO</b>	<b>VALOR MINIMO</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>COEF. VARIANZA (%)</b>	<b>DESV. ESTANDAR SX</b>
<b>pH</b>	5.6	4.9	5.34	0.07	0.27
<b>C. E (ds/m)</b>	2.39	2.1	26.54	0.01	0.12
<b>C.I.C (Cmol/kg)</b>	20.4	5.95	14.20	39.19	6.26
<b>M.O (%)</b>	3.91	2.87	3.13	0.22	0.47

#### pH

Esta propiedad química afecta muchos procesos físicos, biológicos y de disponibilidad de nutrientes, los valores presentados en la tabla 19, permite clasificar a los suelos como ácidos (anexo 1), el control de la acidez se hace a través de la aplicación de enmiendas calcáreas con el objeto de neutralizarla la concentración de iones de H<sup>+</sup>.

**TABLA 19.** Resultados determinación de pH.

<b>FINCA</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>pH</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>
<b>1</b>	Santa Lucía	4.9	Muy fuertemente ácido
<b>2</b>	Buenos Aires	5.3	Fuertemente ácido
<b>3</b>	La Florida	5.4	Fuertemente ácido
<b>4</b>	Guayamba	5.6	Moderadamente ácido
<b>5</b>	Lucitania	5.5	Fuertemente ácido

Los suelos de las fincas caracterizadas son clasificados como muy fuertemente ácidos, fuertemente ácidos y moderadamente ácidos puesto que los valores obtenidos varían en un rango de 4.9 a 5.6 y promedio de 5.34, la desviación estándar de 0.27 que indica poca variabilidad en el parámetro evaluado. Guerrero, (1991) sostiene que agronómicamente la mayoría de elementos esenciales y de cultivos se comportan bien a pH entre 5.5 y 6.7 y probablemente el pH óptimo está entre 6.2 y 6.5.

Los suelos minerales con  $\text{pH} < 5$  presentan formas de aluminio intercambiable  $\text{Al}^{3+}$ ; iones de  $\text{H}_3\text{O}^+$  y  $\text{Mn}^{2+}$ , que producen toxicidad en el suelo, además los procesos de transformación de amoníaco a nitrato son muy lentos, y pueden causar deficiencias de nitrógeno. Suelos con pH entre 5.5 y 6.5 no presentan contenido de acidez intercambiable por lo que desaparece la posibilidad de toxicidad por  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$  o  $\text{Mn}^{2+}$ , hay una mejora en la actividad biológica bacteriana; el suministro de bases, de molibdeno y de fósforo se mejora llegando a ser óptimo para muchas plantas (Jaramillo, 2002).

### **CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA**

La conductividad eléctrica de las fincas caracterizadas varía en un rango de 2.1 a 3.9 ds/m y una desviación estándar de 0.12 indicando uniformidad en los resultados del parámetro evaluado, estos valores permite clasificar los suelos como ligeramente salinos (ver anexo 1), los cultivos se ven afectados en su rendimiento y producción de manera sensible.

**TABLA 20.** Resultados determinación conductividad eléctrica.

<b>FINCA</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (ds/m)</b>
<b>1</b>	Santa	2.1
<b>2</b>	Buenos	2.35
<b>3</b>	La Florida	2.39
<b>4</b>	Guayamba	2.3
<b>5</b>	Lucitania	2.37

## CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC)

Los valores obtenidos se presentan en la tabla 21, varían en un rango de 5.95 a 20.4, un valor promedio de 14.20 cmol+. Kg <sup>-1</sup> y una desviación estándar de 6.26 que indica una variabilidad media en los datos obtenidos. La cantidad de arcillas y materia orgánica influyen apreciablemente la CIC de los suelos, el valor promedio de los suelos caracterizados puede relacionarse con suelos de textura arcillosa y tienen una CIC que generalmente varía entre 10 y 150 cmol+. Kg <sup>-1</sup> y son suelos que tienen una regular capacidad para retener elementos.

**TABLA 21.** Resultados determinación Capacidad de intercambio catiónico.

FINCA	NOMBRE	C.I.C (Cmol/kg)
1	Santa Lucía	19.89
2	Buenos Aires	14.78
3	La Florida	20.4
4	Guayamba	5.95
5	Lucitania	10.01

## MATERIA ORGÁNICA (M.O)

En la tabla 22 se presentan los valores de contenido de materia orgánica, tiene un rango de 2.81 a 3,97% y un valor medio de 3.13% que según Castro y Gómez (2013) se clasifican como valores bajos.

**TABLA 22.** Resultados determinación de materia orgánica

FINCA	NOMBRE	MATERIA ORGÁNICA (%)
1	Santa Lucía	2,81
2	Buenos Aires	2,98
3	La Florida	3,97
4	Guayamba	2,86
5	Lucitania	3,07

Teniendo en cuenta que la materia orgánica tiene efectos múltiples sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo, los resultados hallados permiten identificar niveles bajos que se relacionan a la textura de los suelos cuyo contenido de arcilla es alto, la preservación baja de la humedad del suelo, baja permeabilidad y poca disponibilidad de nitrógeno.

## MACRO – ELEMENTOS

La tabla 23 muestra un resumen de los valores de cinco elementos químicos obtenidos en laboratorio, adicionalmente el valor de nitrógeno N se halló de manera indirecta asumiendo que una quinta parte de la materia orgánica corresponde a este elemento. Teniendo en cuenta lo propuesto por Castro y Gómez (2013) se realizó la interpretación de los resultados obtenidos.

**TABLA 23.**Resumen estadístico de los macro-elementos.

	<b>VALOR MINIMO</b>	<b>VALOR MAXIMO</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>COEF. VARIANZA (%)</b>	<b>DESV. ESTANDAR SX</b>
<b>N (%)</b>	0.14	0.20	0.16	0	0.02
<b>P (ppm)</b>	7.23	91.86	31.26	1178.95	34.34
<b>Ca (Cmol/kg)</b>	1.75	8.15	5.29	8.8	2.97
<b>Mg (Cmol/kg)</b>	2.32	12.54	6.54	17.52	4.19
<b>K (Cmol/kg)</b>	1.09	2.21	1.68	0.17	0.42
<b>S (ppm)</b>	4.13	8.15	6.04	2.05	1.43

## NITRÓGENO (%)

Teniendo en cuenta el clima templado de la zona, el Nitrógeno presenta valores bajos (< 0.2 %) en las fincas Santa Lucia, Guayamba, Buenos Aires y Lucitania; el predio La Florida presenta valores clasificados como medios (0.2% - 0.3%) ver tabla 24. El rango adecuado para el cultivo esta entre el 2.5 y 5%, la cantidad de nitrógeno disponible en el suelo está directamente relacionada con el contenido de materia orgánica.

**TABLA 24.** Resultado determinación de Nitrógeno

<b>FINCA</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>NITRÓGENO (%)</b>
<b>1</b>	Santa Lucía	0,14
<b>2</b>	Buenos Aires	0,15
<b>3</b>	La Florida	0,20
<b>4</b>	Guayamba	0,14
<b>5</b>	Lucitania	0,13

### **FOSFORO (ppm)**

Excepto la finca La Florida que presenta valores muy altos de este elemento (> 40 ppm), las demás fincas presentan un rango adecuado para el cultivo de pasto (15 a 40 ppm).

**TABLA 25.** Resultado determinación de Fosforo.

<b>FINCA</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>FOSFORO (ppm)</b>
<b>1</b>	Santa Lucía	7,23
<b>2</b>	Buenos Aires	22,74
<b>3</b>	La Florida	91,86
<b>4</b>	Guayamba	17,33
<b>5</b>	Lucitania	17,14

### **POTASIO (Cmol/kg)**

El Potasio K presenta valores altos (>1Cmol/kg) en todas las fincas ver tabla 26, los datos hallados se encuentran en rango inadecuado para el cultivo, el adecuado esta entre 0.2 y 0.6 Cmol/kg.

**TABLA 26.** Resultados determinación de Potasio

<b>FINCA</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>POTASIO (Cmol/kg)</b>
<b>1</b>	Santa Lucía	1.84
<b>2</b>	Buenos Aires	1.78
<b>3</b>	La Florida	2.21
<b>4</b>	Guayamba	1.09
<b>5</b>	Lucitania	1.50

El Calcio Ca en Lucitania presenta un valor clasificado como muy bajo (< 2 Cmol/kg), Guayamba presenta valor clasificado como bajo ( 2 a 3 Cmol/kg) y en Santa Lucía, Buenos Aires y La Florida presentan valores clasificados como altos (>6 Cmol/kg), el rango adecuado para el cultivo es de 3 a 6 Cmol/kg. El Magnesio Mg en todas las fincas caracterizadas se presentan valores altos (>1.8) y está dentro del rango adecuado para el cultivo de pasto entre 1.25 y 2.5 Cmol/kg. El Azufre S el 80% de los suelos analizados presenta valores considerados como bajos (< 8ppm), por fuera del rango adecuado para el cultivo que es (8 a 16 ppm).

#### **MICRO – ELEMENTOS**

La tabla 24 muestra el resumen de los valores obtenidos para cada micronutriente. Se determinó la cantidad de sodio Na, puesto que aunque no es considerado como elemento esencial, es fundamental para analizar la fertilidad del suelo. El análisis de los datos está basado en los parámetros estipulados por Castro y Gómez (2013).

**TABLA 27.** Resumen estadístico de los micro-elementos

	<b>VALOR MINIMO</b>	<b>VALOR MAXIMO</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>COEF. VARIANZA (%)</b>	<b>DESV. ESTANDAR SX</b>
<b>Fe (ppm)</b>	350	713,3	549,28	17265,94	131,4
<b>Mn (ppm)</b>	46,9	118,1	87,32	1058,61	32,54
<b>Cu (ppm)</b>	4,8	15,8	9,8	25,92	5,09
<b>Zn (ppm)</b>	3,3	6,3	4,26	1,43	1,2
<b>B (ppm)</b>	0,6	1,5	1,04	0,11	0,33
<b>Na (cmol/kg)</b>	0,1	0,9	0,5	0,14	0,37

El Hierro, presenta un valor promedio de 549.2 ppm el cual permite clasificar a todas las fincas con contenidos muy altos de este elemento (>100 ppm). El Manganeseo presenta valores muy altos (> 10 ppm) en el suelo de todas las fincas, de igual manera el Cobre presenta valores muy altos (>4ppm).

El Zinc en el 80% de las fincas caracterizadas presenta un valor medio (3 a 6 ppm), en el 20% restante se presenta un valor alto (> 6 ppm). El Boro en el 80% de los suelos caracterizados presenta un valor alto (> 0,6 ppm) por otro lado el 20% restante presenta un valor medio ( $\leq$  0.6 ppm). El Sodio en el 60% de las fincas presenta un valor considerado como medio (0.1 a 0.5 Cmol/kg), el 40% de las fincas restantes presenta niveles altos de este elemento (> 5 Cmol/kg).

### PROPUESTAS DE PLANES DE FERTILIZACIÓN

En las tablas 29 a la 33, se presentan los planes de fertilización propuestos para cada finca. En general los suelos de las fincas caracterizadas tienen una moderada aptitud para el cultivo de pasto, la principal limitante se centra en los altos contenidos de arcilla. La mejora en el manejo físico se logra mediante la aplicación de materia orgánica.

La evaluación química de los suelos de las fincas caracterizadas permitió identificar suelos ácidos, bajos niveles de Nitrógeno y materia orgánica, nivel alto de Hierro y Potasio, a través de los planes de fertilización se busca conseguir niveles óptimos para el cultivo mediante la aplicación de enmiendas y nutrientes.

El requerimiento de la cuantía de nutriente a aplicar esta dada por la diferencia entre los niveles de extracción del pasto estrella (*cynodon plectostachius*) ver tabla 28 y la cantidad disponible en el suelo que es calculada a través de la ecuación 2.

**TABLA 28.** Requerimientos nutricionales del pasto estrella (*Cynodon plectostachius*)

variedad de pasto	Producción de materia seca (ton/ha año)	Extracción de nutrientes (kg/ha año)		
		N	P	K
<b>Cynodon plectostachius</b>	18	230	53	252

Fuente: (Bernal & Espinoza, 2003).

Teniendo en cuenta la esencialidad de los nutrientes, los requerimientos del cultivo, la disponibilidad comercial de los productos y el factor económico del productor, se

opta por recomendar aplicar productos que contienen N, P, Ca, Mg y algunos elementos menores. El fertilizante seleccionado para suplir las necesidades de N es la Urea cuya composición es 46% N, para corregir deficiencias de Fosforo se recomienda Fosfato Diamónico DAP cuya composición es 18% N y 46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y para realizar aporte de micronutrientes Borozinco cuya composición es N 3%, S 6%, B 2.5%, Cu 0.5%, SiO<sub>2</sub> 17% y Zn 15%.

Como criterio para corregir la acidez se tiene en cuenta el valor de pH del suelo y se recomienda aplicar Cal Dolomita que se encuentra compuesta por CaCO<sub>3</sub> 55% y MgCO<sub>3</sub>.

**TABLA 29.** Plan de fertilización para la finca Santa Lucia.

<b>RECOMENDACION GENERAL SEGÚN RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUELOS</b>				
<b>CULTIVO</b>	<b>N (Kg/ha)</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Kg/ha)</b>	<b>K<sub>2</sub>O (Kg/ha)</b>	<b>RECOMENDACIÓN DE ENCALAMIENTO (Ton/ha año de CaCO<sub>3</sub>)</b>
Pastos	75	50	0	0,75
<b>PRODUCTO COMERCIAL RECOMENDADO:</b>				
<b>UREA</b>		<b>3 BULTOS (50 KG)</b>	<b>ÉPOCA DE APLICACIÓN</b>	
<b>DAP</b>		<b>2 BULTOS (50 KG)</b>	Inicio de temporada de lluvia	
<b>BORO ZINC</b>		<b>9 KG</b>	Inicio de temporada de lluvia	
<b>CAL AGRÍCOLA</b>		<b>6 BULTOS (50 kg)</b>	Un mes antes de la aplicación de fertilizante	
<b>MATERIA ORGANICA (POLLINAZA / GALLINAZA)</b>		<b>1000 KG</b>	15 días después de aplicar la cal dolomita	
<b>OBSERVACIONES:</b>				
Para la aplicación del fertilizante se recomienda hacer una mezcla de los productos y aplicarla al voleo. La materia orgánica se reduce en cantidad a 300 kg para la segunda y tercer aplicación.				

**TABLA 30.** Plan de fertilización para la finca Buenos Aires.

<b>RECOMENDACION GENERAL SEGÚN RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUELOS</b>				
<b>CULTIVO</b>	<b>N (Kg/ha)</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Kg/ha)</b>	<b>K<sub>2</sub>O (Kg/ha)</b>	<b>RECOMENDACIÓN DE ENCALAMIENTO (Ton/ha año de CaCO<sub>3</sub>)</b>
Pastos	75	25	0	0,075
<b>PRODUCTO COMERCIAL RECOMENDADO:</b>				
	<b>DOSIS</b>		<b>ÉPOCA DE APLICACIÓN</b>	
<b>UREA</b>	3 BULTOS (50 Kg)		Inicio de temporada de lluvia	
<b>DAP</b>	1 BULTO (50 Kg)		Inicio de temporada de lluvia	
<b>BORO ZINCO</b>	6 Kg		Inicio de temporada de lluvia	
<b>CAL DOLOMITA</b>	2 BULTOS (50kg)		Un mes antes de la aplicación de fertilizante	
<b>MATERIA ORGANICA (POLLINAZA / GALLINAZA)</b>	1000 Kg		15 días después de aplicar la cal dolomita	
<b>OBSERVACIONES:</b>				
Para la aplicación del fertilizante se recomienda hacer una mezcla de los productos y aplicarla al voleo. La materia orgánica se reduce en aplicación a 300 kg en la segunda y tercer aplicación.				

**TABLA 31.** Plan de fertilización para la finca 3 La Florida.

<b>RECOMENDACION GENERAL SEGÚN RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUELOS</b>				
<b>CULTIVO</b>	<b>N (Kg/ha)</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Kg/ha)</b>	<b>K<sub>2</sub>O (Kg/ha)</b>	<b>RECOMENDACIÓN DE ENCALAMIENTO (Ton/ha año de CaCO<sub>3</sub>)</b>
Pastos	75	25	0	0,75
<b>PRODUCTO COMERCIAL RECOMENDADO:</b>				
	<b>DOSIS</b>		<b>ÉPOCA DE APLICACIÓN</b>	
<b>UREA</b>	3 BULTOS (50 Kg)		Inicio de temporada de lluvia	
<b>DAP</b>	1 BULTO (50 Kg)		Inicio de temporada de lluvia	
<b>BORO ZINCO</b>	8 Kg		Inicio de temporada de lluvia	
<b>CAL DOLOMITA</b>	6 BULTOS (50 Kg)		Un mes antes de la aplicación de fertilizante	
<b>MATERIA ORGANICA (POLLINAZA / GALLINAZA)</b>	1000 Kg		15 días después de aplicar la cal dolomita	
<b>OBSERVACIONES:</b>				
Para la aplicación del fertilizante se recomienda hacer una mezcla de los productos y aplicarla al voleo. La materia orgánica se reduce en aplicación a 300 kg en la segunda y tercer aplicación.				

**TABLA 32.** Plan de fertilización para la finca 4 Guayamba.

<b>RECOMENDACION GENERAL SEGÚN RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUELOS</b>				
<b>CULTIVO</b>	<b>N (Kg/ha)</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Kg/ha)</b>	<b>K<sub>2</sub>O (Kg/ha)</b>	<b>RECOMENDACIÓN DE ENCALAMIENTO (Ton/ha año de CaCO<sub>3</sub>)</b>
Pastos	75	50	0	0,75
<b>PRODUCTO COMERCIAL RECOMENDADO:</b>		<b>DOSIS</b>	<b>ÉPOCA DE APLICACIÓN</b>	
<b>UREA</b>		3 BULTOS (50 Kg)	Inicio de temporada de lluvia	
<b>DAP</b>		2 BULTOS (50 Kg)	Inicio de temporada de lluvia	
<b>BORO ZINCO</b>		5 Kg	Inicio de temporada de lluvia	
<b>CAL DOLOMITA</b>		6 BULTOS (50 Kg)	Un mes antes de la aplicación de fertilizante	
<b>MATERIA ORGANICA (POLLINAZA / GALLINAZA)</b>		1000 Kg	15 días después de aplicar la cal dolomita	
<b>OBSERVACIONES:</b>				
Para la aplicación del fertilizante se recomienda hacer una mezcla de los productos y aplicarla al voleo. La materia orgánica se reduce en aplicación a 300 kg en la segunda y tercer aplicación.				

**TABLA 33.** Plan de fertilización para la finca 5 Lucitania.

<b>RECOMENDACIÓN GENERAL SEGÚN RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUELOS</b>				
<b>CULTIVO</b>	<b>N (Kg/ha)</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Kg/ha)</b>	<b>K<sub>2</sub>O (Kg/ha)</b>	<b>RECOMENDACIÓN DE ENCALAMIENTO (Ton/ha año de CaCO<sub>3</sub>)</b>
Pastos	75	50	0	0.02
<b>PRODUCTO COMERCIAL RECOMENDADO:</b>		<b>DOSIS</b>	<b>ÉPOCA DE APLICACIÓN</b>	
<b>UREA</b>		3 BULTOS (50 Kg)	Inicio de temporada de lluvia	
<b>DAP</b>		2 BULTOS (50 Kg)	Inicio de temporada de lluvia	
<b>BORO ZINCO + MAGNESIO</b>		10 Kg	Inicio de temporada de lluvia	
<b>CAL DOLOMITA</b>		1 BULTO (50 Kg)	Un mes antes de la aplicación de fertilizante	
<b>MATERIA ORGANICA (POLLINAZA / GALLINAZA)</b>		1000 Kg	15 días después de aplicar la cal dolomita	
<b>OBSERVACIONES:</b>				
Para la aplicación del fertilizante se recomienda hacer una mezcla de los productos y aplicarla al voleo. La materia orgánica se reduce en cantidad a 300 kg en la segunda y tercer aplicación.				

## 7 CONCLUSIONES

En general los suelos de las fincas caracterizadas tienen una moderada aptitud para el cultivo de pasto, la principal limitante se centra en los altos contenidos de arcilla que dificultan el movimiento del agua en el suelo, adicionalmente el pisoteo de los animales ha causado disminución en el espacio poroso y por esta razón se halló valores entre medios y altos de densidad aparente, la compactación del suelo provoca limitación en la penetración de las raíces que a su vez dificulta la absorción de los nutrientes.

La evaluación de las propiedades químicas permitió identificar suelos ácidos, con bajos niveles de Nitrógeno y materia orgánica, baja capacidad de intercambio catiónico, valores bajos de Fosforo, nivel alto de Hierro y Potasio, y valores altos para los micro elementos. A través de los planes de fertilización se busca conseguir niveles óptimos para el cultivo mediante la aplicación de enmiendas y nutrientes.

El diagnóstico de la producción bovina permite identificar que la implementación de sistemas de producción extensivos muestra unos índices de rentabilidad bajos y se pueden relacionar de manera directa al deterioro del recurso suelo.

Los planes de fertilización están basados de manera general en la aplicación de Cal Dolomita para corregir los problemas de acidez, aplicación de nitrógeno con el objetivo de estimular la actividad fotosintética, zinc y boro que son elementos fundamentales para la absorción edáfica de nutrientes y productos con contenido de fosforo para promover el enraizamiento, las recomendaciones no dan prelación en marcas comerciales.

El plan de fertilización basado en el método de balance suelo-planta es muy general pues se tiene en cuenta solamente los resultados de las propiedades fisicoquímicas y los requerimientos del cultivo; no se incluye un diagnostico particular del mismo ni factores como el reciclaje de nutrientes, limitaciones topográficas, recomendaciones o labores para el manejo y conservación de las propiedades físicas entre otros.

## **8 RECOMENDACIONES**

Con la prospectiva de mejorar los índices de producción del cultivo, se recomienda a los productores implementar los planes de fertilización propuestos en este trabajo.

Se recomienda a los productores promover la implementación de sistemas rentables basados en la aplicación de técnicas apropiadas a las características económicas, sociales y ambientalmente sostenibles en el medio donde se desarrollan las actividades agropecuarias, se presenta como opción cambiar la ganadería extensiva por pastoreo rotacional intensivo.

Si los planes de fertilización son implementados por los productores, se recomienda hacer una evaluación basada en los indicadores de producción medidos a través del diagnóstico realizado en este trabajo.

Se recomienda realizar tratamiento a estos suelos siguiendo las indicaciones de un profesional con conocimientos en manejo y conservación de suelos, además de realizar evaluaciones posteriores para comprobar la evolución de las propiedades fisicoquímicas y fertilidad de suelo.

## 9 BIBLIOGRAFÍA

- Alcaraz Ariza, F. J. (03 de Marzo de 2012). *El Factor del suelo*. Obtenido de <http://www.um.es/docencia/geobotanica/ficheros/tema16.pdf>
- Amezquita, E. (1999). Propiedades físicas de los suelos de los Llanos Orientales y sus requerimientos de labranza. *Revista Palmas*, 20(1), 73-86.
- Barrios, E., Delve, R., Barreto, H., & Trejo, M. (2003). Identificación y clasificación de Indicadores Locales de Calidad de suelo. CIAT. Obtenido de <http://www.cglrc.cgiar.org/ciat/instrumentos/seccion2il.pdf>
- Bernal, J., & Espinoza, J. (2003). Manual de nutrición y fertilización de pastos. International Plant Nutrition Institute. Obtenido de <https://www.yumpu.com/es/document/view/14237075/manual-de-nutricion-y-fertilizacion-de-pastos-manual->
- Borges, J., Barrios, M., Sandoval, E. Y., & Márquez, O. (2012). Características físicoquímicas del suelo y su asociación con macroelementos en áreas destinadas a pastoreo en el estado Yaracuy. *Bioagro*, 24(2), 121-126.
- Burgos, E., Cano, G., & Salazar, J. (2014). Fuentes de variación que tienen efecto sobre los atributos sensoriales de taza en sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) en el sur de Colombia. . *Revista del Sistema de Ciencia Tecnología e Innovación (SENNOVA)*, 1(1), 64-77.
- Cairo, P. (1995). *La Fertilidad Física del Suelo y La Agricultura Orgánica en el tropico*. Managua, Nicaragua.
- Cardona, D., & Sadeghian, S. (2006). Evaluación de propiedades físicas y químicas de suelos establecidos con café bajo sombra ya plena exposición solar.
- Castro, H., & Gomez, M. (2013). Fertilidad de suelos y fertilizantes . En S. C. Suelo, *Ciencia del Suelo, Principios Basicos* (págs. 217 -298). Bogotá D.C: Offset Gráfico Editores.
- Cerdas, R. (2011). Programa de fertilización de forrajes. Desarrollo de un módulo práctico para técnicos y estudiantes de ganadería de Guanacaste, Costa Rica. InterSedes: Revista de las Sedes Regionales, . 109-128.
- Coello, C., De Bievré, E., Pachoco, B., & Sisneros, P. (2009). *Análisis de Métodos de Estimación de la Conductividad Hidráulica Saturada en Suelos Degradadas*.

- Echeverry, L., Estévez, J., & Bedoya, J. (2014). Caracterización Física, Química y Mineralógica de Suelos con Vocación Forestal Protectora, Región Andina Central Colombiana. Medellín: Revista Facultad Nacional de Agronomía.
- FAO. (2002). *Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia*. Obtenido de <http://www.fao.org/ag/AGa/AGAP/FRG/AGROFOR1/Siavosh6.htm>
- FAO. (2011). Obtenido de colección FAO capacitación, El suelo.: [http://www.fao.org/fishery/static/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6706s/Index.htm](http://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/Index.htm)
- Flores, L., & Alcalá, J. (2010). Manual de Procedimientos Analíticos. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO, Instituto de Geología.
- Gimenez, R. (2001). Física de Suelos. En U. N. Tucuman. Argentina.
- Grisales, J. (2014). Propiedades Físicas y Mecánicas de los suelos. Villavicencio, Colombia: Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Corporación universitaria del Meta. Obtenido de [http://www.academia.edu/6386237/PROPIEDADES\\_FISICAS\\_Y\\_MECANICAS\\_DE\\_LOS\\_SUELOS](http://www.academia.edu/6386237/PROPIEDADES_FISICAS_Y_MECANICAS_DE_LOS_SUELOS)
- Guatibonza, M., Álvarez, J., & Sanabria, J. (2009). Distribución espacial de la conductividad hidráulica en un lote de la granja Tinguavita (Paipa, Colombia). *Agronomía Colombiana*, 27(2), 261.
- Guerrero, R. (1991). *La acidez del suelo: Su naturaleza, sus implicaciones y su manejo*. Bogotá: SCCS p 141-163.
- Guevara, E., & Márquez, A. (2012). *Modelación de la Infiltración en un Campo Agrícola de la Cuenca del Río Chirgua, Estado Carabobo, Venezuela*.
- Herrera, J. (2008). Propiedades del suelo. Colombia. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos65/propiedades-suelo/propiedades-suelo.shtml>
- Hillel, D. (1998). Environmental soil physics. *Academic Press.*, 770 - 772. San Diego.
- Ibañez, s., Moreno, H., & Blanquer, J. (2005). CARACTERÍSTICAS DEL INFITRÓMETRO DE DOBLE ANILLO (ANILLO DE MUNZ). Valencia, España: Universidad Politecnica. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/7840/AD%20Infiltrometro.pdf?sequence=3>

- Israelsen, O., Hansen, V., & West, T. (1985). Principles and applications of irrigation. Reverte.
- Jaramillo, D. (2002). Introduccion a la ciencia del suelo . Medellin : Universidad Nacional de Colombia.
- Jones, C., & Jacobsen, J. (2001). Plant Nutrition and Soil Fertility. En *Nutrient Management Module 2*. Montana State University Service.
- Kaimowitz, D., & Angelsen, A. (2003). ¿Ayudará La Intensificación De La Ganadería A Salvar Los Bosques Tropicales De América Latina?.
- kang, B. (1994). Cultivos en callejones: Logros y perspectivas. En *Centro de Agroforestería para el desarrollo sostenible*. (pág. 70 ). Chapingo, Mexico.
- Kaurichev, I. (1984). *Prácticas de edafología. 1ª Edición en español*. Moscú: Mir.
- Marschner, H. (1995). Mineral Nutrition of Higher Plants. London: Academic Press.
- Mejia, L. (1980). Conceptos básicos comunes a la pedología y geomorfología. Bogotá, Colombia: Centro Interamericano de Fotointerpretación (CIAF).
- Molina, E. (2007). Análisis de suelos y su interpretación. Centro de Investigaciones Agronómicas. universidad de Costa Rica.
- Montenegro, H., & Malagon, D. (1990). Propiedades Físicas del Suelo. Bogotá, Colombia: Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).
- Muegue, L., González, J., & Mesa, G. (2013). Caracterización físico-química y mineralógica de suelos en zona carbonífera del Cesar, Colombia. . *Interciencia*, 38(1), 42. .
- Murillo, J., Rodríguez, G., Roncallo, B., Rojas, L., & Bonilla. (2014). Efecto de la aplicación de prácticas sostenibles en las características físicas, químicas y microbiológicas de suelos degradados. *Pastos y Forrajes*, 37(3), 270-278.
- Novella, M., & Castro, J. (1980). Fertilizacion de pasturas con mezclas de fostorita y azufre. Investigaciones agronomicas. *Investigaciones agronomicas*.
- Olarte, R. (1979). Métodos analíticos de laboratorio de suelos. 4ª. Ed. . Bogotá.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).
- 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), 21-26.

- Pla, I. (1977). Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. Maracaibo, Venezuela.
- Rebolledo, S. (2014). Libro Azul, Manual de Fertirriego de SQM. Obtenido de [http://www.redagricola.com/sites/default/files/conductividad\\_electrica\\_y\\_salinidad.pdf](http://www.redagricola.com/sites/default/files/conductividad_electrica_y_salinidad.pdf)
- Rodríguez, M., & Martínez, M. (2014). Fertilidad del suelo y parámetros que la definen. . *Universidad de La Rioja, Servicio de Publicaciones*.
- Rucks, L., García, F., Kaplan, A., Ponce de Leon, J., & Hill, M. (2004). Propiedades Físicas del Suelo. Montevideo, Uruguay. Obtenido de <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>
- Sawchik, J. (2000). Algunos conceptos Basicos Para el Manejo de Riego. Estanduella, Mexico.: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA).
- Schwertmann, U. (1993). Relations between iron oxides, soil color and soil formation. In: Soil color. J. M.
- Souza, I., Ribeiro, K., Rocha, W., Pereira, O., & Cecon, P. (2013). Physical properties of a Red-Yellow Latosol and productivity of a signalgrass pasture fertilized with increasing nitrogen doses. *Revista Brasileira de Ciência do solo*.
- Toro, M., López, G., & Campos, M. (2016). Factores edáficos asociados a las propiedades mecánicas de la Guadua angustifolia. *Ingeniería y Región*, 15, 9-21.
- Torrente, A. (2013). Las Propiedades Físicas Del Suelo. Neiva, Colombia: Universidad Surcolombiana.
- Torrente, A., & Ladino, Á. (2009). Caracterización de Propiedades Fisicoquímicas de los Suelos de la Zona Cafetera del Municipio de Isnos con el Fin de Establecer su Aptitud de Uso y Manejo. *Ingeniería y Región*, (6), 77-82.
- Torres, M., Florez, F., & Triana, F. (2014). Efecto del Uso del Suelo en la Capacidad de Almacenamiento Hídrico en el Páramo de Sumapaz-Colombia. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*, 67(1), 7189-7200.
- Trujillo, O. (2011). Oferta edáfica en un suelo de la asociación Zarzal (Za), bosque seco tropical-Valle del Cauca, bajo pastoreo de bovinos . *Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira*).

Vásquez, J. (2009). Caracterización de la variabilidad espacial de las propiedades físicas y químicas en los suelos de la granja experimental de la Universidad del Magdalena . (*Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira*).

Vergara, L. (2010). La ganadería extensiva y el problema agrario, El reto de un modelo de desarrollo rural sustentable para Colombia. *Ciencias Animales*.

World Fertilizer use Manual. (1992). Los Fertilizantes y Su Uso. Paris: FAO. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>

## 10 ANEXOS

### ANEXO 1 . Clasificación de las propiedades físicas y químicas del suelo.

**TABLA 34.** Rangos de clasificación de la densidad real, densidad aparente y porosidad del suelo.

DENSIDAD REAL (g.cm <sup>-3</sup> )	DENSIDAD APARENTE (g.cm <sup>-3</sup> )	POROSIDAD (%)	CLASIFICACIÓN
<2.4	<1	<40	Muy bajo
2.6 – 2.8	1.2 – 1.45	45-55	Medio
>2.8	1.45–1.60	55-65	Alto

Fuente: (Cairo, 1995).

**TABLA 35.** Rangos de clasificación de la infiltración y conductividad hidráulica del suelo.

I (cm.h <sup>-1</sup> )	K(m.día <sup>-1</sup> )	INTERPRETACIÓN
<0.1	<0.1	Muy lenta
0.1-0.5	0.1-0.5	Lenta
0.5-2.0	0.5-1.6	Moderadamente lenta
2.0-6.3	1.6-5.0	Moderada
6.3-12.7	5.0-12.0	Moderadamente rápida
12.7-25.4	12.0-18.0	Rápida
>25.4	>18.0	Muy rápida

Fuente: (Montenegro & Malagon,1990).

## Continuación ANEXO 1

**TABLA 36.** Rangos de clasificación conductividad eléctrica y afectación en los cultivos.

CE μSM.CM-1	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS EN CULTIVO
<b>0-2000</b>	Suelos normales	No afectados
<b>2000-4000</b>	Suelos ligeramente salinos	Afectados los rendimientos de los cultivos muy sensibles
<b>4000-8000</b>	Suelos salinos	Afectados los rendimientos de la mayoría de los cultivos.
<b>8000- 16000</b>	Suelos fuertemente salinos	Rendimientos aceptables en los cultivos tolerantes
<b>&gt;16000</b>	Suelos extremadamente salinos.	Muy pocos cultivos dan rendimientos

Fuente: grados de salinidad united states salinity laboratory of riverside

**TABLA 37.** Rangos de clasificación de pH.

pH	CALIFICACIÓN
<b>&lt;3.5</b>	Ultra acido
<b>3.5-4.4</b>	Extremadamente acido
<b>4.5-5.0</b>	Muy fuertemente acido
<b>5.1-5.5</b>	Fuertemente acido
<b>5.6-6.0</b>	Moderadamente acido
<b>6.1-6.5</b>	Ligeramente acido

Fuente: Soil Survey Division Staff

## Continuación ANEXO 1

**TABLA 38.** Rangos de clasificación de la capacidad de intercambio catiónico.

<b>RANGO DE LA CIC (cmol+.kg-1)</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>
< 5	Muy baja
5–15	Baja
15–25	media
25–40	Alta
> 40	Muy alta

Fuente: (Jaramillo, 2002)

**TABLA 39.** Rango de clasificación de la materia orgánica

<b>M.O (%)</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>
< 2	Baja
2 a 4	media
> 4	Alta

Fuente: IGAC

## Continuación ANEXO 1

Estándares Generales para interpretar análisis de suelos con fines agrícolas

40	APRECIACIÓN	M.O.%			P(ppm)		Ca		Mg		K		Na		CIC cmol.kg <sup>-1</sup>	S (ppm)	ELEMENTOS MENORES ( ppm)					CE (ds.m <sup>-1</sup> )	
		C.F	C.M	C.C	Bray II	Olsen	cmol.kg	%Sat	cmol.kg <sup>-1</sup>	%Sat	cmol.kg <sup>-1</sup>	%Sat	cmol.kg	%Sat			B	Mn	Cu	Zn	Fe		
< 4,5 Extremadamente ácido	Muy bajo				< 10	< 8	< 2		< 0,5		< 0,2				< 5							< 0,5	
4,5 - 5,0 Muy fuertemente ácido	Bajo	< 5	< 3	< 1,5	10 - 20	8 - 16	2 - 3	< 50	0,5 - 1,2	< 15	0,2 - 0,4	< 2	< 0,1		5 - 10	< 8	< 0,3	< 5	< 2	< 3	< 50	0,5 - 1	
5,1 - 5,5 Fuertemente ácido	Medio	5 - 10	3 - 5	1,5 - 3	> 20 - 40	> 16 - 35	> 3 - 6	50 - 70	> 1,2 - 1,8	15 - 25	> 0,4 - 0,6	2 - 3	0,1 - 0,5	< 7	> 10 - 20	8 - 16	0,3 - 0,6	5 - 10	2 - 4	3 - 6	50 - 100	1 - 2	
5,6 - 6,0 Moderadamente ácido	Alto	> 10	> 5	> 3	> 40	> 35	> 6	> 70	> 1,8	> 25	> 0,6 - 1	> 3	> 0,5	> 15	> 20	> 16	> 0,6	> 10	> 4	> 6	> 100	> 2	
6,1 - 6,5 Ligeramente ácido	APRECIACIÓN	RELACIONES (Balance de bases)					APRECIACIÓN	DIAGNÓSTICO PROBLEMAS DE ACIDEZ				CONTROL DE ACIDEZ Y MEJORAMIENTO QUÍMICO INTEGRAL											
6,6 - 7,3 Neutro		Ca:Mg	Mg:K	K:Mg	Ca:K	$\frac{(Ca+Mg)}{K}$		pH	Al (me)	Al (%)	$\Sigma Ca+Mg+K$	t.ha <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub>	Combinación materiales de encalado (t.ha <sup>-1</sup> ) (Relación porcentual)										
											Cal hidratada (40%)	Dolomita (45%)	Abono Paz del Río (15%)										
7,4 - 7,9 Alcalino calcáreo	Relación Ideal	3 - 5	6 - 8	0,2-0,3	12 - 18	12 - 20	Alto	< 4,5	> 2,5	> 30	< 5	1	0,36	0,48	0,17								
> 7,9 - 8,4 Moderadamente alcalino (Na)	K Deficiente		> 10	< 0,2	> 30	> 40	Medio	4,5 - 5,5	1 - 2,5	15 - 30	5 - 8	2	0,72	0,96	0,34								
> 8,4 - 9,0 Fuertemente alcalino (Na)	Mg Deficiente	> 10	< 6	> 0,3			Bajo	5,5 - 6,0	< 1	< 15	> 8 - 10	3	1,08	1,44	0,51								
	Ca Deficiente	Suelos magnésicos de relación Ca:Mg invertida					Condición favorable al cultivo	6,5 - 7,3	-	-	10 - 15	4	1,44	1,92	0,68								

Fuente: (Castro & Gomez,2013)

## ANEXO 2 . Resultados del análisis químico del suelo de las cinco fincas caracterizadas.

### Resultado análisis de suelo finca No. 1 Santa Lucia.

	<b>ENTREGA DE RESULTADOS</b>						3 LABGAA
	<b>INFORME DE ENSAYOS ANÁLISIS DE SUELOS</b>						
<b>CÓDIGO</b>	ER-FR-01	<b>VERSIÓN</b>	4	<b>VIGENCIA</b>	2016	<b>Página</b>	1 de 1

DATOS DEL CLIENTE		
Solicitante: Roberto Carvajal	Ciudad: Timana	Dirección: no reporta
Teléfono: 3112268192	Email: maes_1993@outlook.com	
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		
Finca: Santa Lucia	Matriz: Suelo	<b>N° Muestra: 105-16</b>
Vereda: sicande	ID cliente: MC-1-AB	
Municipio: Timana	Fecha muestreo: No reporta	
Departamento: Huila	Fecha recepción: 12 de Diciembre de 2016	
Cultivo: Pasto	Fecha análisis: 10 de enero de 2016	
N° Cadena de custodia: No aplica	Fecha entrega: 20 de enero de 2016	
N° Plan de muestreo: No aplica	Informe de resultados N°: 105	

PARAMETROS QUIMICOS	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
pH	-	4,9	NTC 5264
Carbono Orgánico (CO)	%	1,63	NTC 5403 método B
C.I.C.	cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>	19,89	NTC 5268
Fósforo (P)	ppm	7,23	NTC 5350
Calcio (Ca)	cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>	8,15	NTC 5349
Magnesio (Mg)	cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>	12,54	
Sodio (Na)	cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>	0,71	
Potasio (K)	cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>	1,84	
Bases Totales (BT)	cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>	23,24	Suma cationes
Saturación de bases (SB)	%	>100	Relación catiónica
Azufre (S)	ppm	8,15	NTC 5402
Hierro (Fe)	ppm	524,70	NTC 5526 método DTPA
Manganeso (Mn)	ppm	45,89	
Cobre (Cu)	ppm	4,81	
Cinc (Zn)	ppm	6,26	
Boro (B)	ppm	0,58	
Acidez Intercambiable	cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>	----	H <sub>2</sub> O Caliente NTC 5263
Relación Ca/Mg	-	0,64	Relación catiónica
Relación ( Ca + Mg )/K	-	11,24	
Relación Mg/K	-	6,81	
<b>TEXTURA*</b>	Clase		Organoléptico

\*A= arenoso, Ar=arcilloso, l= franco

NOTA 1: Los resultados son válidos únicamente por la muestra analizada.

NOTA 2: El presente informe no deberá reproducirse total o parcialmente sin la autorización del laboratorio.

NOTA 3: Los datos del cliente y la información de la muestra es suministra por quien radica la muestra en el Laboratorio

LABGAA.

  
JHON JAIRO AREVALO HERNANDEZ  
Coordinador Laboratorio

CESAR HERNANDO BOLIVAR HERRERA  
Director del Laboratorio

FIN DEL INFORME

## Resultado análisis de suelo finca No. 2 Buenos Aires (Lote las Brisas).

		<b>ENTREGA DE RESULTADOS</b>				
		<b>INFORME DE ENSAYOS ANÁLISIS DE SUELOS</b>				
<b>CÓDIGO</b>	ER-FR-01	<b>VERSIÓN</b>	4	<b>VIGENCIA</b>	2016	<b>Página</b> 1 de 1

DATOS DEL CLIENTE		
Solicitante: Miro Escobar Serrato	Ciudad: Timana	Dirección: no reporta
Teléfono: 3118071060	Email: maes_1993@outlook.com	
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		
Finca: Las Brisas	Matriz: Suelo	<b>N° Muestra: 106-16</b>
Vereda: lourdes	ID cliente: MC-1-AB	
Municipio: Timana	Fecha muestreo: No reporta	
Departamento: Huila	Fecha recepción: 12 de Diciembre de 2016	
Cultivo: Pasto	Fecha análisis: 10 de enero de 2016	
N° Cadena de custodia: No aplica	Fecha entrega: 20 de enero de 2016	
N° Plan de muestreo: No aplica	Informe de resultados N°: 106	

PARAMETROS QUIMICOS	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
pH	-	5,6	NTC 5264
Carbono Orgánico (CO)	%	1,73	NTC 5403 método B
C.I.C.	cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>	14,78	NTC 5268
Fósforo (P)	ppm	22,74	NTC 5350
Calcio (Ca)	cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>	6,39	NTC 5349
Magnesio (Mg)	cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>	7,83	
Sodio (Na)	cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>	0,89	
Potasio (K)	cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>	1,78	
Bases Totales (BT)	cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>	16,89	Suma cationes
Saturación de bases (SB)	%	>100	Relación catiónica
Azufre (S)	ppm	6,20	NTC 5402
Hierro (Fe)	ppm	350,02	NTC 5526 método DTPA
Manganeso (Mn)	ppm	118,10	
Cobre (Cu)	ppm	4,81	
Cinc (Zn)	ppm	3,33	
Boro (B)	ppm	1,06	H <sub>2</sub> O Caliente
Acidez intercambiable	cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>	----	NTC 5263
Relación Ca/Mg	-	0,816	Relación catiónica
Relación ( Ca + Mg )/K	-	7,98	
Relación Mg/K	-	4,39	
<b>TEXTURA*</b>	Clase		Organoléptico

\*A= arenoso; Ar=arcilloso; F= franco

**NOTA 1:** Los resultados son válidos únicamente por la muestra analizada.

**NOTA 2:** El presente informe no deberá reproducirse total o parcialmente sin la autorización del laboratorio.

**NOTA 3:** Los datos del cliente y la información de la muestra es suministra por quien radica la muestra en el Laboratorio

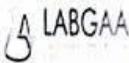
LABGAA.

**JHON JAIRO AREVALO HERNANDEZ**  
Coordinador Laboratorio

**CESAR HERNANDO BOLIVAR HERRERA**  
Director del Laboratorio

FIN DEL INFORME

## Resultado análisis de suelo finca No. 3 La Florida.

	<b>ENTREGA DE RESULTADOS</b>						
	<b>INFORME DE ENSAYOS ANÁLISIS DE SUELOS</b>						
<b>CÓDIGO</b>	ER-FR-01	<b>VERSIÓN</b>	4	<b>VIGENCIA</b>	2016	<b>Página</b>	1 de 1

DATOS DEL CLIENTE		
Solicitante: Luz Miriam Gonzales	Ciudad: Timana	Dirección: no reporta
Teléfono: 3202466580	Email: maes_1993@outlook.com	
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		
Finca: La Florida	Matriz: Suelo	<b>N° Muestra: 107-16</b>
Vereda: Sicande	ID cliente: MC-1-AB	
Municipio: Timana	Fecha muestreo: No reporta	
Departamento: Huila	Fecha recepción: 12 de Diciembre de 2016	
Cultivo: Pasto	Fecha análisis: 10 de enero de 2016	
N° Cadena de custodia: No aplica	Fecha entrega: 20 de enero de 2016	
N° Plan de muestreo: No aplica	Informe de resultados N°: 107	

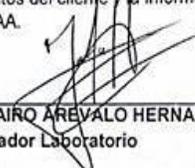
PARAMETROS QUIMICOS	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
pH	-	5,4	NTC 5264
Carbono Orgánico (CO)	%	2,38	NTC 5403 método B
C.I.C.	cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>	20,40	NTC 5268
Fósforo (P)	ppm	91,86	NTC 5350
Calcio (Ca)	cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>	7,65	NTC 5349
Magnesio (Mg)	cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>	7,23	
Sodio (Na)	cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>	0,10	
Potasio (K)	cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>	2,21	
Bases Totales (BT)	cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>	17,19	Suma cationes
Saturación de bases (SB)	%	84,26	Relación catiónica
Azufre (S)	ppm	5,87	NTC 5402
Hierro (Fe)	ppm	574	NTC 5526 método DTPA
Manganeso (Mn)	ppm	58,68	
Cobre (Cu)	ppm	15,78	
Cinc (Zn)	ppm	3,47	
Boro (B)	ppm	1,51	H <sub>2</sub> O Caliente
Acidez intercambiable	cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>	----	NTC 5263
Relación Ca/Mg	-	1,05	Relación catiónica
Relación (Ca + Mg)/K	-	6,73	
Relación Mg/K	-	3,27	
<b>TEXTURA*</b>	Clase		Organoléptico

\*A=arenoso, Ar=arcilloso, F= franco

NOTA 1: Los resultados son válidos únicamente por la muestra analizada.

NOTA 2: El presente informe no deberá reproducirse total o parcialmente sin la autorización del laboratorio.

NOTA 3: Los datos del cliente y la información de la muestra es suministrada por quien radica la muestra en el Laboratorio LABGAA.

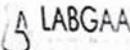
  
**JHON JAIRO AREVALO HERNANDEZ**  
 Coordinador Laboratorio

**CESAR HERNANDO BOLIVAR HERRERA**  
 Director del Laboratorio

FIN DEL INFORME

Universidad Surcolombiana Av. Pastrana Cra. 1 Neiva - Huila. Bloque de Ingeniería primer piso. Tel. 8754753 ext.1096.  
 Email: labgaa@usco.edu.co

## Resultado análisis de suelo finca No. 4 Guayamba (Lote Esmeralda).

	<b>ENTREGA DE RESULTADOS</b>						
	<b>INFORME DE ENSAYOS ANÁLISIS DE SUELOS</b>						
<b>CÓDIGO</b>	ER-FR-01	<b>VERSIÓN</b>	4	<b>VIGENCIA</b>	2016	<b>Página</b>	1 de 1

DATOS DEL CLIENTE		
Solicitante: Daniel Ignacio Alarcon	Ciudad: TIMANA	Dirección: no reporta
Teléfono: 3192184121	Email: maes_1993@outlook.com	
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		
Finca: la Esmeralda	Matriz: Suelo	<b>N° Muestra: 103-16</b>
Vereda: Camenzo	ID cliente: MC-1-AB	
Municipio: Timana	Fecha muestreo: No reporta	
Departamento: Huila	Fecha recepción: 12 de Diciembre de 2016	
Cultivo: Pasto	Fecha análisis: 10 de enero de 2016	
N° Cadena de custodia: No aplica	Fecha entrega: 20 de enero de 2016	
N° Plan de muestreo: No aplica	Informe de resultados N°: 103	

PARAMETROS QUIMICOS	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
pH	-	5,3	NTC 5264
Carbono Orgánico (CO)	%	1,66	NTC 5403 método B
C.I.C.	cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>	5,95	NTC 5268
Fósforo (P)	ppm	17,33	NTC 5350
Calcio (Ca)	cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>	2,51	NTC 5349
Magnesio (Mg)	cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>	2,78	
Sodio (Na)	cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>	0,09	
Potasio (K)	cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>	1,09	
Bases Totales (BT)	cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>	6,47	Suma cationes
Saturación de bases (SB)	%	>100	Relación catiónica
Azufre (S)	ppm	4,13	NTC 5402
Hierro (Fe)	ppm	713,33	NTC 5526 método DTPA
Manganeso (Mn)	ppm	99,27	
Cobre (Cu)	ppm	9,63	
Cinc (Zn)	ppm	4,34	
Boro (B)	ppm	1,10	H <sub>2</sub> O Caliente
Acidez intercambiable	cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>	---	NTC 5263
Relación Ca/Mg	-	0,90	Relación catiónica
Relación ( Ca + Mg )/K	-	4,85	
Relación Mg/K	-	2,55	
TEXTURA*	Clase	F Ar A	Organoléptico

\*A= arenoso; A=arcilloso; F= franco

NOTA 1: Los resultados son válidos únicamente por la muestra analizada.

NOTA 2: El presente informe no deberá reproducirse total o parcialmente sin la autorización del laboratorio.

NOTA 3: Los datos del cliente y la información de la muestra es suministra por quien radica la muestra en el Laboratorio LABGAA.

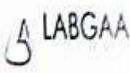
  
**JHON JAIRO AREVALO HERNANDEZ**  
 Coordinador Laboratorio

**CESAR HERNANDO BOLIVAR HERRERA**  
 Director del Laboratorio

FIN DEL INFORME

Universidad Surcolombiana Av. Pastrana Cra. 1 Neiva - Huila. Bloque de Ingeniería primer piso. Tel. 8754753 ext.1096.  
 Email: labgaa@usco.edu.co

## Resultado análisis de suelo finca No. 5 Lucitania.

	<b>ENTREGA DE RESULTADOS</b>					
<b>INFORME DE ENSAYOS ANÁLISIS DE SUELOS</b>						
CÓDIGO	ER-FR-01	VERSIÓN	4	VIGENCIA	2016	Página 1 de 1

DATOS DEL CLIENTE		
Solicitante: Luis Alfredo Cárdenas	Ciudad: Timana	Dirección: no reporta
Teléfono: 3107998509	Email: maes_1993@outlook.com	
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		
Finca: Lusitania	Matriz: Suelo	<b>N° Muestra: 104-16</b>
Vereda: cascajal	ID cliente: MC-1-AB	
Municipio: Timana	Fecha muestreo: No reporta	
Departamento: Huila	Fecha recepción: 12 de Diciembre de 2016	
Cultivo: Pasto	Fecha análisis: 10 de enero de 2016	
N° Cadena de custodia: No aplica	Fecha entrega: 20 de enero de 2016	
N° Plan de muestreo: No aplica	Informe de resultados N°: 104	

PARAMETROS QUIMICOS	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
pH	-	5,5	NTC 5264
Carbono Orgánico (CO)	%	1,48	NTC 5403 método B
C.I.C.	cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>	10,01	NTC 5268
Fósforo (P)	ppm	17,14	NTC 5350
Calcio (Ca)	cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>	1,75	NTC 5349
Magnesio (Mg)	cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>	2,32	
Sodio (Na)	cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>	0,67	
Potasio (K)	cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>	1,50	
Bases Totales (BT)	cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>	6,24	Suma cationes
Saturación de bases (SB)	%	62,33	Relación catiónica
Azufre (S)	ppm	5,83	NTC 5402
Hierro (Fe)	ppm	584,37	NTC 5526 método DTPA
Manganeso (Mn)	ppm	113,61	
Cobre (Cu)	ppm	14,04	
Cinc (Zn)	ppm	3,56	
Boro (B)	ppm	0,89	
Acidez intercambiable	cmol <sup>+</sup> .kg <sup>-1</sup>	---	H <sub>2</sub> O Caliente NTC 5263
Relación Ca/Mg	-	0,75	Relación catiónica
Relación ( Ca + Mg )/K	-	2,71	
Relación Mg/K	-	1,54	
TEXTURA*	Clase	FA	Organoléptico

\*A= arenoso, Ar=arcilloso, F= franco

NOTA 1: Los resultados son válidos únicamente por la muestra analizada.

NOTA 2: El presente informe no deberá reproducirse total o parcialmente sin la autorización del laboratorio.

NOTA 3: Los datos del cliente y la información de la muestra es suministrada por quien radica la muestra en el Laboratorio

LABGAA.

  
**JHON JAIRO AREVALO HERNANDEZ**  
 Coordinador Laboratorio

**CÉSAR HERNANDO BOLIVAR HERRERA**  
 Director del Laboratorio

FIN DEL INFORME

Universidad Surcolombiana Av. Pastrana Cra. 1 Neiva - Huila. Bloque de Ingeniería primer piso. Tel. 8754753 ext.1096.  
 Email: labgaa@usco.edu.co

**ANEXO 3 . Encuesta aplicada para la elaboración del diagnóstico de producción bovina.**

DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN BOVINO.

Fecha:

Nombre del productor:

Nombre de la finca:

Vereda:

1. ¿cuál es el sistema de producción implementado en su finca?
2. ¿Cuál es el área destinada a la producción ganadera?
3. ¿Cuántas cabezas de ganado posee?
4. ¿Qué razas de ganado posee?
5. ¿diariamente, cuántos litros de leche produce?
6. ¿Cuántos kg de carne vende en el año?
7. ¿sabe usted, cuantos kg de materia verde se produce en 1ha de potrero?

Observaciones:

---

---

---

---

---

---

---

Fuente: propia.