



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, Mayo 20 de 2021

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Sergio leandro Maje Meneses

con C.C. No. **1075227204**

_____, con C.C. No. _____,

_____, con C.C. No. _____,

_____, con C.C. No. _____,

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o _____

Titulado: **Caracterización detallada del ecotopo 2-11-B mediante variabilidad espacial del suelo para planes de fertilización en el municipio de Palermo- Huila.**

presentado y aprobado en el año **2020** como requisito para optar al título de

Ingeniero Agrícola._____;

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

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

Vigilada Mineducación

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



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

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: SERGIO LEANDRO MAJE MENESES

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____



TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Maje Meneses	Sergio Leandro

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Torrente Trujillo	Armando

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
----------------------------	--------------------------

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO: Ingeniería Agrícola.

CIUDAD: Neiva

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2020

NÚMERO DE PÁGINAS: 63

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas___ Fotografías_x_ Grabaciones en discos___ Ilustraciones en general___ Grabados___
Láminas___ Litografías___ Mapas_x_ Música impresa___ Planos___ Retratos___ Sin ilustraciones___
Tablas o Cuadros_x_

Vigilada Mineducación

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



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

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

MATERIAL ANEXO:

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

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. Variabilidad espacial	spatial variability	6. Muestras sistemáticas	systematic samples
2. Ecotopo cafetero	coffe ecotopo	7. Calicatas	calicatas
3. Fertilidad del suelo	soil fertility	8. Deficiencia nutricional	Nutritional deficiency
4. cultivo del café characteristics	coffee cultivation	9. Características taxonómicas	taxonomic
5. Elementos mayores statistics	major elements	10. Estadística descriptiva.	Descriptive

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

Se caracterizó de forma detallada el suelo en el ecotopo 2-11-B en un área de 53.1 ha en la vereda el Moral, municipio de Palermo - Huila. Se delimitó la zona y a través de una malla de 190 x190 m² se recolectaron 15 muestras sistemáticas. Se evaluaron las propiedades de textura, pH, CIC y elementos mayores como N P y K. Se elaboró el análisis exploratorio de datos mediante estadística descriptiva con el software Statgraphics Centurión XVI.II ; se aplicó la técnica de variabilidad espacial para el mapeo de las propiedades físicas y químicas de los suelos con el software Argis 10.5. Se determinó el estado de fertilidad del suelo mediante la metodología de levantamientos de suelos del IGAC, como también la identificación y el reconocimiento de características particulares del ecotopo en objeto, a través de calicatas representativas. La propiedad de mayor varianza es P con un 192% y la menor el pH con un 12,39%, los mejores índices nutricionales se ubican en su mayoría en la parte sur del área (altitud promedio 1850 msnm). Los niveles nutricionales son deficientes, de allí el grado de fertilidad bajo en toda la zona, las características taxonómicas corresponden a *Typic Hapludalf*



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

y *Typic Dystropept*. La zona presenta una geoforma con disposición de cono de deyección con características de abanico coluvio-aluvial.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

The soil was characterized in detail in ecotope 2-11-B in an area of 53.1 ha in the path El Moral, municipality of Palermo - Huila. It was delimited from the area and through a 190 x 190 m² mesh, 15 samples soil y 4 samples were collected, distributed in 4 areas respectively. The properties of texture, pH, CIC. were evaluated. The chemical and physical analysis of soil fertility for the mentioned areas was carried out and the exploratory analysis of data was carried out using descriptive statistics with the Statgraphics Centurion XVI.II software and the multivariate analysis of the main components with Infost; The spatial variability technique was applied to map the physical, chemical and biological properties of soils with the Argis 10.5 software. The fertility status of the soil was determined using the IGAC soil survey methodology, as well as the identification and recognition of particular characteristics of the target ecotope, through representative test pits. The property with the highest variance is CIC with 41.73% and the lowest with pH with 12.39%, the best nutritional indices are located mostly in the southern part of the area (average altitude 1750 masl). Nutritional levels are deficient, hence the low degree of fertility throughout the area, the taxonomic characteristics correspond to *Typic Hapludalf* and *Typic Dystropept*. The area presents a geoform with an ejection cone arrangement with colluvial-alluvial fan characteristics.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

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

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado:

Firma:

Nombre Jurado:

Firma:

Nombre Jurado:

Firma:

**CARACTERIZACIÓN DETALLADA DEL ECOTOPO CAFETERO 2-11-B MEDIANTE
VARIABILIDAD ESPACIAL DEL SUELO PARA PLANES DE FERTILIZACION EN
EL MUNICIPIO DE PALERMO – HUILA**

SERGIO LEANDRO MAJE MENESES

Universidad Surcolombiana
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Agrícola
Adecuación de Tierras
Neiva
2020

**CARACTERIZACIÓN DETALLADA DEL ECOTOPO CAFETERO 2-11-B MEDIANTE
VARIABILIDAD ESPACIAL DEL SUELO PARA PLANES DE FERTILIZACION EN
EL MUNICIPIO DE PALERMO –HUILA**

SERGIO LEANDRO MAJE MENESES

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero Agrícola

Director

ARMANDO TORRENTE TRUJILLO

Universidad Surcolombiana
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Agrícola
Adecuación de Tierras
Neiva
2020

Dedicado a.

*“NO IMPORTA EL TIEMPO QUE PASE EN SUS BRAZOS, ALLI ES
DONDE QUIERO ESTAR SEÑOR”*

A quien más sí no a ellos, mis viejos

ALVARO MAJE MARTÍNEZ

ESTHEFANA MENESES LOZANO

Y al par de tontos, mis hermanos

ALEX FERNEY MAJE MENESES

ANA MARIA MAJE MENESES

Agradecimientos

*“NO IMPORTA EL TIEMPO QUE PASE EN SUS BRAZOS, ALLI ES
DONDE QUIERO ESTAR SEÑOR”*

A TÍ MI DIOS

CARACTERIZACIÓN DETALLADA DEL ECOTOPO CAFETERO 2-11-B MEDIANTE VARIABILIDAD ESPACIAL DEL SUELO PARA PLANES DE FERTILIZACIÓN EN EL MUNICIPIO DE PALERMO –HUILA

Resumen

Se caracterizó de forma detallada el suelo en el ecotopo 2-11-B en un área de 53.1 ha en la vereda el Moral, municipio de Palermo - Huila. Se delimitó la zona y a través de una malla de 190 x190 m² se recolectaron 15 muestras sistemáticas. Se evaluaron las propiedades de textura, pH, CIC y elementos mayores como N P y K. Se elaboró el análisis exploratorio de datos mediante estadística descriptiva con el software Statgraphics Centurión XVI.II ; se aplicó la técnica de variabilidad espacial para el mapeo de las propiedades físicas y químicas de los suelos con el software Argis 10.5. Se determinó el estado de fertilidad del suelo mediante la metodología de levantamientos de suelos del IGAC, como también la identificación y el reconocimiento de características particulares del ecotopo en objeto, a través de calicatas representativas. La propiedad de mayor varianza es P con un 192% y la menor el pH con un 12,39%, los mejores índices nutricionales se ubican en su mayoría en la parte sur del área (altitud promedio 1850 msnm). Los niveles nutricionales son deficientes, de allí el grado de fertilidad bajo en toda la zona, las características taxonómicas corresponden a *Typic Hapludalf* y *Typic Dystropept*. La zona presenta una geoforma con disposición de cono de deyección con características de abanico coluvio-aluvial.

Palabras Clave: Ecopoto Cafetero, Cultivo café, variabilidad espacial del suelo, fertilidad del suelo

Abstrac

The soil was characterized in detail in ecotope 2-11-B in an area of 53.1 ha in the path El Moral, municipality of Palermo - Huila. It was delimited from the area and through a 190 x 190 m² mesh, 15 samples soil y 4 samples were collected, distributed in 4 areas respectively. The properties of texture, pH, CIC. were evaluated. The chemical and physical analysis of soil fertility for the mentioned areas was carried out and the exploratory analysis of data was carried out using descriptive statistics with the Statgraphics Centurion XVI.II software and the multivariate analysis of the main components with Infost; The spatial variability technique was applied to map the physical, chemical and biological properties of soils with the Argis 10.5 software. The fertility status of the soil was determined using the IGAC soil survey methodology, as well as the identification and recognition of particular characteristics of the target ecotope, through representative test pits. The property with the highest variance is CIC with 41.73% and the lowest with pH with 12.39%, the best nutritional indices are located mostly in the southern part of the area (average altitude 1750 masl). Nutritional levels are deficient, hence the low degree of fertility throughout the area, the taxonomic characteristics correspond to *Typic Hapludalf* and *Typic Dystropept*. The area presents a geofom with an ejection cone arrangement with colluvial-alluvial fan characteristics.

Key Words: Coffee Ecopoto, Coffee cultivation, soil spatial variability, soil fertility

CONTENIDO

Resumen	5
1. INTRODUCCIÓN	11
2. OBJETIVO GENERAL	12
2.1 Objetivos específicos	12
3. MARCO CONCEPTUAL	13
3.1 Conceptualización de variabilidad	13
3.2 Variabilidad espacial de suelos	14
3.3 Variabilidad espacial y su aplicación	14
3.4 Ecotopos cafeteros	15
3.4.1 Localización	15
3.4.2 Clima	15
3.4.3 Suelos	16
3.4.4 Caficultura	16
3.4.5 Área en café	16
3.5 Ecotopo 2 11 B	17
3.5.1 Localización	17
3.5.2 Clima	17
3.5.3 Suelos	17
3.5.4 Caficultura	17
3.6 Nutrición del café	17
3.6.1 Elementos esenciales	17
3.6.2 Etapas del cultivo	18
3.7 Requerimientos condiciones físicas, químicas y agroecológicas para el cultivo del café.	22
3.8 Suelos de la zona cafetera colombiana	23
4. METODOLOGÍA	24
4.1 Descripción del lugar	24

4.1.1 Localización	24
4.1.2 Uso de suelo	24
4.2 Descripción de suelos	25
4.3 Delimitación de la zona y muestreo	25
4.3.1 Reconocimiento de límites y linderos	25
4.3.2 Muestreo	26
4.4 Análisis de laboratorio y estadística	26
4.5 Evaluación de la fertilidad de los suelos	28
5. RESULTADOS Y ANÁLISIS	28
5.1 Propiedades químicas y físicas evaluadas en el área de estudio.	28
5.1.1 Propiedades químicas	28
5.1.2 Propiedad física:	29
5.3 Estadística descriptiva	30
5.3.1 Semivariograma	31
5.3.2 Coeficiente de correlación de Pearson	31
5.4 Variabilidad espacial de las propiedades del suelo evaluadas	32
5.5 Diferencias entre condiciones fisicoquímicas del ecotopo 2-11-B y condiciones fisicoquímicas de la vereda el Moral-área de estudio	39
5.6 Recomendaciones nutricionales basadas en los análisis químicos del suelo-área de estudio	40
5.6.1 Etapa de crecimiento vegetativo	41
5.6.2 Etapa crecimiento vegetativo - renovación por zoca	42
5.6.3 Etapa reproductiva (producción)	44
5.7 Evaluación de la fertilidad de los suelos	45
5.8 Características generales del ecotopo cafetero 2-11-B, municipio de Palermo	46
5.8.1 Análisis Condiciones edáficas y agroclimáticas	46
5.8.2 Condiciones edáficas del ecotopo 2-11-B a nivel detallado en la vereda el Moral (área de estudio)	47
5.8.3 Características físicas de los suelos	48
6. CONCLUSIONES	49
7. BIBLIOGRAFÍA	51

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Requerimientos para la fertilización nitrogenada, fosfórica y potásica en la etapa de crecimiento vegetativo del café con base a materia orgánica, P y K	19
Tabla 2. Requerimientos para la fertilización nitrogenada, fosfórica y potásica en la etapa de renovación por zoca del cultivo del café con base a materia orgánica, P y K.....	19
Tabla 3. Requerimientos para la fertilización nitrogenada, fosfórica y potásica en la etapa de producción de café con base en MO, P, K en el suelo.....	21
Tabla 4. Requerimientos para encalamiento de cafetales con base al pH y Ca.....	21
Tabla 5. Requerimientos para el encalamiento de los cafetales 8 meses después de la zoca con base en el pH y los contenidos de calcio.....	22
Tabla 6. Requerimientos para el encalamiento y el suministro de calcio en la etapa de producción de café con base en la acidez del suelo y Ca intercambiable.....	22
Tabla 7. Métodos de análisis químico, físico y biológico del suelo.....	27
Tabla 8. Datos estadísticos descriptivos de las variables del suelo.....	30
Tabla 9. Parámetros de los semivariogramas para las variables del suelo.....	31
Tabla 10. Valores del índice de correlación de Pearson	32
Tabla 11. Valores de algunas propiedades químicas y físicas de lotes cafeteros de los municipios de Palermo y Santa María.....	40
Tabla 12. Recomendaciones por zonas según condición de acidez para actividad de encalamiento	
Tabla 13. Recomendaciones para la fertilización nitrogenada, fosfórica y potásica en la etapa de crecimiento vegetativo del cultivo de café en la área de estudio.....	42
Tabla 14. Recomendaciones por zonas según condición de acidez para actividad de encalamiento en la etapa de renovación por zoca.....	43

Tabla 15. Recomendaciones para la actividad de fertilización según elementos esenciales de N P K en la etapa de zoca con base a materia orgánica del suelo, P y K.....	43
Tabla 16. Recomendaciones por zonas según condición de acidez para actividad de enclamiento en la etapa de producción.....	44
Tabla 17. Recomendaciones para la actividad de fertilización según elementos esenciales de N P K en la etapa de zoca con base a materia orgánica del suelo, P y K	45
Tabla 18. Puntaje, valor y apreciación de fertilidad para el área de estudio.....	45

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio en la vereda el Moral-Municipio de Palermo Huila.....	24
Figura 2. Delimitación del área, orientación de caficultor y toma de muestra.....	25
Figura 3. Geoforma del paisaje, perfiles pedogeneticos y características arenosas del suelo.....	47

LISTADO DE MAPAS

Mapa 1. Muestreo sistematico de area de estudio.....	26
Mapa 2. Variabilidad espacial de pH.....	33
Mapa 3. Variabilidad espacial de C.IC.....	34
Mapa 4. Variabilidad espacial de arena.....	34
Mapa 5. Variabilidad espacial de limo.....	35
Mapa 6. Variabilidad espacial de arcilla.....	36
Mapa 7. Variabilidad espacial de Nitrogeno –N.....	37
Mapa 8. Variabilidad espacial de Fosforo – P.....	38
Mapa 9. Variabilidad espacial de Potasio – K.....	39

LISTADO DE ANEXOS

ANEXO A. Resultados de análisis de fertilidad del suelo.....	54
ANEXO B. Registro fotográfico trabajo de campo.....	58
ANEXO C. Descripción de los perfiles del suelo- área de estudio.....	59
ANEXO D. Resultados de análisis de las propiedades de PH, M.O, CIC y Textura.....	62
ANEXO E. Metodología de evaluación del Igac.....	63

1. INTRODUCCIÓN

Debido a la gran diversidad en condiciones edáficas y agroecológicas, la caficultura colombiana ha sido objeto de una clasificación regionalizada de las características de suelo asociadas al clima y relieve propias para promover y proyectar de manera tecnificada la agricultura cafetera, mediante ecotopos por parte de la Federación Nacional de Cafeteros, por lo cual se han identificado y caracterizado 86 ecotopos a nivel nacional. El departamento del Huila cuenta con 7 ecotopos ubicados en la cordillera oriental y central (F.N.C, 2019), entre ellos el ecotopo cafetero 2-11-B, abarcando áreas en los municipios de Palermo y Santa María, entre otros. Se selecciona un área de 53.1 ha ubicadas en la vereda el Moral del municipio de Palermo – Huila para el estudio detallado de este ecotopo, cuyo principal recurso de análisis e investigación es el “suelo”. Dicha zona es caracterizada por una caficultura de producción media y baja, se requiere de un análisis técnico en busca de establecer la calidad y salud del suelo, reconociendo las condiciones del mismo para así brindar herramientas fundamentales en la formulación de programas de fertilización.

La variabilidad climática actual es causante principal de la degradación y pérdida de suelo en sus componentes físicos, químicos y biológicos (F.N.C 2018). La vulnerabilidad del suelo a la conservación o pérdidas de elementos, las condiciones de uso actual inadecuados, el déficit hídrico o pérdidas por erosión hídrica son factores que agilizan la creación de zonas cafeteras con baja productividad, poca sostenibilidad y manejo, por tanto la evaluación de las propiedades del suelo, los requerimientos nutricionales, el análisis de fertilidad y la taxonomía de los suelos de estos cultivos cafeteros es de exigencia básica para emprender un mejoramiento adecuado que busque la transformación de la caficultura en términos de calidad y volumen.

Mediante la técnica de variabilidad espacial se efectúa el levantamiento del suelo con base a los indicadores de pH, C.I.C, Textura y elementos mayores como N, P, K, a través de muestreos sistemáticos georeferenciados en toda el área de estudio. De allí que el propósito de esta investigación es proponer un plan y uso adecuado de fertilizantes, abonos con dosis indicadas promoviendo su uso racional y eficiente, además de un buen manejo y control del suelo para promover factores de calidad con mayor sostenibilidad y compromiso en busca del crecimiento tecnológico, económico, empresarial y social de estas familias caficultoras.

2. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar de manera detallada el ecotopo cafetero 2-11-B mediante el análisis de variabilidad espacial de la fertilidad del suelo en la vereda el Moral, municipio de Palermo – Huila.

2.1 Objetivos específicos

- 1.** Comparar el grado de variabilidad espacial de los parámetros pH, CIC, y textura y elementos mayores como N, P, K del suelo en el área seleccionada.
- 2.** Determinar la fertilidad de la zona mediante los análisis físicos y químicos del suelo con base al nivel de los indicadores utilizados.
- 3.** Identificar los perfiles edafológicos de los suelos para el debido reconocimiento taxonómico.
- 4.** Recomendar de manera general las fertilizaciones adecuadas con dosis ajustadas según los niveles de elementos mayores

3. MARCO CONCEPTUAL

La agricultura colombiana presenta gran importancia para el crecimiento económico y social del país, debido a la diversidad de recursos naturales y condiciones internas que demandan un desarrollo más dinámico del sector agrícola y de los territorios rurales. Las potencialidades de recursos naturales con que se cuenta, y las oportunidades de crecimiento que ofrecen el mercado interno e internacional, exigen transformaciones que apunten a optimizar factores de productividad, como material vegetativo genético, tecnologías de punta, agricultura de precisión, entre otras. Colombia es uno de los siete países en Latinoamérica con mayor potencial para el desarrollo de áreas cultivables correspondiente al 34.4% del suelo colombiano (Finagro, s.f.) (Minagricultura, s.f.)

Entre las tecnologías modernas sobresale la agricultura de precisión, la cual se basa en un conjunto de herramientas informáticas y automatizadas de equipos agroecológicos que buscan el mejoramiento y manejo de sitios diferenciales, solucionando falencias en los sistemas productivos mediante énfasis en el reconocimiento de la variabilidad de los recursos de oferta ambiental (Jaramillo J y otros, 2013)

3.1 Conceptualización de variabilidad

Los suelos generalmente presentan heterogeneidad en sus características debido a la diversidad de condiciones climáticas generando variaciones en sus propiedades físicas, químicas y biológicas y del cual pese a distintos métodos investigativos en determinar la magnitud de dicha variación, aun no se conoce cuantitativamente la desuniformidad de los suelos.

La variabilidad de las propiedades del suelo es una condición inherente al mismo debido a que en su formación intervienen varios procesos diferentes, controlados, a su vez, por los factores de formación; estas interacciones pueden ser muy variadas dando como consecuencia una alta cantidad de suelos posibles (Jaramillo D. F., 2002). La variabilidad consta de dos componentes principales: uno Aleatorio y el otro Sistemático, dependiendo de la fuente de error que produce la variación. La variabilidad sistemática se define como aquella que puede ser atribuida a causas conocidas, entendibles y predecibles. Se estima de manera general que la variabilidad sistemática

es mayor que la variabilidad aleatoria, aunque reconocen que la relación entre los dos tipos de variabilidad puede tener una alta dependencia de la escala de trabajo. (Jaramillo D. F., 2002)

En circunstancias en que la variabilidad no pueda relacionarse con orígenes conocidos, se presenta la variabilidad aleatoria o debida al azar. La variabilidad sistemática puede ser evaluada en la modificación de los valores de las propiedades de una muestra de suelo basándose en la ubicación de acuerdo al espacio, metodología conocida como variabilidad espacial.

3.2 Variabilidad espacial de suelos

La variabilidad espacial está representada por los cambios en las atribuciones, valores y características de las propiedades de los suelos debido al espaciamiento entre los puntos de ubicación del suelo relacionados con dicha propiedad.

Cuando el valor que toma una variable en un sitio depende de la distancia y/o la dirección a la cual se ubica de otro sitio vecino, se tiene una variable con dependencia espacial. Si una variable presenta dependencia espacial, durante el muestreo se puede violar el principio de la independencia entre las muestras y los procedimientos de la estadística paramétrica clásica no son adecuados para su estudio (Jaramillo D. F., 2002). Estas variables que muestran dependencia espacial son denominadas también “variables regionalizadas”, cuya funcionalidad describen un fenómeno natural geográficamente distribuido presentando algún grado de autocorrelación. (Jaramillo D. F., 2002)

3.3 Variabilidad espacial y su aplicación

La variabilidad espacial se estudia con un grupo de herramientas estadísticas conocidas como “Geo estadística” o “Estadística Espacial”. Ellas estiman y modelan dicha variabilidad en las propiedades que se estudian y se basan en la semivarianza que es una medida de la similitud que hay en los valores de una variable. (Jaramillo D. F., 2015). La técnica del análisis de semivarianza permite obtener el modelo teórico denominado semivariograma, este modelo teórico relaciona la variación de los valores medios de la varianza, con diferentes distancias entre puntos de muestreo. Cuando una variable tiene dependencia espacial, la semivarianza aumenta a medida que aumenta la distancia entre muestras. (Ordúz S , 2014).

Con la variabilidad espacial y la medición de las propiedades del suelo se permite establecer la factibilidad, la viabilidad y el buen desarrollo de un producto en un suelo específico, ya que se considera un método rápido y económico para indicar su productividad. En términos generales, la actividad de la fertilización, sin soporte de variabilidad espacial en un suelo, genera un uso ineficiente de los nutrientes aplicados, haciendo menores los rendimientos del cultivo cuando el suministro no es el adecuado. (Rodríguez y otros, 2016)

3.4 Ecotopos cafeteros

Un ecotopo está definido como “Un espacio vital delimitado en el que reinan unas condiciones ambientales similares”. Por consiguiente, el Ecotopo Cafetero es una zona agroecológica delimitada geográficamente donde las variables clima, suelo y relieve presentan un comportamiento homogéneo. La Federación Nacional de Cafeteros tiene identificado un total de 86 ecotopos en Colombia. Las características de clasificación de los Ecotopos son:

3.4.1 Localización

- Límites: principalmente naturales y altitudinales (curvas de nivel).
- Cuencas: ríos y quebradas más importantes dentro del ecotopo.
- Municipios: los que corresponden al ecotopo. Cuando el área del municipio, como división política, comprende más de un ecotopo, entonces se anota (parte... o Sector...).
- Departamentos: se citan los incluidos en el ecotopo.
- Cartografía: mapas a Escala 1:100.000. Se citan los números de las planchas en que se halla el área del ecotopo con base en la nomenclatura del IGAC.
- Latitud: rango, en grados y minutos, en que se halla el área del ecotopo.
- Zona Cafetera: definida por un rango altitudinal y dentro de éste la franja de mayor concentración del cultivo del café.

3.4.2 Clima

- Rango de lluvia anual.
- Distribución temporal (épocas del año con menor lluvia)
- Balances Hídricos (meses o periodos con déficit hídrico en el suelo).
- La temperatura va asociada a la altitud en que se halle la caficultura.

3.4.3 Suelos

- En relación con el material de origen y clasificación taxonómica.
- Unidades de suelos por aptitud de uso, según la Federación Nacional de Cafeteros.
- Características físico - químicas y fisiografía.

3.4.4 Caficultura

- Modalidades de cultivo: sol o sombra.
- Concentración o dispersión en el espacio.
- Épocas de cosecha: principal y mitaca.

3.4.5 Área en café

- Cantidad de hectáreas cultivadas en café según el Censo Cafetero.

Se creó un código que identificara cada Ecotopo, compuesto de tres dígitos y una letra. El primero corresponde a la cordillera:

1. Occidental
2. Central
3. Oriental
4. Sierra Nevada de Santa Marta.

Los dos siguientes dígitos muestran la posición del área de norte a sur. Finalmente, la letra determina las vertientes en cada una de las tres cordilleras de la siguiente manera:

- A. Vertientes Occidentales
- B. Vertientes Orientales

Por ejemplo, el ECOTOPO CAFETERO 103A, se detalla así:

1. Cordillera Occidental
03. El tercer ecotopo agrupado de norte a sur
- A. Vertiente Occidental

3.5 Ecotopo 2 11 B

3.5.1 Localización

Cuenca del Río Ata, subcuenta del Río Claro. Al norte el Río Saldaña y cota de 1.000m. Al occidente cota de 1.000 m, al oriente cota de 2.000 m y al sur los límites municipales.

Municipios: Coyaima, Natagaima (alrededores de Monte frío), Ataco (parte), Planadas (Sector de Gaitania), Aipe, Neiva (parte occidental), Santa María y Palermo.

Departamentos: Tolima y Huila.

Latitud Norte: 2° 50' - 3° 38'.

Rango cafetero: 1.000 - 1.800 metros sobre el nivel del mar.

3.5.2 Clima

Lluvia anual: 1800 - 2200 mm.

Disminuye en junio - julio - agosto, con déficit hídrico en el suelo.

3.5.3 Suelos

Granito Biotítico: Unidad San Simón, Troporthents y Dystropepts. Condiciones físicas regulares, suelos superficiales y cascajosos, fertilidad natural baja, topografía abrupta, pendientes superiores al 75% de longitud media a larga y alta susceptibilidad a la erosión.

Cenizas volcánicas: Melanudans, suelos ubicados en un sector alto de Ataco y Santiago Pérez. Topografía ondulada, fertilidad natural baja, buenas condiciones físicas, pendientes del 25 y 60% y susceptibilidad a la erosión media a baja.

3.5.4 Caficultura

Con sombrío relativamente denso.

Con sombrío poco denso (parte alta de Santiago Pérez y Ataco), zona de desarrollo cafetero.

Épocas de cosecha: Principal: abril - mayo.

Mitaca: noviembre - diciembre.

3.6 Nutrición del café

3.6.1 Elementos esenciales

Los elementos esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas del café, se clasifican de acuerdo a su origen en minerales provenientes del suelo y no minerales provenientes de la

atmosfera y agua. De igual forma de acuerdo a las cantidades requeridas los elementos se clasifican en mayores como nitrógeno- N, fosforo -P, potasio-K calcio Ca , magnesio Mg y azufre -S y menores como hierro- Fe, cobre- Cu , manganeso - Mn, boro B y zinc-Zn)(Sadeghian, S. 2008)

3.6.2 Etapas del cultivo

Los requerimientos nutricionales de los cultivos de café dependen del estado de crecimiento de las plantas. Se reconocen 4 etapas: germinación, almacigo, crecimiento vegetativo (siembra nueva – renovación por zoca) y etapa reproductiva. La complejidad de una buena nutrición está dada por la cantidad y fuente a utilizar en la fertilización del suelo.

3.6.2.1 Requerimientos nutricionales según etapa de crecimiento

3.6.2.1.1 Etapa de crecimiento vegetativo

- **NITROGENO.** La materia orgánica del suelo es la principal fuente de N, por lo tanto, las dosis a aplicar se calculan con base a esta propiedad de suelo. La fertilización de N varía de acuerdo al crecimiento de las plantas y se establecen dos categorías de fertilidad: suelos con contenido de M.O bajos a medios ($M.O < 8\%$) y suelos con contenido altos ($M.O > 8\%$) (Tabla 1). (Sadeghian, S. 2008)
- **FOSFORO.** Cuando los contenidos de fosforo en el suelo están por debajo de su nivel crítico, para esta etapa es de 30 mg /kg, se recomienda aplicar el fertilizante a los 2, 10 y 18 meses, después del traslado de campo. (Tabla 1). (Sadeghian, S. 2008)
- **POTASIO.** En esta etapa la demanda de potasio es baja pero se incrementa con la primera floración y llenada de frutos. Cuando el contenido de este elemento es inferior de 0.40 cmol/kg, se debe incluir planes de fertilización a los 18 meses.(Tabla 1) (Sadeghian, S. 2008)

Tabla 1. Requerimientos para la fertilización nitrogenada, fosfórica y potásica en la etapa de crecimiento vegetativo del café con base a materia orgánica, P y K

		Dosis (g/planta)				
		Mes				
Materia orgánica	Nutriente/Fertilizante	1 o 2	6	10	14	18
M.O ≤ 8%	Nitrógeno	7	9	12	14	16
	Urea	15	20	26	30	35
M.O > 8%	Nitrógeno	5	7	9	12	14
	Urea	10	15	20	25	30
Fósforo	Nutriente/Fertilizante	1 o 2	6 a 10		14 a 18	
P < 30 mg/kg	Fosforo P_2O_5	4	5		6	
	DAP (46% P_2O_5 y 18% N)	9	11		13	
Potasio	Nutriente/Fertilizante					18
K < 0.4 cmol/kg	Potasio (K_2O)					10
	KCl (60% de K_2O)					17

3.6.2.1.2 Etapa de crecimiento vegetativo – renovación por zoca

La fertilización de los cafetales renovados por zoca debe iniciarse a los 2 o 3 meses después del corte. Como las plantas presentan un mayor crecimiento, sus requerimientos nutricionales son más altos. Los criterios para la fertilización en el primer año son semejantes a los cafetales renovados por siembra en el segundo año de establecimiento. A partir del segundo año los criterios de fertilización son los mismos que en la etapa de producción. (Tabla 2) (Sadeghian, S. 2008)

Tabla 2. Requerimientos para la fertilización nitrogenada, fosfórica y potásica en la etapa de renovación por zoca del cultivo del café con base a materia orgánica, P y K

Propiedad - Fuente		Dosis (g/planta)		
Contenido	Nutriente/Fertilizante	mes 2	mes 6	mes 12 y 18
M.O ≤ 8%	Nitrógeno	12	14	Fertilizar como cafetales en etapa de producción (Dosis Kg/ha)
	Urea	25	30	
M.O > 8%	Nitrógeno	14	16	
	Urea	30	35	
P < 30 mg/kg	Fosforo (P_2O_5)		6	
	DAP (46% P_2O_5 , 18 % N)		12	
K < 0,4 cmol/kg	Potasio (P_2O)		10	
	KCl (60% K_2O)		17	

3.6.2.1.3 Etapa de producción

Esta fase comienza con la aparición de las primeras flores. Se considera como primera floración el momento en que por lo menos el 50% de las plantas han florecido la cual ocurre a los 11 meses después de la siembra de campo. Dado que la producción de la primera cosecha depende en buena medida de la época de siembra, la cual generalmente no es significativa, los criterios para la fertilización de las plantas inicia 18 meses después de la siembra. (Sadeghian, S. 2008)

NITROGENO.

Es el elemento que nunca debe excluirse en un plan de fertilización .cuando los niveles de M.O son menores o iguales que 8% se deben aplicar las dosis máximas de N. Conforme aumentan sus niveles se disminuye la respuesta a este elemento y se debe reducir la cantidad de fertilizante. (Tabla 3)

FOSFORO.

Es el elemento primario con el cual menos respuesta se ha obtenido en el cultivo del café. Para esta etapa.se presenta las dosis de fosforo en función de los contenidos de este elemento en el suelo, la cantidad más elevada se podrá fraccionar en dos aplicaciones semestrales, la dosis media en una sola aplicación y la dosis más baja, la cual corresponde a la de sostenimiento para una producción alta, se sugiere que se aplique en el primer año, sino en la cosecha principal del segundo año, duplicando su cantidad. (Sadeghian, S. 2008)

POTASIO.

Con base en la magnitud y frecuencia de la respuesta del suministro de este elemento, el potasio ocupa el segundo lugar después del nitrógeno. Aunque la planta absorbe este nutriente todo el tiempo su demanda se incrementa con el llenado del grano. (Sadeghian, S. 2008)

Tabla 3. Requerimientos para la fertilización nitrogenada, fosfórica y potásica en la etapa de producción de café con base en MO, P, K en el suelo.

Propiedad	Dosis (kg/ha/año)	
Contenido MO (%)	Nitrógeno - N	Urea
≤ 8	300	652
8 - 12	280	609
12 - 16	260	565
16 - 20	240	522
➤ 20	260	565
Fosforo (mg/kg)	Fosforo (P₂O)	DAP
≤ 10	60	130
10 - 20	40	87
20 - 30	21	46
➤ 30	0	0
Potasio (cmol/kg)	Potasio (K₂O)	KCl
≤ 0,2	300	500
0,2 - 0,4	260	433
0,4 - 0,6	180	300
0,6 - 0,8	140	233
➤ 0,8	100	167

3.6.2.2 Encalamiento según etapas de crecimiento

3.6.2.2.1 Etapa de crecimiento vegetativo

PH. La fertilización se debe comenzar a partir del primer o segundo mes después de la siembra, sin embargo en esta etapa, el encalamiento debe realizarse en 2 ocasiones: 1^a. al momento de la siembra y, 2^o. a los 12 meses después de esta. En las dos ocasiones se emplea la misma cantidad y tipo de cal (Tabla 4).

Tabla 4. Requerimientos para encalamiento de cafetales con base al pH y Ca

Propiedad	Dosis de material encalante por plato de árbol (g)			
	pH	Ca ≤ 1.5 cmol/kg	1.5 < Ca ≤ 3.0 cmol/kg	Ca > 3.0 cmol/kg
≤ 4.0		120	100	80
4.0 - 5.0		100	80	60
5.0 - 5.5		40	0	0

Fuente: Federación Nacional de Cafeteros.

3.6.2.2.2 Etapa de renovación por zoca.

Para esta etapa se emplean cantidades parcialmente mayores de cal, en comparación con las nuevas siembras.

Tabla 5. Requerimientos para el encalamiento de los cafetales 8 meses después de la zoca con base en el pH y los contenidos de calcio

Propiedad	Dosis del material encalante (g/sitio)			
	pH	Ca≤1,5 cmol/kg	1,5< Ca ≤3.0 cmol/kg	Ca>3,0 cmol/kg
≤ 4,0		140	120	100
4,0 - ≤ 5,0		120	100	80
5,0 - ≤ 5,5		40	0	0

Fuente: Federación Nacional de Cafeteros.

3.6.2.2.3 Etapa de producción

Al igual que el establecimiento del cultivo, en esta fase se buscan corregir los problemas de acidez del suelo y aumentar la disponibilidad de algunos nutrientes. Las cales se deben esparcir de manera uniforme tanto sobre el área donde se encuentran las raíces en el momento de aplicación como sobre el espacio o parte del espacio donde crecerá hasta el siguiente año. (Sadeghian, S. 2008).

Tabla 6. Requerimientos para el encalamiento y el suministro de calcio en la etapa de producción de café con base en la acidez del suelo y Ca intercambiable

Propiedad	Dosis de material encalante (kg/cada 2 años)			
	pH	Ca≤1,5 cmol/kg	1,5< Ca ≤3.0 cmol/ kg	Ca>3,0 cmol/ kg
≤ 4,0		1400	1200	1000
4,0 - ≤ 4,5		1200	1000	800
4,5 - ≤ 5,0		1000	800	600
5,0 - ≤ 5,5		400	0	0

Fuente: Federación Nacional de Cafeteros.

3.7 Requerimientos condiciones físicas, químicas y agroecológicas para el cultivo del café.

El cultivo de café para altas producciones en Colombia se desarrolla en sistemas a plena exposición solar, además deben existir unas condiciones agroecológicas ideales, tales como: En el recurso “suelo” deben prevalecer excelentes condiciones físicas, profundidad efectiva mayor de 50 cm, alta resistencia a la erosión con buen manejo, buen drenaje natural, buena aireación y permeabilidad, pH entre 5 y 6, pendientes inferiores al 45%. La fertilidad natural puede ser baja, aspecto que se puede subsanar con una fertilización adecuada y oportuna (Gómez y otros, 1991).

Para las condiciones climáticas deben presentarse temperaturas medias entre 19 y 21°C; suficiente radiación solar, alrededor de 1.800 a 2.000 horas de sol/año; regímenes pluviométricos de 2000 a 2500 mm/año con una distribución que garantice un oportuno y adecuado suministro de agua en las etapas de cultivo: disminución de las lluvias en el período de florescencia, buena cantidad de agua en el período de crecimiento de ramas y formación de grano (Gómez y otros, 1991).

3.8 Suelos de la zona cafetera colombiana

La siembra de café en Colombia se practica en su gran mayoría en las vertientes de las tres cordilleras y en las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta. Estas formaciones geológicas están constituidas de diferentes materiales petrográficos, que por acción de algunos factores formadores de suelo como el clima (precipitación y temperatura), además de la topografía a través de procesos de meteorización e intemperización, han dado origen a suelos con características físicas y químicas diferenciales heredadas del material parental.

Las fuertes pendientes, la variabilidad petrográfica y climática, no han permitido el completo desarrollo pedogenético de estos suelos, por lo que son suelos jóvenes que taxonómicamente pertenecen según el *Soil Taxonomy* a los órdenes Entisoles, Inceptisoles y Andisoles. Los suelos varían desde arenosos y pedregosos hasta arcillosos con relieves planos o ligeramente ondulados (menos de 25% de pendiente) hasta abruptos (mayor de 75%). En la zona baja ocurre una meteorización física en forma de desintegración de los materiales parentales, presentando suelos pedregosos con poco desarrollo, escasa a nula presencia de materia orgánica.

En el tercio medio que inicia a los 1.250 m y el tercio alto a los 1.650 msnm, se presentan mejores condiciones de suelos por mayor cantidad de agua, que permite la descomposición química de los materiales parentales, lo cual origina su desarrollo más profundo. En estas áreas se muestran horizontes en diferentes procesos de meteorización u horizontes totalmente definidos (Gómez y otros, 1991).

4. METODOLOGÍA

4.1 Descripción del lugar

4.1.1 Localización

La vereda el Moral se ubica a $2^{\circ} 53' 04.53''$ N y $75^{\circ} 34' 11.37''$ W, en el occidente del municipio de Palermo y centro occidental del departamento del Huila, comprende una extensión de 53.1 ha (área seleccionada), limita al norte con la vereda el Corozal, al sur vereda Alto Pijao, al occidente con el municipio de Santa María y al oriente con el casco urbano corregimiento Ospina Pérez. Su temperatura media es 18.6°C según registros de la estación climatológica la Julia. La precipitación anual varía entre 1600 y 1900 mm anuales (ZAE 2), brillo solar entre 1600 y 1800 hr/año (ZAE 2) y elevación media de 1650 msnm (figura 1).

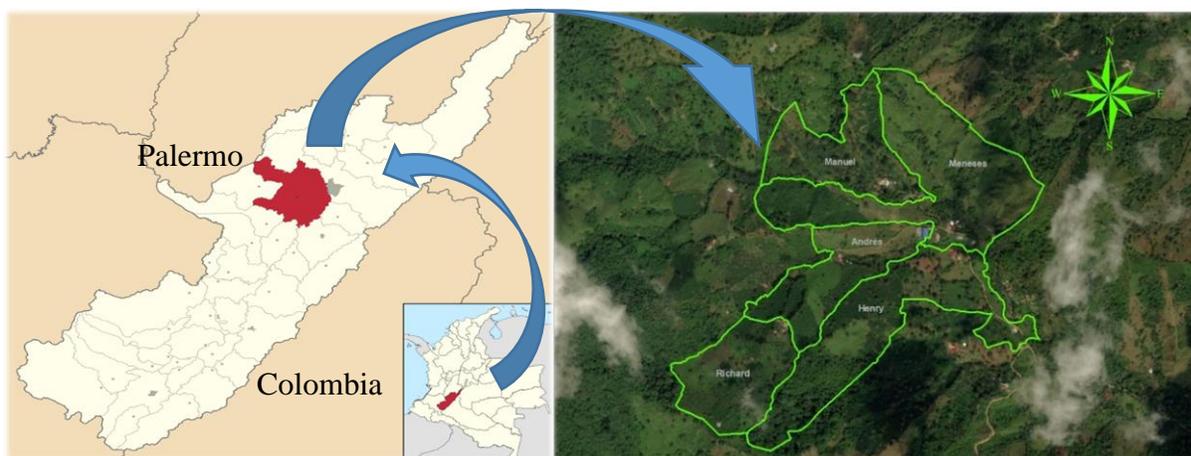


Fig. 1 Ubicación del área de estudio en la vereda el Moral, Municipio de Palermo - Huila

4.1.2 Uso de suelo

El uso de suelo es orientado a las actividades agrícolas, siendo el principal sistema productivo, el café combinado con sistemas agroforestales en asocio a cultivos de plátano, árboles frutales y pastoreo. Cuenta con algunas pequeñas áreas de bosque seco y la principal fuente hídrica en la vereda es la quebrada Túnez que cubre la zona de occidente - oriente con caudales bajos.

4.2 Descripción de suelos

El área de estudio se localiza sobre la zona montañosa de la vertiente oriental de la cordillera central. Se realizó la descripción de suelos mediante la metodología de la FAO posterior a la previa observación del lugar. Para la determinación de la geoforma principal del paisaje se tuvo en cuenta la morfología de la zona, la pendiente dominante y la intensidad de relieve. Se registró las características de la superficie del suelo identificando material orgánico, arenas, presencia de plagas y uso específico de suelo en los perfiles de identificación.

Se describió los perfiles pedogenéticos de la zona a través de 2 calicatas de 1 m² por 1 metro de profundidad ubicadas en la parte alta y baja respectivamente. Se utilizó la metodología “soil taxonomy” de la USDA para la clasificación taxonómica de los suelos.

4.3 Delimitación de la zona y muestreo

4.3.1 Reconocimiento de límites y linderos

Se realizó el recorrido con los caficultores de la zona para el reconocimiento del paisaje y los suelos, con el GPS Garmin ETEX 30X se georeferenciaron distintos puntos a distancia aproximada de 2 a 3 metros en las zonas límites de cada predio, formando el mapa de la zona de estudio con la representación propia de cada terreno (Figura 2).



Fig. 2 Delimitación del área, orientación de caficultor y toma de muestra

4.3.2 Muestreo

Se hizo el muestreo de suelos de forma sistemática con una malla de $190 \times 190 \text{ cm}^2$ trazada sobre el mapa base del área de estudio. Se determinaron en total 15 puntos georeferenciados siguiendo la metodológica IGAC (Aguilar., fs.) y se aplicó el software ARGIS 10.5 para el trazado. (Mapa 1).



Mapa 1. Muestreo sistemático del área de estudio

Posteriormente, se ubicaron los puntos de muestreo en campo empleando el GPS Garmin ETREX-30X. Con el barreno tipo holandés, se recolectaron las 15 muestras en los primeros 20 cm de suelo con peso referido de 1 kg (Figura 2), luego se realizó el debido rotulo, almacenamiento y transporte para el laboratorio.

4.4 Análisis de laboratorio y estadística

Se efectuó el análisis de las muestras de suelo en el Laboratorio de Suelos LABGA de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Surcolombiana y el Laboratorio Agroambiental de Suelos y Aguas – LABSA. La propiedad física evaluada como referencia fue la textura, y las químicas fueron pH, capacidad de intercambio catiónico (CIC), para esta última se evaluaron 7 muestras por su importancia como indicador de la fertilidad del suelo. En la evaluación de los elementos esenciales se identificaron los niveles N P y K como también la determinación de los parámetros de %

saturación de bases, % SAL y materia orgánica. Para la determinación del muestreo de los elementos mayores se tuvo como base la fisiografía del área de estudio expresada en 4 zonas fundamentales: zonas baja, media, moderadamente alta e inminentemente alta.

Estos últimos parámetros se analizaron para tomar información base y de referencia a la hora de formular y diagnosticar la fertilidad y taxonomía de los suelos de la zona, por tal motivo no fueron sujeto a la aplicación de variabilidad espacial. Los métodos para el análisis de suelos se indican en la tabla 7.

Tabla 7. Métodos de análisis químico, físico y biológico del suelo

Propiedad Química	Método	N° muestras
pH	Potenciómetro	15
CIC	NH ₄ OAc – pH 7-1N	7
N	Relación matemática	4
P	Bray II	4
K	NH ₄ OAc – pH 7-1N	4
%S AL	KCl	4
SB	NH ₄ OAc – pH 7-1N	4
Propiedad Física	Método	N° muestras
Textura	Bouyoucos	15
Propiedad biológica	Método	N° muestras
MO y CO	Walkley Black	15

 Parámetros y elementos de variabilidad espacial.

Con la tabulación de datos en Office Excel 2010, se realizó el estudio estadístico descriptivo. Para el análisis exploratorio de datos se utilizó el software Statgraphics Centurión XVII – X64 versión estudiantil, cuya funcionalidad fue comprobar su distribución normal.

Se procesó la información con el programa geoestadístico ARGIS 10.5 para el cálculo del semivariograma ajustado al modelo de mayor eficiencia y la elaboración de los mapas colorimétricos de variabilidad espacial mediante el método de kriging ordinario.

4.5 Evaluación de la fertilidad de los suelos

Para evaluar y calcular el grado de fertilidad de los suelos, se utilizó la fórmula y tabla guía de calificación propuesta por el IGAC para el levantamientos detallados de suelos (Tabla-ANEXO E)

Con el análisis previo de los resultados químicos del suelo, se determinó el puntaje de cada elemento y parámetro del suelo y se realizó el cálculo de fertilidad, mediante (Tabla ANEXO E) con los indicadores y parámetros en objeto.

5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

5.1 Propiedades químicas y físicas evaluadas en el área de estudio.

5.1.1 Propiedades químicas

PH. El pH para esta área cafetera es “fuertemente ácido” condición adecuada para el cultivo. No obstante, hay lotes donde el suelo es “extremadamente”, “muy fuerte” “medianamente” y “ligeramente ácido”, lo que origina condiciones desfavorables para el cultivo, como la escasa disponibilidad de nutrientes, impedimento a un buen desarrollo radicular como la poca actividad microbiana(Andrades y otros, 2014) Factores causantes de esta acidez podrían ser el material parental, el exceso de aguas lluvias (intensidad), efecto de lixiviación y empleo de fertilizantes químicos de origen ácido.(Castro H, 1998)

CIC. La capacidad de retención e intercambio de iones del suelo es media a baja. Los bajos niveles de materia orgánica y la dominancia de partículas gruesas (arena) son determinantes en esta característica del suelo. El índice de CIC es medio, condición ineficiente debido a la escasa presencia de materia orgánica y al bajo contenido de arcilla, sus suelos presentan clases textural franco arenosa, lo que resulta de poco potencial para retener e intercambiar nutrientes.(Castro H, 1998)

N. Teniendo en consideración las condiciones de clima templado y frío, donde por efecto de la baja temperatura predomina la acumulación de materia orgánica pero no es mineralizada (Castro H, 1998), los contenidos de nitrógeno son de medio a bajos como consecuencia del escaso nivel de materia orgánica en el suelo.

P. El nivel de fósforo es bajo. Se infiere el fenómeno de fijación o insolubilidad del fósforo generadas por las pequeñas cantidades de aluminio y hierro (Castro H, 1998) presentes en el suelo debido a la acidez en algunas zonas.

K. Es el elemento con más variación en sus niveles desde muy bajo medio hasta alto. El potasio es el elemento de menor respuesta en la aplicación de fertilizantes por tanto su utilización es de poca regularidad. Igualmente la poca presencia de arcilla hace que no se produzca potasio mineral (Castro H, 1998) Su variación puede estar sujeta a la cantidad utilizada por los caficultores de la zona.

5.1.2 Propiedad física:

Textura. Las texturas del suelo varían de franco arcillo arenoso a franco arenoso. La clasificación de estas partículas se considera de textura moderadamente fina a gruesa. (Clasificación USDA) la dominancia de suelos arenosos es consecuente con la fertilidad natural baja del ecotopo, con poca disponibilidad de nutrientes, es decir son suelos pobres.

5.2 Parámetros y elementos químicos y biológicos de referencia para la evaluación del suelo.

% S AL. No hay afectación en el desarrollo de las plantas por el bajo nivel de saturación de aluminio. Pese a que el estado actual de acidez es fuerte, las estrategias y manejo de encalamiento equilibran la solubilidad en el suelo evitando toxicidad. (ANEXO A)

Materia orgánica – Carbón Orgánico

Los porcentajes de carbón orgánico y materia orgánica exhiben cantidades muy bajas, esto se explica por el efecto de temperaturas bajas, haciendo que la tasa de mineralización sea más lenta.

Entre tanto, factores como el incremento de temperatura en climas templados húmedos y la falta de prácticas de fertilización orgánica inciden en el lento proceso de mineralización y descomposición de dicho material. (ANEXO A)

Saturación de bases

La saturación de bases es baja, siendo consecuente a la acidez y deficiencias en las bases intercambiables. (ANEXO A)

5.3 Estadística descriptiva

El análisis estadístico incluye las medidas de tendencia central, variabilidad y de forma de la distribución. En la tabla 8, se describen las características mencionadas con sus análisis respectivos.

Tabla 8. Datos estadísticos descriptivos de las variables del suelo

Variable	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	pH	CIC	N	P	K
Promedio	53,07	25,93	21,13	5,42	11,39	0,23	19,5	0,28
Mediana	52,00	26,00	23,00	5,39	11,11	0,19	18,9	0,25
S ²	143,49	50,07	39,98	0,45	22,20	0,11	6,12	0,14
S	11,98	7,07	6,32	0,67	4,71	0,01	37,51	0,02
% CV	22,57	27,28	29,92	12,39	41,37	4,34	192	7,14
Minima	36,00	12,00	10,00	4,14	5,28	0,15	12,79	0,15
Maximo	74,00	36,00	30,00	6,62	18,28	0,21	27,63	0,49
Ses. Estand	0,28	-0,47	-0,71	0,0081	0,0729	-0,86	0,618	1,339
Cur. Estand	-0,86	-0,52	-0,68	0,0276	-0,6174	3,391	1,526	2,534

Las variables estadísticas estudiadas son los promedios, mediana, varianza, desviación estándar, % coeficiente de variación, mínimos y máximos, sesgo estandarizado y curtosis estandarizada para cada una de las propiedades del suelo evaluadas. Se observó que los datos provienen de una distribución normal para la mayoría de las propiedades según los valores de sesgo estandarizado y curtosis estandarizada pues no deben sobre pasar el rango de -2 y 2 para que estén dentro la distribución normal., requisito básico para el cálculo de los semivariogramas. La menor variación fue en el pH con un valor de 12,39% y la mayor para P con un 192%. Los promedios me indican

que la arena es la fracción más dominante, que el pH se encuentra en un rango adecuado, que la capacidad de retención de cationes es baja y que los niveles de nutrientes son bajos.

5.3.1 Semivariograma

Para el ajuste al modelo teórico se tuvo en cuenta la raíz media cuadrada estandarizada. Esta debe presentar un valor cercano a 1, valores por encima muestran un comportamiento mal subestimado. Los % de arena, limo y arcilla se ajustaron al modelo exponencial, el pH y K al esférico, CIC al estable y N y P al J Bessel y Hole Effect respectivamente. De acuerdo con los rangos de los modelos de semivarianza, las propiedades que presentaron una mayor dependencia espacial fueron pH y % arcilla, con valores de 378 m. Las demás variables mostraron una mayor correlación espacial comprendida entre los 1072 m y 2415 m. La propiedad que más distancia tiene para la estabilización en su varianza es el % de arena con 168 m (sill). El fosforo-P es la variable que menos varianza toma con respecto al espacio (nuggets) con un valor de 27.90 (Tabla 9).

Tabla 9. Parámetros de los semivariogramas para las variables del suelo

Parámetro	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	Range	Modelo	Root-Mean-Square Standardized
pH	0,275	0,295	378,12	Esférico	0,975
CIC	22,198	0	1072,50	Stable	0,989
% Arena	0	168,164	579,34	Exponencial	0,933
% Limo	0	65,157	860,22	Exponencial	1,015
% Arcilla	20,490	25,585	378,12	Exponencial	0,908
N	0	0,0001	2415	J Bessel	0,968
P	27,90	13,21	2415	Hole Effect	0,9977
K	0	0,070	2155	Esférico	1,091

5.3.2 Coeficiente de correlación de Pearson

Se determina el coeficiente de relación de Pearson para medir la fuerza de la relación lineal entre las variables (Tabla 10).

Tabla 10. Valores del índice de correlación de Pearson

Variable	MO	Arena	Limo	Arcilla
pH	-0,4120	0,4668	-0,4828	-0,3778
Arena			-0,9008	-0,8847
Limo				0,6005

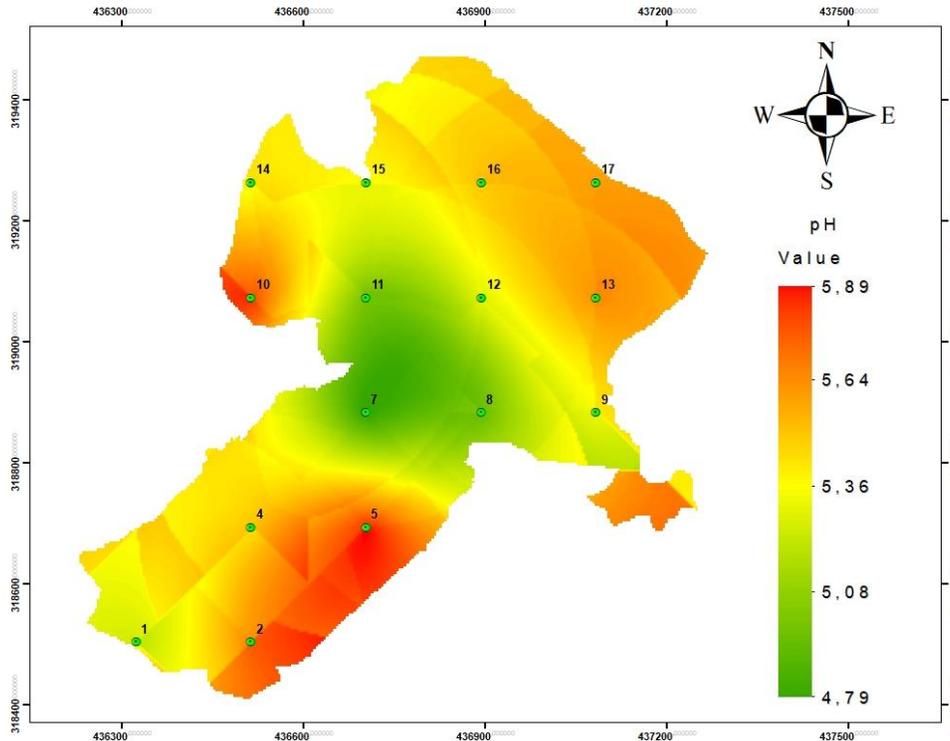
La correlación en la mayoría de las variables muestra una tendencia negativa, es decir Las variables se correlacionan en un sentido inverso. Entre tanto, variables como por ejemplo pH y arena, M.O y limo, arena y pH, limo y M.O, limo y arcilla, arcilla y limo presentan una correlación positiva, es decir su relación es de sentido lineal. Los siguientes pares de variables tienen valores-P por debajo de 0,05: Arena y limo, arena y arcilla, limo y arcilla; valores-P abajo de 0,05 indicando correlaciones significativamente diferentes de cero, con un nivel de confianza del 95%.

5.4 Variabilidad espacial de las propiedades del suelo evaluadas

Se estima la distribución y comportamiento espacial de las propiedades químicas, físicas y biológicas del área de estudio con el siguiente mapeo:

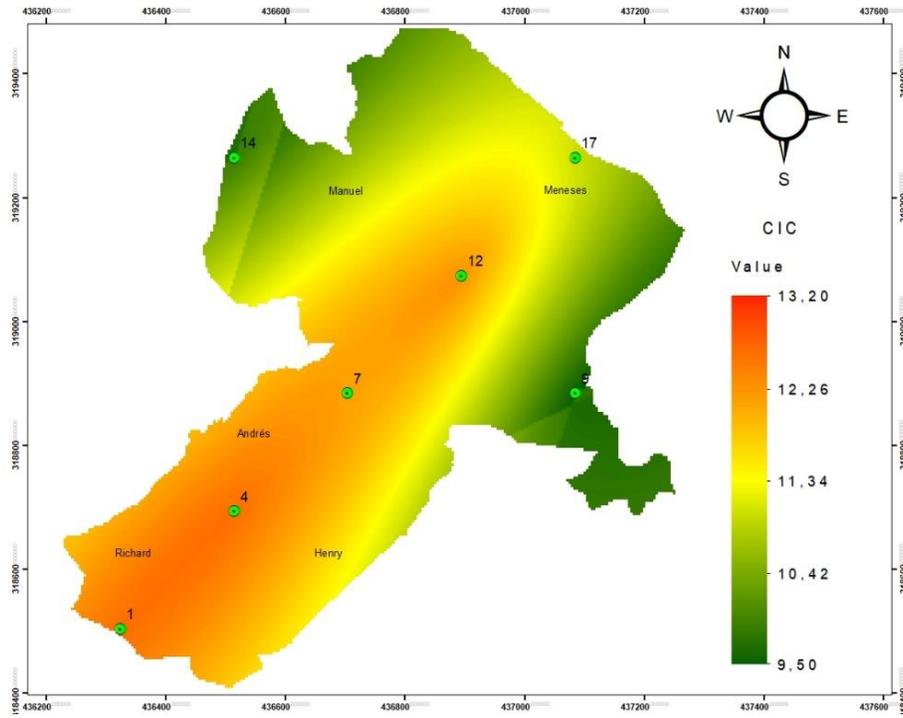
pH. Los valores de pH del suelo varían de extremo a ligeramente ácido (4.14 a 6.62). Se observa una zona extremadamente ácida (4 y 4.5) en el centro, y la zona ligeramente ácida (6.0 y 6.2) en el sector suroriental y noroccidental, zona con predominio de bosques secos tropicales (mapa 2).

Mapa 2. Variabilidad espacial del pH

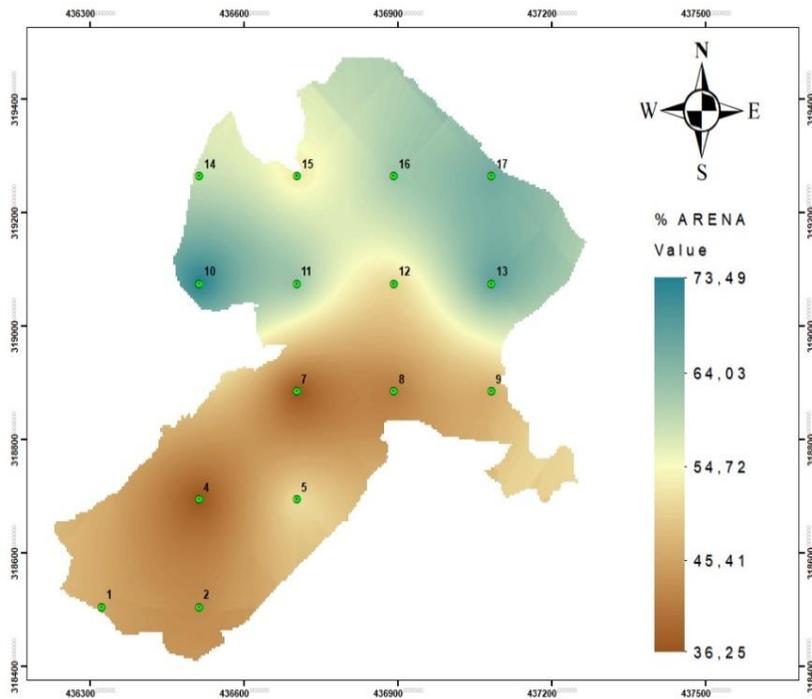


- **CIC.** El intercambio cationico del suelo es de medio a bajo (5.28 a 18.20 cmol/kg). El estado de esta propiedad en su menor aptitud se localiza en la zona nororiental y una pequeña fracción en la suroriental y noroccidental. Las causas de esta CIC son los factores de formación del suelo y un deficiente manejo de agroquímicos, pues son áreas dedicadas al cultivo de café. Por otra parte los valores de mediana aptitud se hallan en los sectores suroccidental, centro y parte del sector norte (mapa 3).
- **TEXTURA.** En general, el porcentaje de arena varía entre 36 y 74 %. Los valores de los minerales restantes como son arcilla y limo con variaciones entre 10-30% y 12-36% respectivamente son bajos. Se observa la distribución de la arena en mayor porcentaje en los sectores noroccidental y nororiental del área, entre tanto los bajos porcentajes se sitúan en la parte central y sur de esta.

Mapa 3. Variabilidad espacial de C.I.C

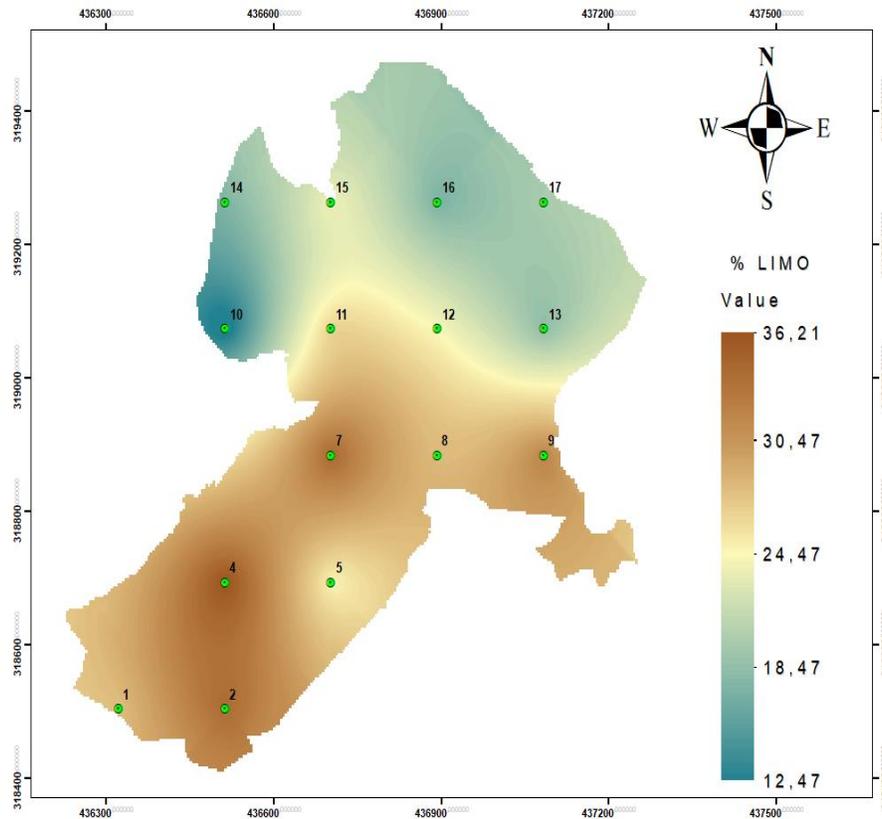


Mapa 4. Variabilidad espacial de ARENA



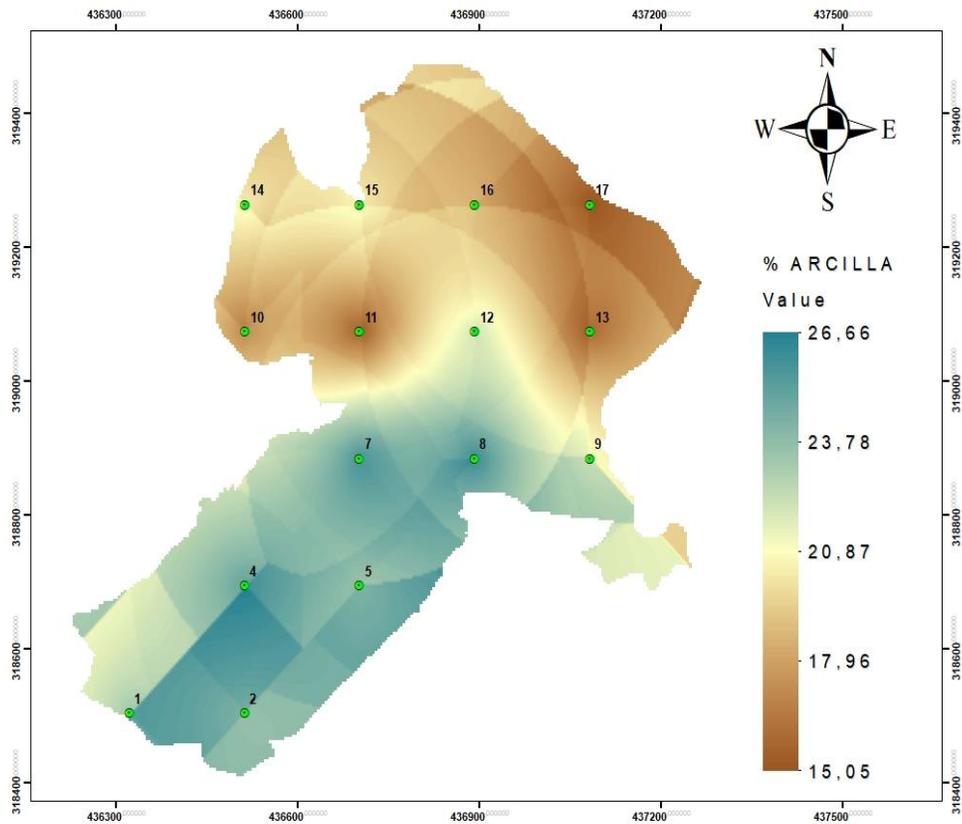
El limo se concentra hacia el sector centro suroccidental del área de estudio, entre tanto los menores porcentajes se presentan en la parte nororiental y noroccidental (mapa 5).

Mapa 5. Variabilidad espacial de LIMO



La arcilla se concentra a lo largo de la zona sur y parte del centro y coincide con el área donde se presenta mayor CIC. Las menores cantidades de esta partícula se encuentran en el sector norte (mapa 6).

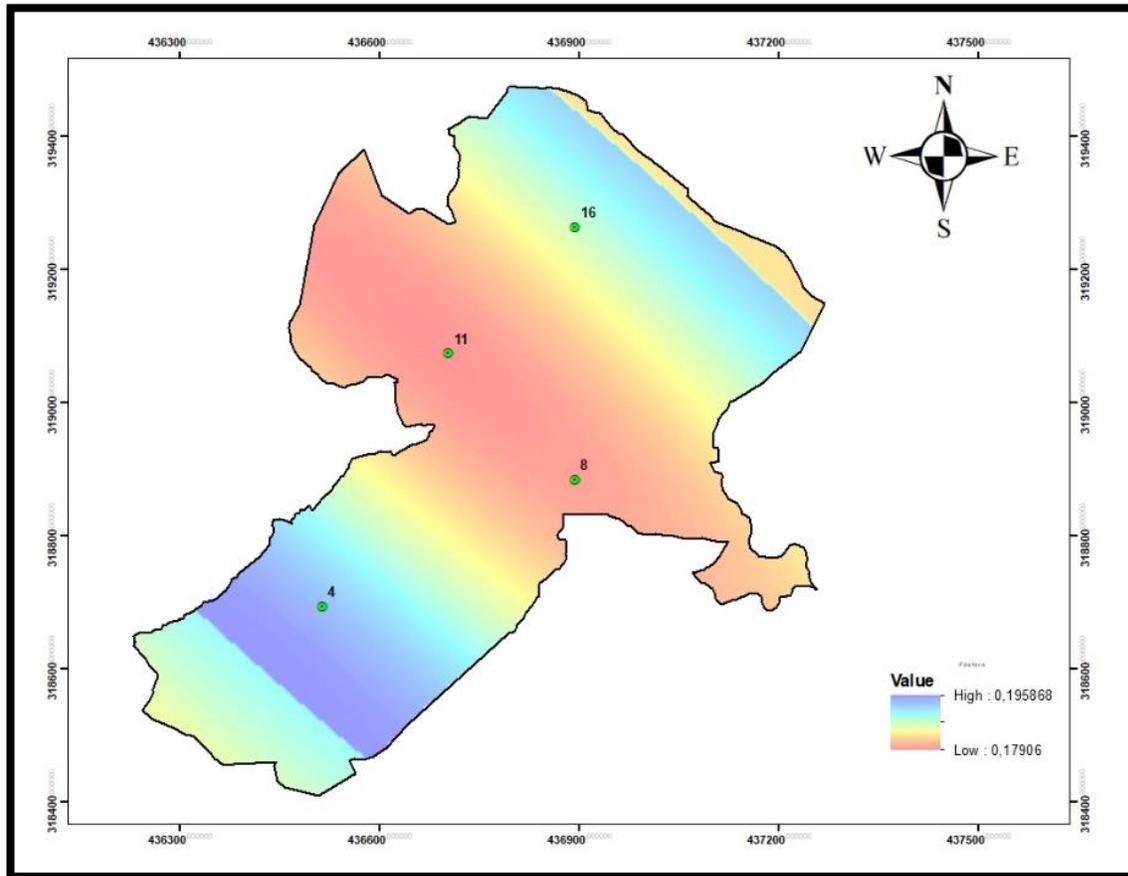
Mapa 6. Variabilidad espacial de la ARCILLA



NITROGENO

Los niveles de nitrógeno son de medios a bajos, consecuente a las pobres cantidades de materia orgánica. Su rango de variación se encuentra desde 0,15 a 0,21. Los mejores niveles se hallan en la parte sur del área (zona alta) y parte del sector norte. La parte crítica se halla en la zona central –occidental oriental. (Mapa 7)

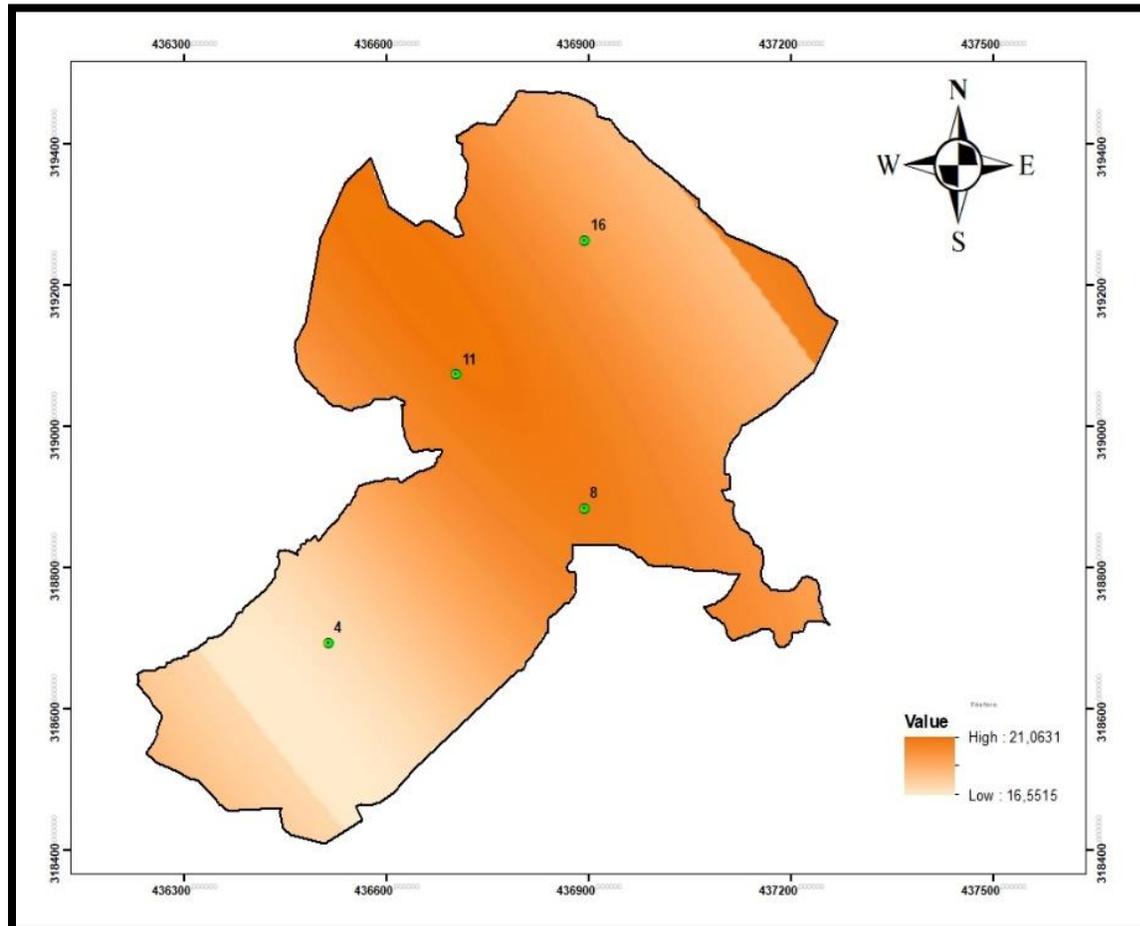
Mapa 7. Variabilidad espacial de Nitrógeno-N



FOSFORO

Los índices de fosforo son de medios a bajos, su variación se da desde 12,79 mg/Kg hasta 27,63 mg/kg. Las zonas críticas de este elemento se hallan en la parte sur-central, relación con las zonas críticas de acidez, los mejores niveles se hallan en zonas nor-occidental del área. (Mapa 8)

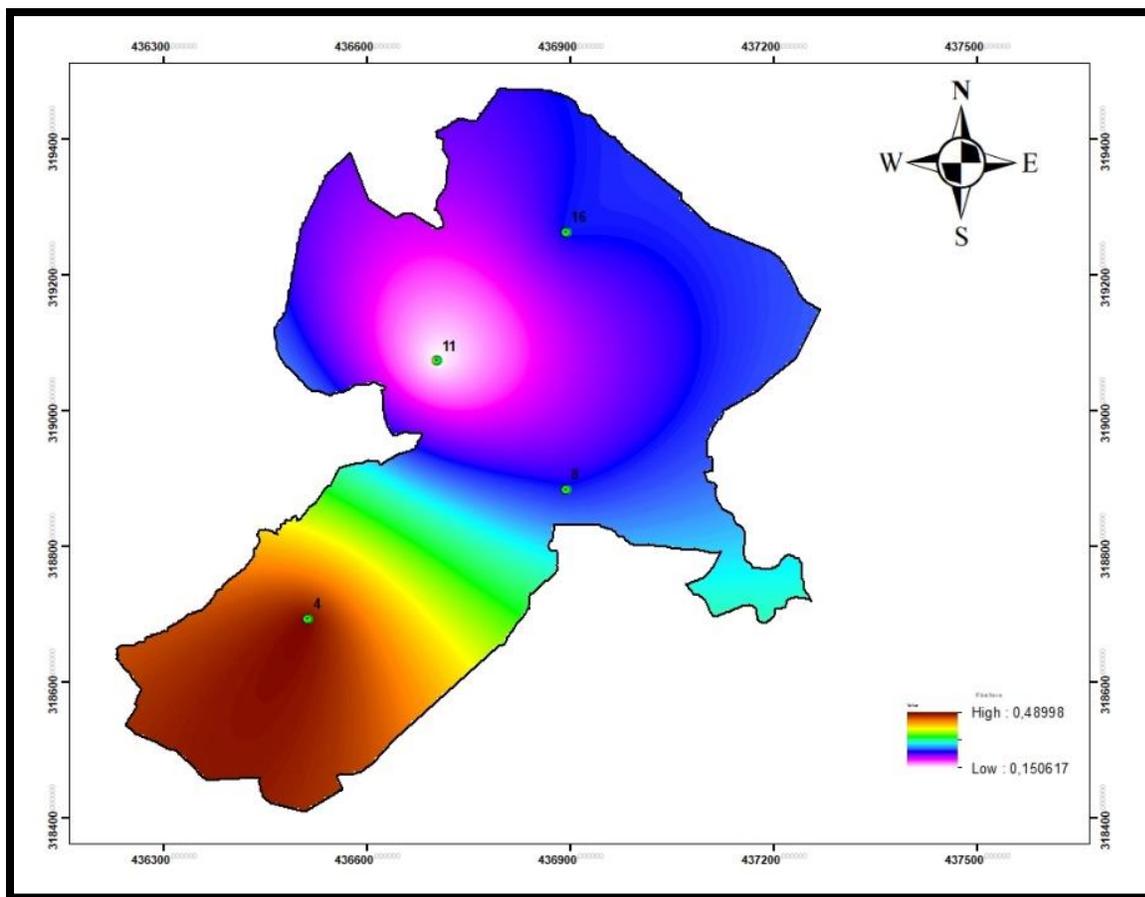
Mapa 8. Variabilidad espacial de fosforo - P



POTASIO

Los niveles de potasio son de bajos medio hasta alto, varían desde 0,25 hasta 0,49 cmol/kg. Las zonas pobre se ubican en la parte central y norte, entre tanto los mejores niveles se hallan en el sector sur (zona alta -altitud 1850 msnm). (Mapa 9)

Mapa 9. Variabilidad espacial de potasio-K



5.5 Diferencias entre condiciones fisicoquímicas del ecotopo 2-11-B y condiciones fisicoquímicas de la vereda el Moral-área de estudio

El estudio de clasificación de las variables de clima, relieve y suelos para las zonas cafeteras del país a través de los ecotopos cafeteros, ha permitido la evaluación taxonómica del suelo mediante el sistema de reconocimiento de unidades de suelo por parte de la federación nacional de cafeteros. Para el caso del ecotopo 2-11-B se define la unidad del suelo “san simón”.

Con investigaciones acerca de las condiciones químicas y físicas para fertilidad y nutrición de los suelos del departamento, la unidad San Simón perteneciente a los municipios de Palermo y Santa

María, entre otros, presenta valores promedios de algunas de sus propiedades (FNC 2019) de la siguiente forma:

Tabla 11. Valores de algunas propiedades químicas y físicas de lotes cafeteros de los municipios de Palermo y Santa María.

Propiedad	Valor estimativo según FNC	Valor promedio área de estudio-vereda el Moral.
PH	≥ 5.0	5.4
M.O.	< 6%	3.6%
K	< 0.4 cmol/kg	0.28 cmol/kg
P	10 mg/kg-30 mg/kg	19.5 mg/kg
TEXTURA	Suelos arenosos y arcillosos	Franco arenoso

Fuente federación nacional de cafeteros.(2019)

Las propiedades evaluadas en los suelos de la zona de estudio, con respeto a la investigación de fertilidad del suelo en los municipios mencionados, arroja diferencias bajas, por ejemplo, el pH con valores cercano a 5.0, la materia orgánica presentando valores muy por debajo al del estudio(6%),de igual similitud el K con valores por debajo de 0.4cmol/kg , P con valores entre 10 y 30 mg/kg, y por último la textura con suelos arenosos.

Con claridad se observa que las propiedades fisicoquímicas de estos suelos de la vereda el Moral se relaciona estrechamente a las condiciones del ecotopo 2-11-B, características propias de una fertilidad baja.

5.6 Recomendaciones nutricionales basadas en los análisis químicos del suelo-área de estudio

Las recomendaciones nutricionales de los cultivos de café para la zona se clasifican de acuerdo al estado del crecimiento de las plantas, que se catalogan en 3 etapas actualmente: 1. Crecimiento vegetativo, 2. Crecimiento vegetativo-renovación por zoca, y 3. Etapa reproductiva (etapa de producción). Se debe tener en cuenta la adecuación física y química del suelo al momento del establecimiento del cultivo ejecutado por los caficultores de la zona y la información disponible acerca de las propiedades del suelo. A continuación, se mencionan las recomendaciones

nutricionales esenciales de la zona con base a los resultados de los análisis teniendo en cuenta las tres etapas:

5.6.1 Etapa de crecimiento vegetativo

- **Recomendación encalamiento según condición de acidez**

Para efecto de implementar correctamente el encalamiento en los suelos, se referencia el valor de pH en las zonas críticas según la condición de acidez y el nivel de Ca (ANEXO A). Para el área de estudio (según la clasificación de FNC), la actividad de encalamiento se debe realizar según tabla 12.

Tabla 12. Recomendaciones por zonas según condición de acidez para actividad de encalamiento.

Zonas	Dosis recomendada para la aplicación de Cal		
Condición acidez	pH	Ca (cmol/kg)	Dosis de material encalante
Extrema	4.14	2.06	Se sugiere adicionar 80 g/planta
Muy fuerte	4,61	5,99	Se sugiere la aplicación de 60 g/planta
fuerte	5,33	6,89	Rango adecuado. No se recomienda la aplicación de cal y el suministro de Ca.

- **Recomendaciones para la actividad de fertilización según elementos esenciales N P K**

NITROGENO:

Los contenidos de materia orgánica en los suelos son bajos (ANEXO A,) por tanto la utilización de abonos orgánicos como la pulpa de café y dosis apropiadas de urea se hacen necesarias para solventar dichos contenidos. Se presentan recomendaciones según clasificación de FNC en la tabla 13

FOSFORO

Los contenidos de fosforo en toda el área están por debajo de 30 mg /kg (ANEXO A) se presentan las recomendaciones según FNC en la tabla 13

POTASIO

Los contenidos de potasio están por debajo de 0.40 cmol/kg se sugiere aplicar 10 g/planta de K_2O a los 18 meses (Tabla 13). Sin embargo en la zona 3 se presenta contenido muy bajo ($P < 0.20$ cmol/Kg) se sugiere la aplicación a los 12 meses, en la zona 4 no se recomienda la utilización de fertilizantes potásicos debido al alto nivel de este elemento.

Tabla 13. Recomendaciones para la fertilización nitrogenada, fosfórica y potásica en la etapa de crecimiento vegetativo del cultivo de café en la area de estudio.

Propiedad	Nutriente /fertilizante	Dosis g/planta				
		Mes				
Materia Organica		1 o 2	6	10	14	18
M.O < 8%	UREA	15	20	26	30	35
Fosforo	Nutriente /fertilizante	1o2	6 a10		14 a18	
P<30mg/kg	DAP(46% P_2O_5 y 18% N)	9	11		13	
Potasio	Nutriente /fertilizante			12		18
K<0,4cmol/kg	KCl (60% de K_2O)			10		17

5.6.2 Etapa crecimiento vegetativo - renovación por zoca

- **Recomendación para encalamiento según condición de acidez**

Actualmente, se encuentran lotes con renovación por zoca y se presentan los requerimientos nutricionales con cantidades parcialmente mayores (Tabla 14), así:

Tabla 14. Recomendaciones por zonas según condición de acidez para actividad de encalamiento en la etapa de renovación por zoca.

Zonas	Dosis recomendada para la aplicación de Cal		
	pH	Ca (cmol/kg)	Dosis de material encalante
Extrema	4,14	2,06	Se sugiere adicionar 100 g/planta
Muy fuerte	4,61	5,99	Se sugiere la aplicación de 80 g/planta
fuerte	5,33	6,89	Rango adecuado. No se recomienda la aplicación de cal y el suministro de Ca.

Teniendo en cuenta que el contenido de calcio es alto con rangos adecuados de pH ($Ca > 3,0$ cmol/kg), en los suelos del área no se recomienda encalamiento.

- **Recomendaciones para la actividad de fertilización según elementos esenciales de N PK**

Las dosis a sugerir e estos lotes renovados por zoca se dan con un contenido de materia orgánica por debajo de 8%, fósforo por debajo de 30 mg/kg y potasio por debajo de 0,4 cmol/kg, a excepción de la zona alta (muestra 4) donde $k > 0,4$ cmol/kg

Tabla 15. Recomendaciones para la actividad de fertilización según elementos esenciales de N P K en la etapa de zoca con base a materia orgánica del suelo, P y K

Propiedad	Nutriente /fertilizante	Dosis g/planta		
		2	6	12 y 18
CONTENIDO				Mes
M.O < 8%	UREA	25	30	Fertilizar como cafetales en etapa de producción (Dosis kg/ha)
Fósforo	Nutriente /fertilizante		6	12 y 18
P<30mg/kg	DAP(46% P_2O_5 y 18% N)		12	Fertilizar como cafetales en etapa de producción (Dosis kg/ha)
Potasio	Nutriente /fertilizante		6	12 y 18
K<0,4cmol/kg	KCl (60% de K_2O)		17	Fertilizar como cafetales en etapa de producción (Dosis kg/ha)

5.6.3 Etapa reproductiva (producción)

- **Recomendación para encalamiento según condición de acidez**

La recomendación es similar al de etapa de crecimiento vegetativo, solo se denota el incremento del material encalante. Como los valores de pH en la zona “fuertemente ácido” está en el rango adecuado, además de niveles altos de calcio, no se recomienda el encalamiento.

Tabla 16. Recomendaciones por zonas según condición de acidez para actividad de encalamiento en la etapa de producción.

Zonas	Dosis recomendada para la aplicación de Cal		
Condición acidez	pH	Ca (cmol/kg)	Dosis de material encalante
Extrema	4.14	2.06	Se sugiere adicionar 1000 kg/cada 2 años
Muy fuerte	4,61	5,99	Se sugiere la aplicación de 600 kg/cada 2 años
fuerte	5,33	6,89	Rango adecuado. No se recomienda la aplicación de cal y el suministro de Ca.

- **Recomendaciones para la actividad de fertilización según elementos esenciales de NPK**

NITROGENO. Cuando los niveles de M.O son bajos como los observados en la zona de estudio, se sugiere la fertilización de nitrógeno como se observa en la Tabla 17. La fuente más utilizada es la urea por su alta concentración de N (46%)

FOSFORO las recomendaciones de fósforo es esta fase son de poca magnitud. Los contenidos de fosforo en el suelo son de medios a bajos. La recomendación apropiada se presenta en la Tabla 17 se recomienda la utilización de DAP por su alta eficiencia agronómica.

POTASIO: Para la aplicación de este nutriente, se presenta la recomendación de la Tabla 17. se recomienda la aplicación de la dosis de sostenimiento en la zona alta (muestra 4) donde el nivel de k >0.4 cmol/kg

Tabla 17. Recomendaciones para la actividad de fertilización según elementos esenciales de N P K en la etapa de zoca con base a materia orgánica del suelo, P y K

Propiedad	Dosis (kg/ha año)	
	Nitrógeno	Urea
Contenido MO (%)		
<8%	300	652
Contenido fosforo-P(mg/kg)	Fosforo (P_2O)	DAP
10 - 20	40	87
Contenido potasio-K(cmol/Kg)	Potasio (K_2O)	KCl
0,2-0,4	260	433

5.7 Evaluación de la fertilidad de los suelos

Se determina el puntaje de cada elemento y parámetro del suelo, para realizar el cálculo de fertilidad, teniendo en cuenta la parte alta media y baja del área de estudio.

La fertilidad total para el sector alto se calcula se da la siguiente manera:

$$FT = (0.7F1 + 0.3F2)K = (0.7 * 20,5 + 0.3 * 0) * 0.285 = 4,08$$

Luego, $4,08 > 3,6$, correspondiente a fertilidad baja. (Parámetro de clasificación del Igac.)
(Tabla ANEXO E)

Los puntajes establecidos, el valor de fertilidad y la calificación de la parte alta media y baja se muestran en la tabla 18.

Tabla 18. Puntaje, valor y apreciación de fertilidad para el área de estudio

Zona	Propiedades evaluadas/puntaje							Puntaje total	Valor de fertilidad	Calificación de fertilidad
	pH	%SAI	CIC	SB	P	K	CO			
ALTA	1	5	3	1.5	2	5	3	20,5	4,08	Baja
MEDIA	1	4	4	1.5	3	2	2	17,5	3,49	Muy Baja
BAJA	3	4	2	1.0	2	3	3	18	3,51	Muy Baja

Se observa que las mejores condiciones químicas, físicas y biológicas del suelo se dan en el sector alto con un valor de fertilidad de 4,08 pese aún la calificación de fertilidad sigue siendo baja.

5.8 Características generales del ecotopo cafetero 2-11-B, municipio de Palermo

5.8.1 Análisis Condiciones edáficas y agroclimáticas

Basado en la definición de ecotopo cafetero denominada como “región agroecológica delimitada geográficamente, teniendo en cuenta condiciones predominantes de clima, suelo y relieve donde se obtiene una respuesta biológica similar del cultivo del café”; el ecotopo cafetero 2-11-B, se halla ubicado en la cordillera central (2), perteneciente a la onceavo ecotopo agrupado de norte a sur (11) y situado en la vertiente oriental de la cordillera central (B). Presenta su delimitación geográfica entorno a los municipios de Coyaima, Natagaima, Ataco, Planadas, Aipe, Neiva, Santa María y Palermo.

La formación de los suelos de la zona cafetera colombiana difieren acorde con su origen, siendo determinante el material parental, el clima (precipitación y temperatura principalmente) y la topografía que a través de procesos de meteorización, han originado una diversidad de suelos con características físicas y químicas propias. Los suelos del ecotopo 2-11-B derivan de una formación ígnea - metamórfica cuya principal característica es la presencia de una gran cadena de volcanes. Las principales representantes petrográficas ígneas son cuarzodioritas y granitos. Su material parental corresponde a Granito Biotítico de la Unidad San Simón de las familias taxonómicas Troporthents y Dystropepts.

Las características de la unidad San Simón más representativas son: el perfil consta de capas de arenas sueltas de coloración pardo oscuro con condiciones físicas regulares, suelos superficiales y cascajosos, fertilidad natural baja, topografía abrupta, pendientes superiores al 75%, de longitud media a larga como también bajos contenidos de materia orgánica. Por su naturaleza suelta y su ubicación en pendiente, los suelos de este ecotopo son susceptibles a la erosión.

Las características agroclimáticas del ecotopo 2-11 B están entre los 1400 a 1900 m de altitud, el 88% de los lotes están sembrados a libre exposición solar, el brillo solar de esta zona se encuentra entre las 1600 y 1800 horas al año, las lluvias anuales entre los 1600 y 1900 mm, la acumulación térmica diaria en el desarrollo del fruto está entre los 1900 y 2600 grados.

El promedio de amplitud térmica es de 7.8 grados, pendientes entre los 30 y 70 grados, el mayor periodo de déficit hídrico de junio a agosto y temperaturas media entre 17.5 y 23°C.

5.8.2 Condiciones edáficas del ecotopo 2-11-B a nivel detallado en la vereda el Moral (área de estudio)

5.8.2.1 Descripción de suelos

El paisaje está constituido por relieves y topografías abruptas de forma ondulada y quebradiza, no obstante muestra subzonas con relieves moderadamente ondulados. Presenta una geoforma principal es de tipo cóncavo con disposición de cono de deyección en forma de abanico coluvio-aluvial (Figura 3).

Las particularidades de este paisaje forman parte significativa de la composición de complejos ígneos - metamórficos que por la presencia de ceniza volcánica y el transporte de los mismos han generado colinas de pendientes fuertes con longitudes cortas. Las composición mineral de las rocas granitas modelan características bióticas expresadas mediante el color marrón oscuro, propiedades físicas observadas a través de calicatas, particularidades internas que explican atributos de la unidad San Simón (Figura 3).



Fig. 3. Geoformas del paisaje, perfiles pedogenéticos y características arenosas del suelo

Las partículas dominantes en el suelo son las arenas con clase textural franco arenosa característica del ecotopo 2 11 B (Figura 3). La capacidad del suelo para suplir los nutrientes al sistema radicular de los cafetos es baja, es decir su fertilidad es baja por las deficiencias en elementos esenciales. No obstante, la relación agroclimatológica del medio resulta apta para los sistemas cafeteros. La presencia alta de rocas y cascajos superficiales a lo largo y ancho de la geografía, es otra identidad representativa del ecotopo, que en su mayoría no impide el desarrollo de los cultivos por situarse en laderas y potreros.

5.8.3 Características físicas de los suelos

Se observa la presencia abundante de rocas blandas de tamaño mediano en proceso de meteorización y concreciones en el suelo. Además, manchas de óxido ferroso (FeO_2) que con el tiempo dan lugar a la formación de Plintita. Si bien la textura dominante son las arenas, en los horizontes profundos existe presencia significativa de arcillas y limos, la estructura del suelo de forma general es en bloques subangulares y laminares bien definidos y de consistencia ligeramente pegajosa y plástica. Los suelos tienen 70 cm de profundidad efectiva, buen drenaje natural y el desarrollo de horizontes permiten el anclaje y la distribución efectiva del sistema radicular del café.

Se exhiben características de relieve ondulado moderado de forma cóncava, pendientes entre el 5 y 10% de inclinación en el sector bajo y entre 40 y 70% en el sector alto con cambios abruptos topográficos. La geomorfología coluvio - aluvial del sector bajo confluye en una corriente fluvial que atraviesa la vereda limitada por vertientes y laderas altas, generando al final formas de depósito.

De manera general, los suelos de la zona cafetera colombiana pertenecen a los órdenes entisol, inceptisol y andisoles. La taxonomía de la zona de estudio identifica un Orden Alfisol perteneciente a la familia "*Typic Hapludalf*" por $\text{SB} > 35\%$, de régimen de humedad "Udico" concentración de arcilla en la profundidad y "Hapl" de desarrollo mínimo de horizontes en los alfisoles; sin embargo la diversidad edáfica converge a la presencia de suelos del Orden Inceptisol con un desarrollo incipiente en sus horizontes (rocas en proceso de meteorización) con denominación "*Typic Dystropept*" por su $\text{SB} < 40\%$, $\text{pH} < 4.5$ de régimen de humedad "udico" y "trop" de depósitos materiales fluviónicos (forma canónica de depósito).

6. CONCLUSIONES

- El análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo determinan que no hay limitación para la producción agrícola del cultivo de café, siempre y cuando se suplan las deficiencias nutricionales de abastecimiento en el suelo. Estas propiedades del suelo determinaron clases texturales gruesas en su mayor porcentaje con suelos franco arenosos, moderados a extremadamente ácidos y de fertilidad baja.
- Las propiedades del suelo que representan mayor distanciamiento en la variabilidad espacial son pH y P. Los mejores índices nutricionales se ubican en el sector sur (zona alta) del área de estudio.
- Las recomendaciones de encalamiento son necesarias en algunas partes del área para corregir los problemas de acidez del suelo, así mismo se requiere la implementación de correctivos orgánicos mediante abonados con la adición de las dosis correctas de nitrógeno, fosforo, potasio.
- Con la caracterización del área comprendida dentro del ecotopo 2-11B, se demuestra la heterogeneidad de los suelos en estas grandes unidades de clasificación cafetera, debido tanto a los factores formadores del suelo como a los antecedentes de manejo de las áreas de cultivo, observándose según la taxonomía dos órdenes de suelo, Alfisol e Inceptisol denominados “Typic Hapludalf” y “Typic Dystropepts”. Del mismo modo, se denota la presencia de características físicas y química que identifican generalidades del ecotopo como su geofoma, fertilidad natural baja y condiciones de la unidad San Simón.
- Se requiere un trabajo planificado y exhaustivo de fertilización en el área debido a los siguientes factores: La fertilidad del suelo es baja con déficit en elementos mayores como N, P, K, así mismo la saturación de bases es baja. De igual forma, se deben buscar alternativas tecnológicas y equipos adecuados para optimizar los planes de fertilización, mediante fertilización localizada controlada.

- Los perfiles pedogenéticos del suelo identificados mediante calicatas exhiben un desarrollo estructural del suelo y adecuada exploración radicular, buen régimen térmico y de humedad, condiciones que permiten tanto la solubilidad como la movilidad de los nutrientes. No obstante, se debe tener en cuenta la extracción, remoción y elementos nutricionales que son lixiviados por escorrentía (relieve y topografía) a la hora de ejecutar las tareas de fertilización.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, L.F., Palacios, L.M. 2014. Metodología para la clasificación de las tierras por su capacidad de uso. Grupo interno de trabajo para levantamiento de suelos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).Vol. 1 pág. 29-30. Bogotá, Colombia.
- Aguilar, L.F., Palacios, L.M. 2014. Metodología levantamiento de suelos. Grupo interno de trabajo para levantamiento de suelos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).Vol. 1 pág. 25. Bogotá, Colombia.
- Castro, H. E. 1998. Fundamentos para el conocimiento y manejo de suelos agrícolas. Manual Técnico. Instituto universitario Juan de Castellanos. Vol.1 pág.115-339. Tunja, Colombia.
- Gómez, L., Caballero, A., Baldion, J. 1991. Ecotopos cafeteros. Cenicafe. Agroclimatología-División de desarrollo rural. Federación nacional de cafeteros.Vol.1 pag.12 -96. Bogotá, Colombia
- González, H., Salamanca, A. 1991. Unidades de Suelos representativas de la zona cafetera colombiana. Cenicafe. Federación Nacional de Cafeteros.Vol. 1 pág. 19. Chinchiná, Colombia.
- El momento del agro. (2012). Finagro 30 años. Recuperado de <http://www.finagro.com.co>
- Jaramillo, D.F., Sadeghian, S., Lince, L.2013. Variabilidad espacial de las bases de un andisol de la zona cafetera central colombiana. Boletín ciencias de la tierra. Nro. 33 pág. 2. Medellín, Colombia
- Jaramillo, D.F. 2002. Introducción a la ciencia del suelo. Facultad de ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Vol.1 pág. 553-557. Medellín, Colombia.
- Jaramillo, D.F. 2015. Variabilidad espacial de algunas propiedades químicas de suelos palmeros de Colombia. Artículo de investigación científica .Sociedad colombiana de la ciencia del suelo. Vol. 1 pág. 2. Medellín, Colombia.
- Lince, L.A., Sadheghian, S., Torres, F.A., 2108. Evaluación de la vulnerabilidad del suelo en el cultivo del café a la variabilidad climática. Cenicafe. Federación nacional de cafeteros. Vol. 1 pág.3. Chinchiná, Colombia.
- Orduz, K.E. 2014. Variabilidad espacial de la resistencia mecánica a la penetración del suelo. “caso estudio: centro agropecuario Marengo - Sabana de Bogotá”. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Civil. Universidad Militar Nueva Granada.Vol.1 pág.5. Bogotá, Colombia.
- Rodríguez, F.A., Camacho, J.H., Rubiano, Y. 2016. Variabilidad espacial de los atributos químicos del suelo en el rendimiento y calidad del café. Corpoica ciencia y tecnología agropecuaria. Vol.1 pag.3. Mosquera, Colombia.

Salazar, S., Quiroga, A., Hoyos, J., García, J. 2019. Zonas agroecológicas. Aplicación de ciencia, tecnología e innovación en el cultivo del café ajustado a las condiciones particulares del Huila. Federación Nacional de Cafeteros. Vol.1 pág. 4-20 Neiva, Colombia.

Sadeghian, S. 2008. Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia. Boletín técnico N°32. Cenicafe. Federación Nacional de Cafeteros. Vol.1 pag.10-31. Chinchiná, Colombia.

Sipra. Planificación nacional. Vocación productiva del suelo. Recuperado de <http://www.minagricultura.gov.co>

Torrente, A. 2018. Caracterización y potencial productivo de los suelos del departamento del Huila. Gestión del suelo para una agricultura sana, productiva y sostenible. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Vol. 1 pág. 43 y 44. Neiva, Colombia.

Anexos

ANEXO A. RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICOS DE FERTILIDAD DEL SUELO

ENTREGA DE RESULTADOS		
 Laboratorio Agroambiental de Suelos y Aguas	INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICOS DE SUELOS	CODIGO ER-FR-01
		VERSIÓN 01
		PAG: 1 DE 3

DATOS DEL CLIENTE		
SOLICITANTE: Sergio Leandro Maje Meneses DIRECCIÓN: Calle 51 N° 20-04	TELÉFONO: 3104005327 E-MAIL: majestic_0212@hotmail.com	CIUDAD: Neiva
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		
MUNICIPIO: Palermo CULTIVO: Pastos FECHA DE RECEPCIÓN: 28/09/2019	DEPARTAMENTO: Huila ID CLIENTE: Finca El Porvenir- Vereda El Moral -Muestra 2 FECHA DE ENTREGA: 11/10/2019	

RESULTADOS									
Muestra Lab No.	pH	CE	AI	CIC	Bases de Intercambio				Bases Totales
					Ca	Mg	K	Na	
304-19	5,01	dS/m	meq/100g						10,29
		0,09	0,81	16,17	7,81	2,17	0,25	0,06	
	Muy fuertemente ácido	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Alto	Bajo	Bajo	

CO	MO	N	P	S	Elementos Menores					TEXTURA
					Cu	Fe	Zn	Mn	B	
%					ppm					Organoléptica
2,30	3,96	0,20	18,30	17,89	3,39	179,37	0,90	38,31	0,46	Franco Arenoso
Medio	Medio	Medio	Medio	Alto	Medio	Alto	Bajo	Alto	Medio	

	Relación entre Cationes				Porcentaje de Saturación de Cationes				%SB	%S.A.I
	Ca/Mg	Mg/K	Ca/K	(Ca+Mg)/K	Ca	K	Mg	Na		
Resultado	3,61	8,50	30,64	39,14	48,29	1,58	13,39	0,39	63,64	5,00
Valoración	Relación Ideal	Deficiencia de Mg	Deficiencia de K	Deficiente	Alto	Bajo	Bajo	Muy bajo	Alto	Normal sin problemas

*Los resultados corresponden únicamente a las muestras suministradas por el cliente y analizadas en el laboratorio

METODOS	
pH: 1:1 (Suelo: Agua) CE: 1:2 (Suelo: Agua) CO: Walkley Black MO: Relación Matemática N: Relación Matemática AI: KCl 1N	Cationes y CIC: AcNH ₄ , 1N pH 7 Elementos Menores: DTPA P: Bray II S: Fosfato monobásico de Calcio B: Agua caliente, Azometina H Textura: Bouyoucos/Organoléptica

Carrera 5ª No. 21ª -61 B/ Sevilla Neiva-Huila. Tel. 8666848 Cel. 3142480137
E-mail. Lagsalaboratorio@gmail.com - Comercial@laboratoriolagsa.com

ENTREGA DE RESULTADOS		
 LAGSA Laboratorio Agroambiental de Suelos y Aguas	INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICOS DE SUELOS	CODIGO ER-FR-01
		VERSIÓN 01
		PAG: 1 DE 3

DATOS DEL CLIENTE		
SOLICITANTE: Sergio Leandro Maje Meneses	TELÉFONO: 3104005327	CIUDAD: Neiva
DIRECCIÓN: Calle 51 N° 20-04	E-MAIL: majestic_0212@hotmail.com	
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		
MUNICIPIO: Palermo	DEPARTAMENTO: Huila	
CULTIVO: Café	ID CLIENTE: Finca La Victoria - Vereda El Moral - Muestra 4	
FECHA DE RECEPCIÓN: 28/09/2019	FECHA DE ENTREGA: 11/10/2019	

RESULTADOS									
Muestra Lab No.	pH	CE	AI	CIC	Bases de Intercambio				Bases Totales
					Ca	Mg	K	Na	
305-19	5,07	dS/m	meq/100g						9,13
	Muy fuertemente ácido	0,16	0,25	18,82	6,89	1,64	0,49	0,12	
		Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	

CO	MO	N	P	S	Elementos Menores					TEXTURA
					Cu	Fe	Zn	Mn	B	
%					ppm					Organoléptica
2,48	4,27	0,21	12,79	12,68	5,53	198,60	2,11	32,78	0,65	Franco Arenoso
Medio	Alto	Alto	Bajo	Medio	Alto	Alto	Bajo	Alto	Alto	

Relación entre Cationes					Porcentaje de Saturación de Cationes				%SB	%S.A.I
	Ca/Mg	Mg/K	Ca/K	(Ca+Mg)/K	Ca	K	Mg	Na		
Resultado	4,19	3,36	14,07	17,42	36,58	2,60	8,73	0,61	48,52	1,34
Valoración	Relación Ideal	Deficiencia de Mg	Relación Ideal	Relación Ideal	Medio	Medio	Muy bajo	Muy bajo	Medio	Normal sin problemas

*Los resultados corresponden únicamente a las muestras suministradas por el cliente y analizadas en el laboratorio

METODOS	
pH: 1:1 (Suelo: Agua)	Cationes y CIC: AcNH ₄ , 1N pH 7
CE: 1:2 (Suelo: Agua)	Elementos Menores: DTPA
CO: Walkley Black	P: Bray II
MO: Relación Matemática	S: Fosfato monobásico de Calcio
N: Relación Matemática	B: Agua caliente, Azometina H
AI: KCl 1N	Textura: Bouyoucos/Organoléptica

Carrera 5ª No. 21ª -61 B/ Sevilla Neiva-Huila. Tel. 8666848 Cel. 3142480137
E-mail. Lagsalaboratorio@gmail.com - Comercial@laboratoriolagsa.com

ENTREGA DE RESULTADOS		
 LAGSA Laboratorio Agroambiental de Suelos y Aguas	INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICOS DE SUELOS	CODIGO ER-FR-01
		VERSIÓN 01
		PAG: 1 DE 3

DATOS DEL CLIENTE		
SOLICITANTE: Sergio Leandro Maje Meneses	TELÉFONO: 3104005327	CIUDAD: Neiva
DIRECCIÓN: Calle 51 N° 20-04	E-MAIL: majestic_0212@hotmail.com	
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		
MUNICIPIO: Palermo	DEPARTAMENTO: Huila	
CULTIVO: Café	ID CLIENTE: Finca Becedaria - Vereda El Moral - Muestra 1	
FECHA DE RECEPCIÓN: 01/11/2019	FECHA DE ENTREGA: 19/11/2019	

RESULTADOS									
Muestra Lab No.	pH	CE	AI	CIC	Bases de Intercambio				Bases Totales
					Ca	Mg	K	Na	
347-19	4,48	dS/m	meq/100g						3,21
		0,13	1,94	15,96	2,06	0,81	0,25	0,10	
	Extremadamente ácido	Muy Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	

CO	MO	N	P	S	Elementos Menores					TEXTURA
					Cu	Fe	Zn	Mn	B	
%					ppm					Organoléptica
2,14	3,69	0,18	19,52	14,84	3,42	148,97	1,78	27,48	0,78	Franco Arenoso
Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Alto	Bajo	Alto	Alto	

	Relación entre Cationes				Porcentaje de Saturación de Cationes				%SB	%S.A.I
	Ca/Mg	Mg/K	Ca/K	(Ca+Mg)/K	Ca	K	Mg	Na		
Resultado	2,55	3,26	8,33	11,59	12,89	1,55	5,05	0,60	20,09	12,19
Valoración	Deficiente	Deficiencia de Mg	Deficiente	Deficiente	Muy bajo	Bajo	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Normal sin problemas

*Los resultados corresponden únicamente a las muestras suministradas por el cliente y analizadas en el laboratorio

METODOS	
pH: 1:1 (Suelo: Agua)	Cationes y CIC: AcNH ₄ , 1N pH 7
CE: 1:2 (Suelo: Agua)	Elementos Menores: DTPA
CO: Walkley Black	P: Bray II
MO: Relación Matemática	S: Fosfato monobásico de Calcio
N: Relación Matemática	B: Agua caliente, Azometina H
AI: KCl 1N	Textura: Bouyoucos/Organoléptica

Carrera 5ª No. 21ª -61 B/ Sevilla Neiva-Huila. Tel. 8666848 Cel. 3142480137
E-mail. Lagsalaboratorio@gmail.com - Comercial@laboratoriolagsa.com

ENTREGA DE RESULTADOS		
 Laboratorio Agroambiental de Suelos y Aguas	INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICOS DE SUELOS	CODIGO ER-FR-01
		VERSIÓN 01
		PAG: 1 DE 3

DATOS DEL CLIENTE		
SOLICITANTE: Sergio Leandro Maje Meneses	TELEFONO: 3104005327	CIUDAD: Neiva
DIRECCIÓN: Calle 51 N° 20-04	E-MAIL: majestic_0212@hotmail.com	
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		
MUNICIPIO: Palermo	DEPARTAMENTO: Huila	
CULTIVO: Café	ID CLIENTE: Finca El Delirio Vereda El Moral -Muestra 3	
FECHA DE RECEPCIÓN: 01/11/2019	FECHA DE ENTREGA: 19/11/2019	

RESULTADOS									
Muestra Lab No.	pH	CE	AI	CIC	Bases de Intercambio				Bases Totales
					Ca	Mg	K	Na	
348-19	4,81	dS/m	meq/100g						8,17
		0,09	1,37	17,31	5,99	1,95	0,15	0,08	
	Muy fuertemente ácido	Muy Bajo	Medio	Medio	Medio	Alto	Muy Bajo	Bajo	

CO	MO	N	P	S	Elementos Menores					TEXTURA
					Cu	Fe	Zn	Mn	B	
%					ppm					Organoléptica
1,72	2,96	0,15	27,63	20,01	5,65	164,74	2,04	19,40	0,69	Franco Arenoso
Medio	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	Alto	

Relación entre Cationes					Porcentaje de Saturación de Cationes				%SB	%S.A.I
	Ca/Mg	Mg/K	Ca/K	(Ca+Mg)/K	Ca	K	Mg	Na		
Resultado	3,08	13,04	40,16	53,20	34,62	0,86	11,24	0,46	47,18	7,94
Valoración	Relación Ideal	Deficiencia de Mg	Deficiencia de K	Deficiencia de K	Medio	Muy bajo	Bajo	Muy bajo	Medio	Normal sin problemas

*Los resultados corresponden únicamente a las muestras suministradas por el cliente y analizadas en el laboratorio

METODOS	
pH: 1:1 (Suelo: Agua)	Cationes y CIC: AcNH ₄ , 1N pH 7
CE: 1:2 (Suelo: Agua)	Elementos Menores: DTPA
CO: Walkley Black	P: Bray II
MO: Relación Matemática	S: Fosfato monobásico de Calcio
N: Relación Matemática	B: Agua caliente, Azometina H
AI: KCl 1N	Textura: Bouyoucos/Organoléptica

Carrera 5ª No. 21ª -61 B/ Sevilla Neiva-Huila. Tel. 8666848 Cel. 3142480137
E-mail. Lagslaboratorio@gmail.com - Comercial@laboratoriolagsa.com

ANEXO B. REGISTRO FOTOGRÁFICO TRABAJO DE CAMPO



ANEXO C. DESCRIPCION DE LOS PERFILES DEL SUELO –AREA DE ESTUDIO

Localización	Finca BESIDARIA –Vereda el Moral, Municipio de Palermo –Huila.	
Fecha	19-02-2020	
Taxonomía	Inceptisol (Typic Dystropepts)	
CALICATA	1 (Parte baja)	

PERFIL	NOMENCLATURA	PROFUNDIDAD (cm)	TEXTURA	COLOR	Θ (%)
	Ap	18	FA	10 YR 3/3	12.5
	B	42	FArA	10 YR 5/4	23.8
	C1	60	FAr(abundantes minerales en proceso de meteorización)	10 YR 5/8	26.9
	C2	79	ArL(minerales en proceso de meteorización)	10 YR 6/8	38.1
	C3	100	ArA	10 YR 6/8	26.5

T (°C)	CE (ds/m)	ESTRUCTURA	LUMINUSIDAD	Resistencia a penetración /profundidad
30.5	0.09	Bloques subangulares (débil)	Baja	3.7 lb-10 cm
30.7	0.013	Bsa (firme)	Baja	5.1 lb-3cm
30.8	0.036	Bsa (débil)	Baja	2.4 lb-8cm
30.7	0.102	Prisma (débil)	Baja	5.91 lb-7cm
30.5	0.061	Prisma (débil)	Baja	5.51 lb -3cm

Horizonte	Descripción
0 - 18 cm Ap	Consistencia ligeramente pegajosa, no plástica, abundantes raíces de tamaño grueso y mediano, abundantes organismos.
18 - 42 cm B	Consistencia ligeramente pegajosa, ligeramente plástica, raíces moderadas de tamaño mediano, organismos moderados.
42 - 60 cm C1	Consistencia pegajoso, moderadamente plástico, raíces escasas, organismos escasos,
60- 79cm C2	Consistencia muy pegajoso, muy plástico, raíces no hay, organismos no hay.
79 -100 cm C3	Consistencia muy pegajosa, muy plástica. , raíces no hay, organismos no hay.
DESCRIPCION GENREAL	<p>REGIMEN DE HUMEDAD: Se presenta régimen UDICO debido a que las condiciones del suelo en los primeros 50 cm permanecen secas menos de 90 días consecutivos.</p> <p>REGIMEN DE TEMPERATURA: Presenta régimen de temperatura mayor a 24 ° c considerándose un suelo ISOHIPERTERMICO.</p> <p>Se define este suelo como “TYPIC DYSTROPEPTS” por considerarse inceptisol (SB < 40%), UDICO de régimen de humedad y “trop” de la característica cóncava de depósito.</p>

Localización	Finca EL PORVENIR –Vereda el Moral, Municipio de Palermo –Huila.	
Fecha	19-02-2020	
Taxonomía	Alfisol (Typic hapludalf)	
CALICATA	2 (Parte Alta)	

PERFIL	NOMENCLATURA	PROF.	TEXTURA	COLOR	W (%)	T (°C)
	Ap	23 cm	FA	10 YR 4/3	7.2	24.6
	B1	43 cm	FArA	10 YR 3/2	14.0	25.3
	B2	72 cm	FL	10 YR 5/4 Moteos-10 YR 5/8 pardo amarillentos.	34.9	25.5
	C	106 cm	L	10 YR 7/8 Abundantes manchas de FeO2	42.6	25.6

NOMENCLATURA	CE (ds/m)	ESTRUCTURA	LUMINUSIDAD	Resistencia a penetración /profundidad
Ap	0.018	Bloq.sub angulares	baja	9.04 lb-6cm
B1	0.043	bsa	baja	10.42 lb-8 cm
B2	0.145	bsa	baja	8.14 lb-4 cm
C	0.214	prisma	baja	9.36 lb-14 cm

Horizonte	Descripción
0 - 23 cm Ap	Presenta características de suelo seco , no hay cascamos dominantes, consistencia no plástico no pegajoso , raíces medias a finas moderadas, organismos lombrices y hormigas
23 - 43 cm B1	Característica de suelo seco, consistencia moderadamente pegajosa, modernamente plástico, raíces pocas a medias, organismos escasos.
43 – 72 cm B2	Se presentan moderadas manchas de FeO ₂ ,con formación ligera de plintita , consistencia ligeramente pegajoso , ligeramente plástico, raíces escasas y finas ,organismos no hay
72–106 cm C	Características de suelo húmedo, se encuentran abundantes manchas de Feo ₂ , consistencia ligeramente pegajosa. No plástico, raíces no hay, organismos no hay.
Descripción general	No se observa presencia de nivel freático, suelo bien drenado hasta una profundidad de 72 cm. se mantienen las características físicas a una profundidad total de 148 cm (42 cm más que el perfil C) REGIMEN DE HUMEDAD: Se presenta régimen de humedad UDICO debido a que las condiciones en los primeros 50 cm de suelo permanecen secas menos de 90 días consecutivos Presenta régimen de temperatura mayor a 24 ° c considerándose un suelo ISOHIPERTERMICO. Se define este suelo como “TYPYC HAPLUDALF” por considerarse alfisol (SB > 35%), UDICO de régimen de humedad y HAPL del desarrollo mínimo de formación de alfisoles.

ANEXO D. RESULTADOS DE ANALISIS DE LAS PROPIEDADES PH, CIC Y TEXTURA.

Tabla 19. Resultados pH

Muestras	pH		pH (×)
1	4,99	4,93	4,96
2	6,01	5,96	5,99
4	5,31	5,35	5,33
5	6,64	6,59	6,62
7	4,14	4,14	4,14
8	4,66	4,66	4,66
9	5,54	5,43	5,49
10	6,44	6,56	6,50
11	4,71	4,51	4,61
12	5,44	5,33	5,39
13	5,85	5,89	5,87
14	5,26	5,25	5,26
15	5,33	5,37	5,35
16	5,59	5,68	5,64
17	5,60	5,51	5,56

Tabla 20. Resultados Textura

Muestras	Textura
1	Franco arcillo arenosa
2	Franco
4	Franco arcilloso
5	Franco arcillo arenosa
7	Franco arcilloso
8	franco arcilloso
9	franco
10	Franco arenoso
11	Franco arenoso
12	franco arcilloso arenoso
13	Franco arenoso
14	Franco arcilloso arenoso
15	Franco arcilloso arenoso
16	Franco arenoso
17	Franco arenoso

Tabla 21. Resultados Capacidad de Intercambio Catiónico

Muestra	CIC (cmol/kg)
1	14.32
4	10.76
7	11.11
9	5.28
12	18.28
14	6.37
17	9.61

ANEXO E. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE FERTILIDAD DEL IGAC

pH Agua 1:1		Rango Puntaje	< 4.5; > 8.5 1	4.6-5.0; 7.9-8.4 2	5.1-5.5; 7.4-7.8 3	5.6 - 6.0 4	6.1- 7.3 5
Saturación de Aluminio %		Rango Puntaje	> 60 1	60 – 30 2	29 – 15 3	14 - 5 4	< 5 5
Capacidad de Cambio me/100 g AcNH. en pH7		Rango Puntaje	< 5 1	5- 10 2	11 - 15 3	16 - 20 4	> 20 5
BASES	Porcentaje Saturación	Rango Puntaje	< 10 0.5	10-35 1.0	36-50 1.5	51-70 2.0	> 70 2.5
	Totales me/100g	Rango Puntaje	< 4 0.5	4-8 1.0	8.1-12 1.5	12.1-16 2.0	>16 2.5
% CARBÓN ORGÁNICO	Clima Frío	Rango Puntaje	< 1.3 1	1.4-2.6; >10 2	2.7-4.0;8.1-10 3	4.1-5.2;8.0-6.6 4	5.3-6.5 5
	Clima Medio	Rango Puntaje	< 0.5 1	0.6-1.7; >7.6 2	1.8-2.9;6.5-7.6 3	3.0-4.1;5.4-6.5 4	4.2-5.3 5
	Clima Cálido	Rango Puntaje	< 0.2 1	0.2-0.5 2	0.51-1.7 3	1.71-2.9 4	> 3.0 5
Fósforo ppm Bray II		Rango Puntaje	< 10 1	10-20 2	21-30 3	31-40 4	> 40 5
Potasio me/100g		Rango Puntaje	< 0.1 1	0.1-0.2 2	0.21-0.3 3	0.31-0.4 4	> 0.4 5
Sales y/o sodio				Calificación			
CE dS/m a 25°C	% Saturación de sodio	Clase	Puntaje Negativo		Valor	Apreciación	
			0 25 cm	25 – 50 cm			
2- 4	< 15	S1	0	0	> 8.4	Muy alta	
4-8	< 15	S2	1	0.6	8.4 – 6.8	Alta	
8-16	< 15	S3	2	1.4	6.7 – 5.2	Media	
> 16	< 15	S4	3	2	5.1 – 3.6	Baja	
< 4	> 15	Na	5	4	< 3.6	Muy baja	
4 – 8	> 15	S1 Na	4	3			
8-16	> 15	S2 Na	5	5			
> 16	> 15	S3 Na	5	5			

FT =	Fertilidad total
F1 =	Fertilidad 0 - 25 cm
F2 =	Fertilidad 25 – 50 cm
K =	0.285
X1 =	Salinidad y/o sodio 0 – 25 cm
X2 =	Salinidad y/o sodio 25 – 50 cm
1.	Fertilidad en suelos normales:
FT = (0.7 F ₁ + 0.3 F ₂) K	
2.	Fertilidad en suelos salinos y/o sódicos
FT = K [(0.7 (F ₁ - X ₁) + 0.3 (F ₂ - X ₂)]	