



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

# **LA ETNOEDAFOLOGÍA COMO HERRAMIENTA CONECTIVA ENTRE AGRICULTORES ECOLÓGICOS DE BUGA Y LA ACADEMIA**

**Juan Carlos Ortiz Rios**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Palmira, Colombia

2016



# **La Etnoedafología como Herramienta Conectiva entre Agricultores Ecológicos de Buga y la Academia**

**Juan Carlos Ortiz Rios**

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Magister en Ciencias Agrarias**

Directora:

Ph.D. Marina Sánchez de Prager

Línea de Investigación:

Suelos

Grupo de Investigación:

Grupo de Investigación en Agroecología Universidad Nacional –GIAUN-

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Palmira, Colombia

2016



*Dedicatoria*

*A mis padres Juan de la Cruz Ortiz y Margarita Celia Rios,*

*Por su apoyo incondicional y por sus consejos*

*Gracias por hacerme la persona que soy*

*A mi hermana Amanda*

A Karen, por su compañía, ánimo y apoyo



## **Agradecimientos**

A los agricultores, Juan de Dios Sánchez, Horacio Espinosa, Cenaida Muñoz, Humberto Marulanda, Argenis Loaiza, Mario Pineda, Adíela Castro, Alex Orozco, Gustavo Suarez y Manuel Alejandro Suarez por permitir esta investigación, acogerla y desarrollarla, por sus conocimientos, acceso a las fincas y la hospitalidad brindada.

A Marina Sánchez de Prager, mi directora de Tesis, por su guía, acompañamiento, confianza, consejos y motivación en este proceso de aprendizaje y por ser un ejemplo como persona y profesional.

Al Grupo de Investigación en Agroecología por el acompañamiento en cada uno de los procesos de esta investigación, en especial a María Guetocue, Jorge Alberto Vélez, Juliana Sabogal, Leidy Rojas y Diego Iván Ángel.

A los profesores de la Universidad Nacional que de una u otra manera aportaron en el proceso de formación e hicieron aportes a esta investigación, Eyder Daniel Gómez, Nancy Barrera, Elena Vásquez, Luis Miguel Ramírez Nader, Edgar Madero, Harold Tafur, Juan Carlos Menjivar.

A Fabián Rivas por su apoyo y acompañamiento en las intensas caminatas durante las etapas de caracterización y muestreo.

A la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, por ser un centro de crecimiento personal y profesional, una casa de la cual sentirse orgulloso. A la Dirección de Investigación de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira (DIPAL), por la financiación del proyecto de investigación.

A Miguel Beltran y Andrea del Laboratorio de Física de Suelos de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, que tuvieron siempre la disposición de colaborar y apoyar las actividades de la investigación.

Al Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), específicamente a María del Pilar Hurtado por su apoyo constante en el transcurso del proyecto.

A Faisury Cardona colega, compañera y amiga por su colaboración constante.

A mi familia, amigos y todas aquellas personas que estuvieron presentes en este proceso brindando su apoyo incondicional y desinteresado.

## Resumen

Se caracterizó el conocimiento local sobre la calidad del suelo de un grupo de agricultores ecológicos, habitantes de la zona rural del municipio de Buga, veredas El Diamante, San Antonio y Miraflores, en donde se estableció que tienen referentes para diferenciar tipos de suelos, como color, textura, productividad y fertilidad, además los utilizan junto con las condiciones orográficas, para estimar la calidad de los mismos, y de lo cual surgen principalmente tres categorías, suelos de buena, regular y mala calidad; para establecer si las tres categorías de calidad de suelos tienen correspondencia con una caracterización de suelos, se evaluó, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, bases intercambiables, azufre y microelementos, a las que se realizó un análisis multivariado de componentes principales y un análisis clúster, para identificar las relaciones entre variables, y la forma de agrupar los suelos con respecto a esas relaciones. De este análisis se obtuvo que la percepción de los agricultores se relaciona en un 72.73%, con la caracterización y posterior análisis estadístico; además se obtuvo que los agricultores acertadamente identifican suelos de mala calidad, y tienen un rango de impresión medio para identificar suelos de regular y buena calidad; sin embargo muchos de los referentes utilizados e importantes para los agricultores para catalogar un tipo de suelo, no fueron determinados en esta investigación, por lo que las limitaciones al momento de identificar suelos de buena y regular calidad, de acuerdo con el análisis estadístico, pueden ser replanteadas al evaluar variables como macrofauna, mesofauna, plagas, enfermedades y microorganismos asociados a las plantas.

**Palabras clave:** Calidad del Suelo, Clasificación Local de Suelos, Conocimiento Local de Suelos, Referentes de Diferenciación y Calidad del Suelo.

## Abstract

Local knowledge on soil quality, or Ethnopedology, of a group of ecological farmers was characterized, residents of the rural area of the municipality of Buga, villages of El Diamante, San Antonio and Miraflores, where it was established that have referents to differentiate types of features soils, such as color, texture, productivity and fertility also use them together with the mountainous terrain, to estimate the quality of them, and which arise mainly three categories, flooring good, fair and poor quality; to establish whether the three categories of soil quality have correspondence with soil characterization was evaluated, organic matter, nitrogen, phosphorus, exchangeable bases, sulfur and microelements, which multivariate principal component analysis was performed to identify relationships between variables, and how to group the soils with respect to these relations. This analysis was obtained that the perception of farmers is related in a 72.73%, with the characterization and subsequent statistical analysis; also it obtained that farmers correctly identify poor quality soils, and have a print range to identify regular and good soil quality; however many of the references used and important for farmers when cataloging a soil type, were not evaluated, so the limitations when identifying floors fair and poor quality, according to the statistical analysis, can be rethought in evaluating variables such as macro and mesofauna, pests and diseases and microorganisms associated with plants.

**Keywords: Differentiation referents and Soil Quality, Local Knowledge of Soil, Local Soil Classification, Soil Quality.**

# Contenido

	Pág.
<b>Resumen</b> .....	<b>IX</b>
<b>Lista de figuras</b> .....	<b>XIII</b>
<b>Lista de tablas</b> .....	<b>XIV</b>
<b>Lista de Símbolos y abreviaturas</b> .....	<b>XV</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>Hipótesis</b> .....	<b>5</b>
<b>1. Marco Contextual</b> .....	<b>7</b>
1.1 Enfoques Metodológicos y Conceptuales .....	7
1.2 Comparaciones entre las Clasificaciones Científicas y Locales del Suelo.....	10
1.3 Referentes Usados en la Clasificación Local .....	13
1.4 Estudios de caso en Clasificación Local de Suelos.....	15
1.5 Sistemas de Información Geográfica de Carácter Participativo (SIG'S Participativos).....	17
<b>2. Objetivo General</b> .....	<b>19</b>
2.1 Objetivos Específicos.....	19
<b>3. Materiales y Métodos</b> .....	<b>21</b>
3.1 Localización .....	21
3.2 Socialización del Proyecto .....	23
3.3 Investigación Acción Participativa (IAP) .....	23
3.3.1 Recorridos y Entrevistas Iniciales.....	24
3.3.2 Caracterización Inicial de las Fincas .....	24
3.3.3 Cartografía Social .....	25
3.4 Muestreo de Suelos Incluidos en la Investigación.....	25
3.5 Evaluación de Variables en Laboratorio.....	25
3.6 Análisis Estadístico de la Información Obtenida.....	26
<b>4. Resultados y Análisis</b> .....	<b>29</b>
4.1 Caracterización General de las Unidades Productivas.....	29
4.1.1 Prácticas de Manejo.....	30
4.2 Referentes de Identificación y Calidad de Suelos .....	32
4.3 Cartografía Social.....	34
4.4 Clasificación de Suelos Establecida por Agricultores Ecológicos de Buga.....	40

---

4.4.1	Tierra de Buena Calidad .....	40
4.4.2	Tierra de Regular Calidad .....	46
4.4.3	Tierra de Mala Calidad.....	49
4.5	Caracterización de Suelos Desde los Parámetros Científicos .....	53
4.5.1	Tierra de Buena Calidad .....	53
4.5.2	Tierra de Regular Calidad .....	54
4.5.3	Tierra de Mala Calidad.....	56
4.6	Análisis Estadísticos de Variables Estudiadas.....	57
4.6.1	Variables Físicas .....	58
4.6.2	Variables Químicas.....	62
4.7	Análisis de Componentes Principales (ACP) .....	73
4.7.1	Matriz de Correlaciones .....	73
4.7.2	Componentes Principales .....	75
4.7.3	Análisis Clúster .....	77
<b>5.</b>	<b>Elementos de Discusión.....</b>	<b>83</b>
<b>6.</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>87</b>
<b>7.</b>	<b>Recomendaciones .....</b>	<b>89</b>
<b>A.</b>	<b>Anexo: Análisis Estadístico .....</b>	<b>91</b>
<b>B.</b>	<b>Anexo: Mapas.....</b>	<b>107</b>
	<b>Bibliografía .....</b>	<b>113</b>

## Lista de figuras

	Pág.
<b>Figura 2-1:</b> Localización de las fincas participantes de la investigación en la cuenca del río Guadalajara [10, 7]. .....	22
<b>Figura 4-1:</b> Finca La Merced, realizado por Juna de Dios Sánchez y Horacio Espinosa (18 de marzo de 2015). .....	35
<b>Figura 4-2:</b> Finca Villa Camila, realizado por Cenaida Muñoz Muñoz y Humberto Marulanda Vera (19 de enero de 2015); El Diamante, realizado por Adíela Castro y Alex Orozco (16 de enero de 2015); La Piragura, realizado por Argenis Loaiza y Mario Pineda (19 de enero de 2015). .....	37
<b>Figura 4-3:</b> Finca El Porvenir, realizado por Gustavo Suarez y Manuel Alejandro Suarez (19 de febrero de 2015); La Camelia, realizado por Frederman Granobles (19 de marzo de 2015). .....	39
<b>Figura 4-4:</b> Agroecosistema en cada tipo de suelo: a) Tierra Negra. b) tierra Vagón. c) Tierra Suelta. d) Tierra Arcillosa. e) Tierra Terraza. f) Tierra Bosque. g) Tierra Reseca. h) Tierra Barrosa. i) Tierra Pedregosa. j) Tierra Amarilla. k) Tierra Filo. ....	45
<b>Figura 4-5:</b> Da, Humedad, DMP, AF y AE. ....	60
<b>Figura 4-6:</b> Propiedades químicas, pH, MO, macroelementos y CIC. ....	67
<b>Figura 4-7:</b> Al, Na, S y microelementos. ....	71
<b>Figura 4-8:</b> Conformación de categorías de calidad de suelos, basados en un análisis jerárquico de variables cuantitativas. ....	82

## Lista de tablas

	Pág.
<b>Tabla 1-1:</b> Percepción del suelo en culturas indígenas de México. ....	17
<b>Tabla 2-1:</b> Resumen de evaluación de variables en laboratorio. ....	26
<b>Tabla 4-1:</b> Área y actividades agropecuarias por unidad productiva. ....	29
<b>Tabla 4-2:</b> Prácticas de manejo y abonos orgánicos producidos.....	31
<b>Tabla 4-3:</b> Referentes de diferenciación y calidad de suelos mencionados por agricultores ecológicos de Buga. ....	33
<b>Tabla 4-4:</b> Uso establecido por los agricultores en cada tipo de suelo. ....	43
<b>Tabla 4-5:</b> Clasificación de suelos establecida por los agricultores ecológicos de Buga. 46	46
<b>Tabla 4-6:</b> Correspondencia entre clasificación cultural y conocimiento académico....	52
<b>Tabla 4-7:</b> Análisis de los suelos denominados como de “buena calidad”.....	54
<b>Tabla 4-8:</b> Análisis de los suelos denominados como de “regular calidad”. ....	55
<b>Tabla 4-9:</b> Análisis de los suelos denominados como de “mala calidad”.....	56
<b>Tabla 4-10:</b> Composición textural de los tipos de suelo.....	58
<b>Tabla 4-11:</b> Análisis del color del suelo. ....	59
<b>Tabla 4-12:</b> Características de estabilidad de acuerdo con el DMP.....	61
<b>Tabla 4-13:</b> Relaciones entre las bases intercambiables del suelo.....	66
<b>Tabla 4-14:</b> Relación del AI con bases intercambiables del suelo y su porcentaje de saturación. 69	69
<b>Tabla 4-15:</b> Valores propios que explican la variabilidad de los tipos de suelo.....	76
<b>Tabla 4-16:</b> Correlación variable-factor sobre los cinco primeros componentes. ....	76
<b>Tabla 4-17:</b> Matriz de correlaciones. ....	76
<b>Tabla 4-18:</b> Diferencias entre la percepción de los agricultores y el análisis cluster..	79

# Lista de Símbolos y abreviaturas

## Abreviaturas

Abreviatura	Término
MO	Materia Orgánica
K-C-P	Kosmos-Corpus-Praxis
CUT	Capacidad de Uso de las Tierras
PIAL	Proyecto de Innovación Agrícola Local
pH	Potencial de Hidrórgeno
REDMAC	Red de Mercados Agroecológicos del Valle del Cauca
MERCOBUGA	Mercado Agroecológico de Buga
CVC	Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
POMCH	Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica
IAP	Investigación Acción Participativa
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
ACP	Análisis de Componentes Principales
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
IMCA	Instituto Mayor Campesino
CIC	Capacidad de Intercambio Catiónico
CICe	Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva
Da	Densidad Aparente
RRTHs	Color en Seco
RRTHh	Color en Húmedo
DMP	Diámetro Medio Ponderado
mg	Miligramo
Kg	Kilogramo
cmol	Centimol
%	Porcentaje
g	Gramos
cm <sup>3</sup>	Centímetros Cúbicos
mm	Milímetros
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
Ca/Mg	Relación Calcio-Magnesio
Mg/K	Relación Magnesio-Potasio
Ca/K	Relación Calcio-Potasio
Ca+Mg/K	Relación Calcio+Magnesio/Potasio
Ca+Mg+K/Al	Relación Calcio+Magnesio+Potasio/Aluminio
% Sat Al	Porcentaje de Saturación de Aluminio

## Símbolos

<b>Símbolo</b>	<b>Término</b>	<b>Unidad SI</b>
N	Nitrógeno	%
P	Fósforo	mg/Kg
Ca	Calcio	cmo/Kg
Mg	Magnesio	cmo/Kg
K	Potasio	cmo/Kg
Na	Sodio	cmo/Kg
Al	Aluminio	cmo/Kg
S	Azufre	mg/Kg
B	Boro	mg/Kg
Cu	Cobre	mg/Kg
Zn	Zinc	mg/Kg
Mn	Manganeso	mg/Kg
Fe	Hierro	mg/Kg

# Introducción

En Colombia el conocimiento de los suelos, generalmente se ha manejado desde el punto de vista científico, valorándolo mediante evaluaciones de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, abarcando los problemas encontrados desde esta perspectiva (Cerón, 2001), sin resolver el trasfondo real de las problemáticas rurales, excluyendo a los campesinos, que poseen experiencia, saberes culturales y ancestrales, además de tener parámetros para identificar la calidad de los suelos que diariamente trabajan.

La calidad del suelo, según La Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo (SSSA), se define como, “La habilidad que tiene un tipo específico de suelo para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o intervenido, sostener la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del aire y el agua, y preservar la salud humana y el hábitat” (Harris, 2003).

Se ha ignorado, desprestigiado y socavado sistemáticamente todos los procesos cognitivos con raíces tradicionales y ancestrales, acciones implementadas no solo en el ámbito rural, muy bien expresada en “ La Memoria Biocultural” de Toledo & Barrera-Bassols (2008), en la que señalan que, con la llegada de la era moderna y la rapidez con la que se generan gran cantidad de avances tecnológicos, la sociedad se ha transformado y ha perdido su conciencia colectiva, sobreponiendo la obtención de bienes materiales sobre las culturas en las que ha estado inmersa, y de las que se aparta por temor de ser tildada de primitiva, emergiendo una nueva sociedad en la que se han perdido los guardianes de las cosmovisiones de los saberes ancestrales, pasando a ser sólo un pasatiempo para turistas y un bien con el que comerciar. Esta percepción de un mundo sin la diversidad como una de las características más sobresalientes de la naturaleza, en la que se presupone un mundo autosuficiente, puede volverse fácilmente en contra, situándolo en una posición en la que la sostenibilidad se vea comprometida.

En las últimas décadas se ha vislumbrado la necesidad de mantener una relación amigable entre la sociedad y el ambiente, con el fin de asegurar el porvenir de nuestro planeta, mitigar el deterioro ambiental, promover un desarrollo rural sustentable con base en una mayor participación social.

De aquí que, sea relevante abordar las políticas rurales desde la comunicación intercultural en la que se incluya a las comunidades rurales, ancestrales, campesinas y afrodescendientes, para avanzar hacia una sociedad completamente sostenible e inclusiva, entendiendo que el conocimiento, no sólo se obtiene en las academias, también se encuentra en los procesos cognitivos de las comunidades dedicadas a la producción agrícola, entre otras, transmitidos de generación en generación, de manera oral, y que “se expresan en el éxito de las prácticas que permiten tanto al productor individual como a su colectividad cultural, sobrevivir a lo largo del tiempo” (Toledo & Barrera-Bassols, 2008).

En este sentido, investigaciones preliminares han fraguado diferentes denominaciones para definir la relación de los productores agrícolas con los suelos, algunas de ellas son, etnoedafología, conocimiento indígena tradicional o local de suelos y/o clasificación local de suelos, etnopedología, entre otras (Toledo & Barrera-Bassols, 2008; Cerón, 2001).

La aproximación al conocimiento de las comunidades rurales, en general, y de manera particular, al conocimiento de los campesinos del suelo, o etnoedafología, es importante cuando se espera entender la manera en que perciben el suelo, su forma de uso y las interacciones que se generan con el medio ambiente. Siendo de utilidad para establecer sistemas productivos que procuren la conservación de los recursos naturales. El estudio del conocimiento campesino puede ser el origen que permita idear técnicas de producción sustentable, debido a que “la sustentabilidad no es posible sin preservar la diversidad cultural que nutre a las agriculturas locales” (Altieri, 1999).

También, se ha corroborado la sinergia que se genera en torno a las investigaciones de clasificaciones locales de suelos, en la que agricultores, investigadores, extensionistas logran entender que de las investigaciones participativas se obtienen resultados más eficientes, evitando sobrecostos y retrasos comparados con los estudios convencionales (Cerón, 2001).

De allí la necesidad de propiciar las investigaciones en torno al diálogo de saberes y la integración entre profesionales del agro y los agricultores alrededor del conocimiento cultural del suelo y sus formas de evaluarlo, con el fin de preservarlo, generando así, conocimiento que permita dar soluciones más acordes a las problemáticas y verdaderas necesidades rurales, en las que se abarquen el desarrollo sustentable, la soberanía y dignidad alimentaria como eje principal.

Este tipo de trabajos en las comunidades campesinas del Valle del Cauca, pueden propiciar la comprensión de la cultura con respecto al conocimiento y uso del suelo, información que puede constituir insumo para la comunidad donde se trabaje y para la academia.

Esta investigación tiene como finalidad contribuir en la generación de información base para el estudio de los conocimientos locales entorno al suelo de los campesinos del Valle del Cauca, y el uso de metodologías establecidas previamente por diferentes investigadores para corroborar el nivel de correspondencia entre este conocimiento de los agroecosistemas, expresado como una clasificación local de suelos, con la caracterización de suelos realizada mediante herramientas de uso científico, información clave para la generación de mapas de vocación del suelo para la agricultura familiar ecológica de la zona de ladera del departamento del Valle del Cauca.



## **Hipótesis**

La diferenciación de tierras realizada por los agricultores pertenecientes al mercado agroecológico de Buga con base en su experiencia y conocimiento cultural, guarda estrecha relación con la caracterización de suelos realizada mediante herramientas de uso científico.



# 1.Marco Contextual

## 1.1 Enfoques Metodológicos y Conceptuales

Antes de abordar los estudios enfocados hacia las clasificaciones locales de suelos, es necesario entender el concepto y como los agricultores generan el saber necesario sobre el propio territorio.

Si bien estas investigaciones enfocadas en las clasificaciones locales, pueden tener distintas orientaciones, biológicas, vegetales, animales, de suelos, de relieve, etc., en general están diseñadas metodológicamente para acercar la ciencia y a la academia con las prácticas y vivencias cotidianas de las comunidades, pueblos y/o culturas tradicionales, que se desarrollan en el entorno en el que están inmersas, la forma en que se adaptaron para obtener beneficios de los recursos naturales, el saber alrededor de estas adaptaciones y su articulación con las creencias propias de cada comunidad (Toledo & Alarcón, 2012).

A partir del estudio de los distintos enfoques investigativos de las etnociencias se planteó una disciplina que los englobara a todos, desde la forma metodológica de caracterización de los saberes locales; la etnoecología, surgió como la ciencia que, si bien puede no explicar todas las formas de conocimiento local, busca investigar el complejo “Kosmos-Corpus-Praxis”, como una metodología que permite entender la generación, de los saberes ancestrales y culturales; de esta metodología investigativa se ha comprendido que las creencias del productor agrícola, “Kosmos”, le permiten hacerse una idea del entorno que lo rodea (agroecosistema), al cual está habituado a observar, y por lo que al mismo tiempo, aprende y analiza, “Corpus”, para el que finalmente y paralelamente decide el uso de diferentes actividades al ordenar ideas y análisis específicos, propios de cada situación a la que se enfrente, “Praxis”; es de esta manera como es entendida la apropiación del agroecosistema por parte de los agricultores (Toledo & Barrera-Bassols, 2008).

“El complejo Kosmos-Corpus-Praxis” esta encadenado al tiempo de permanencia activo de un agricultor en la comunidad, es por esta razón que el conocimiento debe ser compartido con la siguiente generación, y que, de observaciones que estas nuevas generaciones realicen, se refinen las prácticas y el conocimiento detrás de ellas; en comunidades agrícolas donde los nexos con sus ancestros y con su cultura, están especialmente arraigados se puede encontrar una mayor cantidad de conocimiento contenido, debido a que se ha generado una conciencia colectiva, que les permite recordar mayor cantidad de eventos, que estarán ligados a las prácticas de permanencia que empleen (Toledo & Barrera-Bassols, 2008).

Para las comunidades agrícolas con arraigo hacia las prácticas tradicionales, ancestrales y/o ecológicas, el suelo es explorado bajo algunas premisas (1) entornos de variados significados, (2) bienes naturales de múltiples beneficios, (3) elementos de alto valor y significado. Donde el trinomio creencias (Kosmos)- aprendizaje-análisis (Corpus)- practicas (Praxis), se articula para converger en los conocimientos y sabidurías locales sobre el suelo. La interacción entre los tres elementos (K-C-P), deriva en la asociación de características de índole sagrado, conocimiento, experiencias, vivencias, valores, materia y entendimiento, que desde el aspecto práctico, se manifiesta al contrarrestar y disminuir la probabilidad de riesgo de las comunidades campesinas, asegura la soberanía alimentaria, aumenta la sostenibilidad de los agroecosistemas, minimiza la dependencia de insumos externos, produce el uso máximo de los servicios ecosistémicos, biodiversidad, suelo, ciclaje de nutrientes y sustenta la pervivencia bajo la incertidumbre económica (Barrera-Bassols & Zinck, 2003).

De manera particular, las clasificaciones locales de suelos, se enmarcan en estudios denominados de diversas maneras, entre los que se encuentran, la etnoedafología, pero se encuentran también términos como etnopedología, entre otros.

Existen numerosas definiciones de lo que es la etnoedafología, con las que pueden relacionarse numerosos estudios etnocientíficos de diversas áreas (Alves, et al., 2005), son de resaltar algunas de estas definiciones, en donde varios autores la denominan como etnopedología o conocimiento local de suelos, y la describen como:

Es el conocimiento de las personas que han habitado durante un periodo de tiempo un territorio en particular, sobre las propiedades y el manejo del suelo (WinklerPrins, 1999). El conocimiento local del suelos es la sinergia entre conocimiento y práctica, muy difíciles de desligar (Winklerprins & Barrera-Bassols, 2004).

Otra de ellas, menciona que el objetivo de la etnoedafología, es el documentar y comprender el sentido de las percepciones locales sobre el suelo, clasificaciones, usos y manejos (Barrera-Bassols & Zinck, 2003).

Una disciplina híbrida, enmarcada dentro de la unión de varias ciencias naturales y sociales, tales como la ciencia del suelo, el levantamiento geopedológico, antropología social, geografía rural, agronomía y agroecología. La etnoedafología, comprende todos los sistemas de conocimiento locales de suelo y de tierras ideados por las comunidades rurales, desde los más tradicionales hasta los más modernos, y estudia, como en el proceso de gestión de los recursos naturales, desde la premisa de que se efectúa bajo una lógica económica y ecológica, el suelo posee un papel preponderante (Toledo, 2000).

Definiciones más recientes la califican como clasificación local de suelos o etnoedafología, y la describen como la ciencia que se encarga de estudiar las relaciones de las comunidades agrícolas con los suelos de sus territorios y como estas lo interpretan; es decir estudia los conocimientos locales de los suelos, no solo como medio biofísico para la agricultura, sino también su importancia en la construcción de viviendas, la alfarería, suelos de uso medicinal, la cosmovisión que existe alrededor de él, la relación con el entorno, relieve, vegetación, acceso a fuentes hídricas, entre otras (Toledo & Barrera-Bassols, 2008).

Para algunos investigadores la importancia en los estudios de etnoedafología radica en que el conocimiento de los suelos de diferentes comunidades rurales, indígenas, afrodescendientes, campesinos, posee una función esencial en la toma de decisiones humanas sobre la producción y, consecuentemente, en la "Praxis". El conocimiento del suelo, en conjunto con el del relieve y/o topografía, y especies vegetales, es dinamizado por el agricultor para establecer e identificar unidades ambientales, las cuales emplean como "unidades de manejo" en la toma de decisiones sobre las actividades agrícolas que

realizan, la selección de especies o variedades de cultivares, épocas de siembra, momento de cosecha, colecta o extracción de productos, etc (Toledo, 2000).

Siendo el centro de este tipo de investigaciones, el análisis del sistema “Kosmos-Corpus-Praxis”, en torno al suelo, que es un principio de la etnoedafología (etnopedología), calificada como ciencia, con un enfoque metodológico, y que su estudio permite aplicarla a la planificación socio-espacial participativa (Ribeiro, 2009).

Por lo que la etnoedafología no solo permite validar la correlación del conocimiento local de los agricultores alrededor del suelo, pretende también, contribuir al proceso de planificación del territorio, posibilitando la comprensión de las interacciones humano-ambientales, a través de la identificación de aspectos destacables de la dinámica ecológica de la zona, diseño de la calidad de los suelos con sus limitaciones, potencialidades y posibilidades de uso, así como la integración con otros recursos naturales. Es decir, la etnoedafología, puede establecerse como un requerimiento necesario en procesos de estructuración de comunidades rurales sostenibles (Ribeiro, 2009).

## **1.2 Comparaciones entre las Clasificaciones Científicas y Locales del Suelo**

Las primeras investigaciones realizadas sobre las características, prácticas y potencialidades del suelo, fueron realizadas bajo un enfoque conocimiento-empírico de carácter local, debido a la relación íntima de los campesinos con su entorno, de donde posteriormente derivó la investigación agrícola clásica, con la cual la experimentación de las comunidades rurales pudo beneficiarse muy poco, y fue a partir de que la investigación pasó de laboratorios, y todos los estamentos meramente académicos al campo, donde se le dieron mayores aportes; pero ha sido en las últimas etapas, a partir de la aplicación de la investigación participativa, donde ha sido más útil tanto para investigadores, como para los campesinos (Vázquez, 2008).

En estas últimas etapas de investigación participativa, los diálogos han sido de manera horizontal, cada grupo se escucha y provee información valiosa para la ciencia, donde el conocimiento local no se ve aislado y soslayado, sino que se construye a través de la

interacción, ya no solo entre los pobladores de la región, sino también con los visitantes, como los investigadores (Oudewater & Martin, 2003).

La etnoedafología, más allá de reconocer la vasta base cultural y conocimiento de los suelos de las comunidades rurales, indígenas, campesinas, afrodescendientes, también ejerce como plataforma científica para el registro de diferentes grupos de escalas espaciales y temporales del uso de los suelos, vinculados a la pervivencia cultural y la protección de los derechos campesinos. Por lo que etnoedafología, no es solo correlación del conocimiento local con el conocimiento científico, incluye además, posiciones políticas, sociales y habilidades de las comunidades rurales (Oudewater & Martin, 2003).

La experiencia demuestra que las investigaciones etnoedafológicas, son una herramienta importante, pues permite el intercambio de saberes de agricultores e investigadores, y viceversa, favoreciendo la sinergia de conocimientos (Ortiz-Solorio & Gutiérrez, 2001a). Igualmente, la participación de los agricultores es importante en cualquier proceso que termine por afectarlos, desde las investigaciones, toma de decisiones, selección de prácticas de manejo sostenibles, entre otras, pues de esta manera se evita que las conclusiones y/o disposiciones, terminen por ser desconocidas y/o poco acogidas (Andrews & Carroll, 2001), de manera que la sinergia sea más allá de los conocimientos, también de evaluaciones, soluciones, y sobre todo de la manera como se piensan los territorios.

Esta importante cualidad emergente, ha favorecido la creación de diferentes enfoques sobre la investigación etnoedafológica, entre los que se encuentran aquellos a los que les interesa encontrar las similitudes y posibles cooperaciones entre los saberes tradicionales de comunidades agrícolas, llámense indígenas o campesinas, y el conocimiento científico, comparando la clasificación local de suelos con la taxonomía de la ciencia del suelo y evaluándolas con algunas variables en laboratorio. Pues bien, estas investigaciones han revelado la capacidad de ambos conocimientos de complementarse para dar solución a las problemáticas causadas por manejos inadecuados del suelo, y la facilidad para plantear estrategias de conservación conjunta (Ericksen, & Ardon, 2003).

Mientras que otras investigaciones apuntan a desvirtuar la complementariedad de las clasificaciones locales y la de la ciencia del suelo, sugiriendo que las clasificaciones de

suelos ofrecidas por diferentes comunidades agrícolas, no deberían ser usadas por la ciencia, debido a que miembros de una misma comunidad pero que habitan diferentes localidades usan distintas denominaciones para un mismo tipo de suelo, lo que Toledo & Barrera-Bassols (2008), le atribuyen a metodologías de investigación inadecuadas; porque según presentan, en investigaciones etnoedafológicas realizadas en México, con comunidades indígenas como la Maya, Nahua, Otomí y Purhepecha, que habitan áreas extensas, demuestran un conocimiento a nivel regional sobre el suelo, al identificarlo y clasificarlo en clases de suelos con una gran homogeneidad, siendo factible la denominación de “cultura popular, regional del suelo”.

Igualmente Cerón (2001), se refiere a los diversos resultados que se han obtenido al evaluar la correspondencia entre el conocimiento local con evaluaciones de variables en laboratorio, en las que se encuentran complementariedades y similitudes, como también diferencias, sin embargo, aclara que muchas de las diferenciaciones que hacen los agricultores tienen una alta relación conceptual y probables desde el punto de vista estadístico con las clasificaciones científicas.

Suliman (2013), en zonas de agricultura familiar de base ecológica, en la región Sur de Rio Grande do Sul, Brasil, comparo el sistema de clasificación de Capacidad del Uso de Tierras (CUT), propuesto por los investigadores Klingebiel, & Montgomery (1961), con criterios usados por los agricultores para definir el uso de la tierra. La investigación permitió establecer que el uso dado por los agricultores y el preconcebido por la base teórica del CUT, coinciden en parte, la utilización del sistema contempla, en algún grado, el uso dado a la tierra por los agricultores. Sin embargo, existen contradicciones, relacionadas con la sobreexplotación observada en determinados sistemas de producción, donde algunos cultivos, independientemente de las potencialidades del suelo, son ubicados cerca de reservorios de agua, debido a la alta dependencia de esta, como es el caso de las Oleracea; por otra parte se encuentra los criterios de adaptación de las plantas cultivadas y espontaneas, la cercanía del cultivo a la casa, que no toma en cuenta criterios inherentes al suelo, y que son utilizados frecuentemente por los propios agricultores, de donde se infiere que, la inclusión de estos criterios de temática más socio-cultural, podría tornar los procesos de investigación y evaluación más adecuados a las realidades de las comunidades.

### 1.3 Referentes Usados en la Clasificación Local

Comenzar a comprender la forma como se genera el conocimiento sobre las clases de suelos por parte de los agricultores, es importante en la búsqueda de la utilidad del conocimiento tradicional, en el acercamiento campo-academia, buscando recoger y adoptar prácticas que hacen los agricultores y han demostrado su validez en la sostenibilidad de los agroecosistemas.

Los referentes que utilizan los agricultores a menudo son relativamente fáciles y prácticos de usar, además de ser parcialmente acertados y fáciles de interpretar, bastante sensibles, que permitan reflejar cambios ambientales e impactos de las prácticas de manejo utilizadas, que constituyan tanto propiedades físicas y químicas como biológicas del suelo, que puedan relacionarlas con procesos de los agroecosistemas (Altieri, 1994).

La sostenibilidad debe estar definida sobre un grupo de características ecológicas que puedan ser medidas para cualquier agroecosistema, independiente de los diversos manejos, nivel económico, orografía, entre otras; principalmente para que las evaluaciones puedan ser comparables, y así facilitar la evaluación del agroecosistema en el tiempo, o establecer comparaciones entre agroecosistemas con diferentes manejos o estadios de transición. Lo importante, es que al final de la evaluación, los agricultores puedan establecer el estado de su finca, con base en un umbral preestablecido, y así puedan entender fácilmente porque algunos agroecosistemas tienen superiores niveles ecológicos, y/o que acciones deben adoptar para mejorar en los indicadores en los que se obtuvieron menores valores (Altieri & Nicholls, 2002).

Toledo & Barrera-Bassols (2008), mencionan que en sus investigaciones, han encontrado que existen al menos 4 criterios fundamentales que las comunidades agrícolas usan para la clasificación de suelos: color (100%) y textura (98%); consistencia (56%) y humedad del suelo (55%); materia orgánica, piedra pequeña, topografía, uso de la tierra y drenaje (entre 34 y 48%) y fertilidad, productividad, facilidad de laboreo, estructura, profundidad y temperatura del suelo (entre 2 y 26%). Según estos autores, los atributos morfológicos son los más utilizados para clasificar los suelos, entre los que el color y la textura son los de mayor porcentaje.

Generalmente, los agricultores, identifican la calidad de los suelos a partir de las observaciones de la capa superficial, en pocas ocasiones tienen en cuenta capas más profundas, pero se ha establecido que si pueden reconocer rocas y materiales geológicos encontrados en los suelos. De acuerdo con una investigación realizada en Honduras, los campesinos, describen los suelos de acuerdo con su potencial para la agricultura, mencionando características como textura, materiales geológicos, pendiente y horizonte superficial (Ericksen, P. y Ardon, M., 2003).

En Cuba, profesores y técnicos de la Universidad de Las Tunas, en marco del Proyecto de Innovación Agrícola Local (PIAL), se vincularon a tres municipios de la región, con el objetivo de acercarse a los problemas más importantes de los campesinos, bajo un enfoque participativo, para la gestión del conocimiento del suelo. Del que obtuvieron, que los indicadores considerados prioritarios por los campesinos de la región, como fertilidad (1), drenaje (2) y consistencia (3), coincidían con las limitaciones más importantes en los suelos cultivados de acuerdo con los indicadores científicos. Al evaluar MO, densidad, pH y profundidad, demostraron que las prácticas de manejo utilizadas por los campesinos durante un largo periodo, provocaron alteraciones en la salud de los suelos (Leyva, R., et al., 2010).

Criterios reafirmados por otras investigaciones, como la realizada por Suliman, S. (2013), en el estado Rio Grande del Sur, Brasil, en áreas de agricultura familiar con base ecológica, en donde encontró que entre los criterios utilizados por los agricultores para definir el uso de las tierras están: profundidad del suelo, textura, presencia de piedras, compactación, materia orgánica, fertilidad, permeabilidad, pendiente, cobertura del suelo, altura del nivel freático, criterios relacionados con algunas otras investigaciones, también encontró otros tales como: heladas, vientos fríos, seco, riesgo de inundación, adaptación de las plantas cultivadas y espontáneas, y distancia de la casa a los cultivos.

Ortiz-Solorio & Gutiérrez (1999) demostraron para diferentes etnias, que el nombre de la clase de tierra es la etiqueta con la cual se indica la característica o propiedad que la identifica, pero que su significado, “es mucho más amplio y está relacionado con diferentes atributos como: textura, consistencia, retención de humedad, laboreo, fertilidad y salinidad, entre otras”.

Cerón (2001), a partir de sus investigaciones, estableció que la diferenciación que hacen algunos agricultores de la cuenca Potrerillo, en el departamento del Cauca (Colombia), se estructura a partir de referentes asociados al relieve y características del suelo como horizonte superficial, color, estructura, textura y humedad; estos referentes en conjunto y debido a la cosmovisión con la que perciben sus tierras, la vegetación circundante y algunas clases de invertebrados que puedan encontrar, les ayudan a identificar categorías culturales como “tierra buena, brava, cansada y mala”. Igualmente, encontró que los agricultores en la zona estudiada, tienen como criterio para las “tierras buenas” las que por poseer un buen horizonte orgánico y la ubicación en el relieve, requieren de menor o ninguna aplicación de insumos externos; y en contra vía relacionan las “tierras de menor calidad” con el deterioro del horizonte orgánico, y por lo cual acuden a la aplicación de insumos externos o dejando el terreno en sucesión natural.

En trabajos realizados por varios investigadores mexicanos, se han encontrado evidencias suficientes para establecer que las clases de tierras se relacionan con: “cultivos adaptables, labores de cultivos, abonos, arvenses, métodos específicos de recuperación de suelos y usos agrícolas” (Ortiz-Solorio *et al.*, 2001b).

Vale *et al.*, (2011), también establecen que los sistemas de clasificación etnopedológica de la comunidad indígena Malacacheta, Estado de Roraima, Brasil, consiguen identificar y separar de forma objetiva todos los componentes ambiental de ocurrencia en la zona, cumpliendo el objetivo primordial de relacionar aspectos de simple percepción e identificación, como color, textura, profundidad, vegetación, con aspectos prácticos cognoscibles, como son el uso, tipo de cultivo, vocación agrícola, entre otros.

## **1.4 Estudios de caso en Clasificación Local de Suelos**

Toledo & Barrera-Bassols (2008), registraron 432 estudios etnoedafológicos realizados en 61 países, cubriendo continentes como África, América y Asia. Información que corresponde a 217 grupos étnicos, incluyendo una gran variedad de comunidades indígenas y campesinas. De los 61 países en los cuales se encuentran desplegados los estudios etnoedafológicos el 34% se encuentran en América y corresponden al 23% del total. En algunas áreas culturales específicas americanas, existe una extensa literatura sobre el conocimiento local de tierras y suelos: Mesoamérica (Guatemala y México) y la

región Andina (Perú, Colombia, Ecuador y Bolivia) son las zonas mejor estudiadas del continente americano.

En investigación en la cual se pretendía demostrar la relevancia que tienen las clases de suelos sobre la producción de caña de azúcar se encontró que el suelo expresado precisamente en términos de clases de tierras es más relevante que la precipitación, ya que explican 60 y 30%, respectivamente, de la variación del rendimiento. Según, Sánchez *et al.*, (2002), realizar este estudio fue posible, gracias, al conocimiento de los campesinos en torno al suelo y al manejo del cultivo de caña de azúcar, ya que establecieron los limitantes más importantes (estratos endurecidos y niveles freáticos cercanos a la superficie) como también condiciones favorables (alto contenido de materia orgánica, drenaje, textura y pH).

También, Barajas (2012), realizó una investigación en Michoacán, México, en la que determino que los campesinos de la zona de estudio, identificaban 5 clases de suelos, pero determinaban el uso del suelo, dependiendo de las condiciones de accesibilidad del terreno y la disponibilidad de agua, independiente de las condiciones favorables o limitantes del suelo, pues entendían, que cada cultivo se adaptaba mejor a determinado relieve y/o mejores condiciones de humedad.

Ramírez *et al.*, (2008), en una investigación realizada en Veracruz, México, encontraron nueve clases de suelo a nivel de propiedades de uso colectivo (Ejidios) y tres clases de suelo a nivel regional, clasificaciones que resultan de referentes usados por la etnia indígena Zoque-Popoluca (Color, textura, humedad, etc), que son también usados y han sido documentados para diferentes comunidades indígenas a nivel regional y continental, deberían ser validadas para propuestas de uso potencial del suelo, pues también complementan su clasificación con manejos y usos específicos para cada una de ellas.

En investigación con diferentes comunidades agrícolas, se ha registrado el concepto que ellos tienen del suelo/tierra, de las cuales se ha determinado que para muchos campesinos que no pertenecen a comunidades ancestrales, el suelo es un lugar del que devengan su economía, y alimento; mientras que para comunidades indígenas el concepto de suelo/tierra, está ligado a su cultura, a sus creencias, al cual están unidos todos los seres vivos del planeta, así como sus dioses e historia (Méndez, 2012).

**Tabla 1-1:** Percepción del suelo en culturas indígenas de México.

<b>Cultura o grupo étnico</b>	<b>Percepción</b>
Nahuas de la Huasteca Veracruzana	Parte central, conectada por xochicuauhtl hacia los espacios celestiales y al inframundo
Nauas de Chincotepec	Punto de equilibrio
Maya	Dulce miel
Tsentales	Sagrada, lugar donde se vive
Zapotecos, cho'les y Yokot'anes	No es una posesión, es vital y es la madre de todos
Cho'les tabasqueños	Sagrada, de acuerdo con la creación religiosa

Fuente: Méndez (2012).

Matos (2008), en investigación realizada con los Quilombolas (Brasil), muestra que identifican cuatro macroambientes, considerando inicialmente el relieve y la humedad del suelo, al profundizar en cada ambiente, se encuentra que son producto de una interrelación intensa entre diversos factores, localización, color, estructura, textura, vegetación y de acuerdo con la dinámica de esta interrelación de factores, asociados a los climáticos, los Quilombolas establecen diferentes formas de uso: i) “brejo” (humedal - aluviones Holoceno); ii) “vazante”, zona húmeda conectada con curso de agua sobre humedales (rampas coluvio-aluviales-tercio inferior de laderas); iii) “cultura vermelha” (tierra roja asociada con rampas coluviales-tercio medio y superior de laderas); iv) “carrasco” (medio ambiente asociado arcillas y arenas y a coberturas de vegetación espinosa-paisaje superior). A pesar de que la posición en el relieve y la humedad del suelo se presentan como factores predominantes.

## **1.5 Sistemas de Información Geográfica de Carácter Participativo (SIG´S Participativos)**

La cantidad y calidad del conocimiento campesino sobre los suelos, ha llevado a que se exploren diferentes instrumentos como forma de plasmar este conocimiento. Uno de ellos es la generación de mapas de las clases de suelos identificados por las comunidades campesinas, que permiten establecer para cada clase, su ubicación geográfica, extensión

y la problemática que posee, siendo más precisos, exactos y baratos que sus equivalentes mapas técnicos (Méndez, 2012).

México, como uno de los países donde más se produce artículos de investigación etnoedafológica, ha desarrollado metodologías de mapeo de unidades de suelos de comunidades agrícolas con escalas que van desde lo local a lo regional, contribuyendo a la planeación rural del uso del suelo (Ortiz-Solorio & Gutiérrez, 2001a). Una de las metodologías que se ha estado empleando para reconocer y valorar el conocimiento de las comunidades agrícolas, ha sido la combinación de foto-interpretación y la etnoedafología, demostrando la correlación entre mapas convencionales de suelos y los etnoedafológicos (Payton *et al.*, 2003).

“El procedimiento para elaborar mapas de clases de tierras en el ámbito parcelario basado en el conocimiento del productor, demostró consistentemente que es simple, rápido y barato, con un nivel de precisión equivalente a un levantamiento detallado de suelos” (Ortiz-Solorio & Gutiérrez, 2001b).

En investigación realizada por CORPOICA en los municipios de Sopetran y Dabeiba (Antioquia), se generaron mapas de nichos productivos con bajo riesgo agroclimático, y suelos no aptos, para eventos climáticos de excesos y déficit hídrico. Posteriormente se realizó un ejercicio de cartografía participativa con los productores agrícolas de la zona, en los que se les facilitó mapas base a escala 1:100.000, sin información de variables climáticas. Este ejercicio permitió encontrar alta correspondencia entre los nichos productivos de menor riesgo agroclimático establecidos por los agricultores y los identificados por los investigadores de CORPOICA. Esta metodología participativa permite que los agricultores acepten con mayor facilidad los estudios y sugerencias que se les puede ofrecer desde la ciencia y la tecnología formal. Esta correspondencia también se encontró al señalar los suelos en los que la producción de maracuyá se vería afectada por el déficit y el exceso hídrico, en caso de sembrarse en dichos sitios (Aguilera *et al.*, 2014) Por medio de las propiedades del fruto, según el espesor del endocarpio, se hace una clasificación de la palma de aceite en tres tipos: Dura, Ternera y Pisifera, que se ilustran en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

## **2. Objetivo General**

Relacionar la diferenciación de tierras generadas en la práctica social de algunos agricultores de la Red de Mercados Agroecológicos del Valle del Cauca (REDMAC) pertenecientes al mercado agroecológico de Buga y el conocimiento científico de la ciencia del suelo.

### **2.1 Objetivos Específicos**

- Identificar referentes culturales de diferenciación de suelos y caracterizar su uso y manejo por parte de los agricultores del mercado agroecológico de Buga.
- Emplear herramientas tecnológicas de uso frecuente en la ciencia para caracterizar los suelos referenciados por estos agricultores.
- Buscar indicadores de calidad del suelo en los cuales se relacionen los saberes campesinos y la ciencia del suelo



## **3. Materiales y Métodos**

### **3.1 Localización**

La investigación se desarrolló en seis fincas, ubicadas sobre la cordillera central, en las veredas El Diamante, Miraflores y San Antonio, del municipio de Guadalajara de Buga, en la zona central del departamento del Valle del Cauca. La cuenca presenta una altura media de 1893.30 msnm, y cuenta con una alta producción hídrica. Las precipitaciones anuales en la cuenca, oscilan entre 1026 mm y 2231 mm. En la zona plana y en el piedemonte se presentan temperaturas entre 23 °C y 25 °C y en la zona alta las temperaturas oscilan entre 6 °C y 12 °C (CVC, 2011).

Los propietarios de las seis fincas en las que se desarrolló la investigación, son miembros activos del Mercado Agroecológico de Buga (MERCOCUGA), que se encuentra ubicado en el municipio de Guadalajara de Buga, departamento del Valle del Cauca, entre las coordenadas 3° 54' 13" Norte y 76° 17' 55" Oeste, en el cual concurren semanalmente, alrededor de 11 familias de productores agroecológicos, que habitan en la zona rural de los municipios de Sevilla, Riofrío, Restrepo, Bugalagrande, Ginebra y Guacarí (Mora, 2014).

Las seis fincas mencionadas, se encuentran en tres veredas del municipio de Buga, tres en El Diamante, Finca1 (3° 32' 59" N, 76° 6' 19" O), Villa Nayer (3° 32' 40" N, 76° 6' 31" O), y Finca 2( N, O); dos fincas ubicadas en la vereda Miraflores, El Porvenir (3° 30' 36" N, 76° 7' 42" O), y La Camelia (3° 30' 32" N, 76° 7' 51" O); y una en la vereda San Antonio, Finca 3 (3° 32' 6" N, 76° 9' 19" O).

Según el POMCH de la cuenca del río Guadalajara (CVC, 2011), en la zona de ladera predominan las unidades de suelos: Asociación Buga- Alaska (23,1%), Holguín las Camelias (14,78%), Nogales el Prodigio (12,82%) y Sevilla – Camelias (9,32%), que

ocupan aproximadamente el 60% del área de la cuenca. Los órdenes taxonómicos predominantes son molisoles (*Typic haplustoll*, *Typic hapludoll*), alfisoles (*Typic haplustalf*, *vertic haplustalf*, *Inceptic haplustalf*) e inceptisoles (*Typic haplustept*, *entic dystrandept*, *Typic dystrandept*).

Según la distribución del uso del suelo en la cuenca se encuentra el predominio del pasto natural ligado a la producción extensiva de ganado (42,80%), también se encuentra la producción de agricultura intensiva con alto grado de mecanización, en donde destacan la producción de caña de azúcar (22,60%) y algunos cultivos transitorios como sorgo, soya, algodón, y frutales (2,00%). El cultivo de café (*Coffea arábica L.*) con y sin sombrío, se encuentra en la zona media en una pequeña proporción (0.20%), hasta el punto de casi desaparecer dejando paso a la ganadería extensiva. Una gran extensión de la cuenca en la parte alta donde predominan las fuertes pendientes y por ende una limitada accesibilidad, se encuentra en bosques naturales en diversos estados de sucesión (27.10%), incluyendo bosques de guadua y rastrojos, explotados principalmente para la extracción de leña, estacones y varas (CVC, 2011).

**Figura 3-1:** Localización de las fincas participantes de la investigación en la cuenca del río Guadalajara [10, 7].



Fuente: Elaboración Propia, con base en CVC (2011).

## **3.2 Socialización del Proyecto**

Inicialmente se realizó una reunión con los agricultores, donde se socializó el proyecto, se comunicó el objetivo de la investigación, la metodología que se usaría, y se invitó a los agricultores a que acompañaran el proceso con sus opiniones, aportes y sugerencias, estructuradas dentro del estudio del saber colectivo que tienen, sobre el uso, manejo y conservación del suelo.

De esta socialización y el dialogo que se generó, se mencionaron nombres de agricultores que tenían todos como referencia desde el punto de vista de prácticas ecológicas y conocimiento sobre el suelo, insumo que se tuvo en cuenta al momento de intentar establecer con los propios agricultores quienes deberían ser los que acompañaran el proceso de investigación. El número de agricultores participantes en el proyecto, se estableció de acuerdo con la información anterior y a su aceptación y compromiso con el proyecto.

## **3.3 Investigación Acción Participativa (IAP)**

Al ser esta una investigación en la que se tomó en cuenta las opiniones de la comunidad agrícola como eje principal del desarrollo de la investigación y que sin el apoyo de cada uno de los agricultores no se habrían podido lograr los objetivos planteados, se utilizó la metodología de IAP.

El uso de esta metodología permitió que la comunidad hiciera parte del direccionamiento de la investigación, donde cada uno de los agricultores expuso sus ideas, sus conocimientos y fue parte gestora del proceso, apropiándose de él, reflexionando y siendo críticos en su transcurso (Ortiz & Borjas, 2008).

De la ejecución de esta metodología se establecieron las tres categorías de suelos que los agricultores reconocen en los agroecosistemas que manejan, buena, regular y mala calidad, pues fue una construcción con los agricultores y diálogos entre los investigadores (director-investigador), posterior dialogo investigador-agricultores, donde se generó finalmente las categorías de suelos relevantes para la investigación.

### **3.3.1 Recorridos y Entrevistas Iniciales**

Se realizaron visitas acordadas con los agricultores a la zona de estudio, recorridos iniciales por sus predios, donde se observó el tipo de agroecosistemas que manejaban, la orografía, al tiempo que se desarrollaban entrevistas, donde se preguntó, el área de las fincas, si reconocían en sus predios diferentes tipos de suelos, el nombre que les daban, la cantidad de suelos que podía reconocer, y si tenía una clasificación para organizar la calidad que le confería a los suelos, al igual que se pedía que el recorrido por la finca se realizara de acuerdo con los suelos que se iban mencionando durante la entrevista.

Una vez concluida esta etapa, se analizó la información obtenida, con el fin de concretar un número de tipos de suelos a estudiar por finca, con base en que fueran representativos para el área de cada una de las seis fincas y/o fueran mencionados por varios agricultores, información luego socializada y concertada con cada agricultor, pues los agricultores mencionaron que también era importante que se tuvieran más relevancia aquellos tipos de suelos, en los que tenían una buena cantidad de sus cultivos y en los que percibieran mayores problemas con los cultivos. De este proceso se estableció que por cada finca se estudiarían tres tipos de suelos, relacionados con la importancia del cultivo para el agricultor y la calidad que los agricultores le otorgaban.

### **3.3.2 Caracterización Inicial de las Fincas**

Transcurridos los primeros acercamientos con los agricultores participantes del proyecto y un primer recorrido de las fincas, se procedió a la realización de entrevistas elaboradas con el fin de acopiar información sobre el número de personas que dependían de lo que ahí se producía, cultivos, prácticas de manejo, años de permanencia en la finca, cosmovisión, entre otras, además de la georreferenciación de las fincas (Anexo 1).

Posteriormente, se indagó en la diferenciación de suelos, ligado al conocimiento sobre los agroecosistemas, las características que tiene en cuenta para realizar esta diferenciación, así como historia y usos para cada lote, especies sembradas, las prácticas de preparación del terreno, utilización de abonos químicos, abonos orgánicos, compostaje, manejo de residuos de cosecha, poda, desyerbas, riego, uso de plaguicidas y control de erosión.

### 3.3.3 Cartografía Social

Posterior a los recorridos por las fincas junto con los agricultores, se realizó la construcción colectiva del mapa de las mismas, por parte del grupo familiar o en algunos casos propietario-jornalero, que permitió incentivar la comunicación entre aquellos que convergen en la unidad productiva y poner en evidencia los diferentes tipos de saberes que cada uno posee, mezclándolos para llegar a una imagen colectiva de la finca, importante para fortalecer el aprendizaje entre generaciones y como comunidad, que es la expresión final de la apropiación del conocimiento, además de estrechar los lazos familiares y el bienestar de sus integrantes (Vélez *et al.*, 2012). De esta forma se estableció los tipos de suelos que como unidad familiar o propietario-jornalero, identifican dentro de su saber colectivo, los cultivos asociados a cada tipo de suelo, las prácticas de manejo, antecedentes de los suelos mencionados, entre otras.

### 3.4 Muestreo de Suelos Incluidos en la Investigación

De acuerdo con la información cualitativa colectada, se identificó los tipos de suelos que diferencian los agricultores y se estableció sitios de muestreo acordes con esta información. Se establecieron 3 tipos de suelos a muestrear por finca, en cada uno de los cuales se tomaron 3 muestras de suelos, con su respectiva georreferenciación con GPS, colectadas de los primeros 30 cm de profundidad, de acuerdo con la metodología seguida por Cerón (2001).

### 3.5 Evaluación de Variables en Laboratorio

Las muestras tomadas de cada finca fueron llevadas al laboratorio de servicios analíticos del CIAT, donde se les midió, pH, materia orgánica, fósforo, cationes intercambiables K, Ca, Mg y Al, y en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional sede Palmira, se estableció, color, textura y estabilidad de agregados. En la Tabla 3-1, se resume esta información, con su correspondiente método analítico.

El color se comparó en húmedo y seco con la carta de color estándar basada en la clasificación Munsell (MACBETH, 1994). Los datos se convirtieron a valores numéricos a través de la Ecuación 1., reportada en Thompson & Bell (1996):

$$RRTH = \left[ 45 - HTH \times \frac{C}{V} \right] \quad (3.1)$$

Donde HTH: 12.5 si H es 2.5 YR, 15 para 5 YR, 17.5 para 7.5 YR y 20 para 10 YR. V corresponde a Value, y C a Chroma.

Con la información que se obtuvo se realizó la interpretación de los análisis realizados en laboratorio, niveles o rangos de cada variable; también se realizó el correspondiente acercamiento entre el conocimiento de los agricultores y los resultados de laboratorio, a partir del análisis de la información (punto 3.8).

**Tabla 3-1:** Resumen de evaluación de variables en laboratorio.

Parámetro	Método Analítico	Observaciones
pH	Potenciómetro	Suelo: agua- 1:1
Color	Tabla Munsell	Comparación en seco y húmedo
Textura	Densimetría (hidrómetro)	Bouyucos
Estabilidad de Agregados	Método modificado por Yoder	Tamizado en húmedo
MO	Espectrometría	Walkely-Black
N	Espectrometría	Nitrógeno Total
P Disponible	Espectrometría molecular	Bray II
Al	Espectrometría	(KCl 1M) NaOH 0.1M
K	Espectrometría de emisión Atómica	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.01N
Ca, Mg	Espectrometría de adsorción atómica	Acetato NH <sub>4</sub> , 1N, pH=7
Na	Espectrometría de adsorción atómica	Acetato NH <sub>4</sub> , 1N, pH=7
CIC	Espectrometría de adsorción atómica	Acetato NH <sub>4</sub> , 1N, pH=7
S	Turbidimetría	Fosfato Ca 0.01 M
B	Azometina-H	Extracción con CaCl <sub>2</sub> 0.01 M
Cu	Espectrometría de adsorción atómica	Doble Ácido Ab.At
Zn	Espectrometría de adsorción atómica	Doble Ácido Ab.At
Mn	Espectrometría de adsorción atómica	Doble Ácido Ab.At
Fe	Espectrometría de adsorción atómica	Doble Ácido Ab.At

### 3.6 Análisis Estadístico de la Información Obtenida

La información cuantitativa se trabajó estadísticamente usando el software R versión 3.2.1 (2015) e Infostat versión 2008. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA), para establecer diferencias significativas entre categorías de suelos. Las medias fueron comparadas

mediante la prueba Tukey a un nivel de significancia  $\alpha=0.05$ . También se realizó un análisis multivariado de componentes principales a (ACP), con el cual se establecieron correlaciones entre las variables físicas y químicas, correlaciones directas e inversas.



## 4. Resultados y Análisis

### 4.1 Caracterización General de las Unidades Productivas

A partir de la información proporcionada por los agricultores, se determinó el área de las fincas y las actividades que se llevan a cabo en cada una de las unidades productivas (Tabla 4-1).

**Tabla 4-1:** Área y actividades agropecuarias por unidad productiva.

Finca	Área (ha)	Vereda	Actividad
La Piragua	8.0	El Diamante	Agricultura, Ganadería y Especies Menores
Villa Camila	1.6	El Diamante	Agricultura y Especies Menores
El Diamante	2.0	El Diamante	Agricultura y Especies Menores
El Porvenir	9.0	Miraflores	Agricultura y Especies Menores
La Camelia	1.9	Miraflores	Agricultura
La Merced	7.7	San Antonio	Agricultura

De acuerdo con la información proporcionada por los agricultores, el uso del suelo en el total del área investigada, es decir las seis fincas como una unidad, se divide en cuatro grupos primordiales. El primero corresponde a dedicación exclusiva a la siembra de cultivos con un 37%, distribuidos en huertas, sistemas agroforestales, café (*Coffea arábica* L.), asociado a plátano (*Musa paradisiaca*), yuca (*Manihot esculenta*), árboles maderables y doble propósito como el chachafruto (*Erythrina edulis*), el guamo (*Inga spuria*), nogal cafetero (*Cordia allidora*), guayacán amarillo (*Tabebuia chrysantha*), balso (*Ochroma pyramidale*), frijol guandul (*Cajanus cajan*), entre otros. Un 25% de los suelos se encuentra en barbecho, principalmente por dos motivos, posibilitar la recuperación de suelos que han pasado por un largo periodo de elevada explotación y/o suelo que no posee el potencial productivo suficiente para soportar cultivos de alta necesidad de nutrientes, en donde los agricultores no han podido establecer cultivos suficientemente productivos. Un 23% en bosques que cumplen la función de proteger nacimientos de agua, o bordear el paso de quebradas, salvaguardando el área, evitando la erosión del suelo y la consiguiente

sedimentación del mismo hacia las quebradas. Finalmente un 15% en potreros o sistemas silvopastoriles, destinados a la crianza de ganado o simplemente terreno que aún no tiene uso por parte de los agricultores.

#### **4.1.1 Prácticas de Manejo**

La totalidad de los agricultores preparan abonos orgánicos en sus predios, compost, lombricompost, biopreparados, gallinaza, entre otros, que utilizan en el abonamiento de los cultivos. Así mismo se estableció la procedencia de las semillas que usan, manifiestan que son producto del intercambio con otros agricultores, o las han utilizado por varias décadas; también algunas organizaciones gubernamentales y/o de origen sin ánimo de lucro les proporcionaban semillas, como lo es el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), el Instituto Mayor Campesino (IMCA), entre otros. Solo un agricultor manifestó comprar las semillas para la huerta en tiendas agrícolas ubicadas en la ciudad de Buga, sin embargo las semillas que adquiere en dichas tiendas, representa solo el 10% (lechuga (*Lactuca sativa*), repollo (*Brassica oleracea var. capitata*) y perejil (*Petroselinum crispum*)) de los productos que cultiva.

En cuanto a las prácticas de manejo, realizan la labranza mínima, podas y desyerbas con guadaña, material dejado en la superficie del suelo, protegiéndolo contra factores erosivos, conserva la humedad, aporta nutrientes al descomponerse, y se convierten en medio y sustrato para la proliferación de micro y macroorganismos indispensables para los complejos procesos biogeoquímicos en que se sustentan estos agroecosistemas, o son dispuestos para la realización de abonos, biofertilizantes o compost. Los agricultores que tienen especies menores recolectan los residuos orgánicos producto del metabolismo de los animales, para fabricar compost (Tabla 4-2).

**Tabla 4-2:** Prácticas de manejo y abonos orgánicos producidos.

Finca	Prácticas de Manejo	Abonos Orgánicos	Cultivos a los que se les aplica	Obtención
La Piragua	Desyerba con guadaña, acolchados con arvenses, rotación de cultivos (arracacha, tomate, frijol, maíz y lulo), aplicación de fertilización orgánica.	Gallinaza.	Hortalizas.	Aves de corral en la finca.
		Gallinaza Compostada.	Frutales.	Aves de corral y procesamiento en la finca.
		Fertilizantes Líquidos (multibiol, biofertil, <i>Trichoderma</i> ).	Hortalizas y Frutales.	Tiendas agrícolas.
Villa Camila	Aplicación de compost de diferentes origen (gallinaza, residuos orgánicos provenientes de caballos, residuos de cosecha, ceniza, carbón, cal) enriquecido con roca fosfórica, harina de roca, fosforita Huila, biopreparados, desyerbas, acolchado de arvenses.	Compost enriquecido con distintos tipos de roca fosfórica y Biopreparados .	Sistema agroforestal.	Roca fosfórica tiendas agrícolas y procesamiento en la finca.
			Sistema agroforestal.	Algunos componentes provienen de la finca, otros se compran en tiendas agrícolas.
El Diamante	Policultivos en huertas, compost (gallinaza, ceniza, residuos de cosecha, roca fosfórica), podas y desyerbas, acolchados con arvenses, rotación de cultivos.	Compost enriquecido	Hortalizas	Roca fosfórica tiendas agrícolas y procesamiento en la finca.
El Porvenir	Compost en frío y lombricompost (orina y residuos orgánicos provenientes de conejos y aves de corral, inoculación de microorganismos, plantas acuáticas, residuos de cosecha, hojarasca de guadal, roca fosfórica, cal, ceniza, carbón, residuos de cocina), lixiviado de lombricompost, desyerbas con guadaña, policultivos, cultivos en invernadero, siembra en caballones, sistemas agroforestales, acolchados orgánicos, hidrosolubles, ácidos y alcalinos solubles, ácidos húmicos y fúlvicos.	Compost en frío, Lombricompost, Lixiviado de lombricompost, hidrosolubles, ácidos y alcalinos solubles, ácidos húmicos y fúlvicos.	Hortalizas (huerta e invernadero) y Sistema agroforestal.	Roca fosfórica tiendas agrícolas y procesamiento en la finca.
La Camelia	Labranza mínima, desyerbas con guadaña y/o machete, podas, acolchados orgánicos, compostaje.	Compostaje.	<i>Coffea arábica</i> L., <i>Musa paradisiaca</i> , <i>Rubus glaucus</i> y <i>Phaseolus vulgaris</i>	Residuos orgánicos provenientes de la finca y procesamiento en la misma
La Merced	Compostaje (residuos de cosecha, cocina, desyerbas con guadaña, surcos en contra de la pendiente (rayado), cobertura de arvenses en los lugares donde no se tienen cultivos, abonos verdes y acolchados.	Compostaje, abonos verdes y acolchados.	<i>Mangifera indica</i> L., <i>Musa paradisiaca</i> , <i>Coffea arábica</i> L., <i>Zea mays</i> .	Roca fosfórica tiendas agrícolas y procesamiento en la finca.

## 4.2 Referentes de Identificación y Calidad de Suelos

Al analizar la información recolectada, se encontró que la forma de comprender el agroecosistema por parte de los agricultores se acerca a una visión holística, cuando califican algunas características como color, textura, productividad, humedad y localización (Tabla 4-3). Estas características las utilizan para diferenciar un suelo de otro e inmediatamente las ligan a la calidad de los mismos, sin establecer, una separación entre estos dos criterios, dado que el éxito de sus cultivos y la cantidad de productos que obtienen se sustenta en la integración de dichos principios. Así, una característica del suelo (por ejemplo, la materia orgánica), para un agricultor carece de significado *per se*, siempre está relacionada con algunas otras cualidades (color, humedad y productividad) que le proporcionan información suficiente del manejo que debe realizar en un tipo de suelo determinado.

Algunos referentes los relacionan íntimamente con la calidad del suelo: productividad como expresión final del sistema (100%), grosor de capa vegetal (66,67%), arvenses (50%) y macrofauna (50%). Las plagas y enfermedades (33,33%) son referentes menos mencionados. Las características de pedregosidad y drenaje (50% ambas) las relacionan especialmente con diferenciación de suelos. Estos resultados se relacionan con los datos encontrados en la literatura (Toledo & Barrera-Bassols, 2008), donde los cuatro principales referentes mencionados por agricultores, indígenas y campesinos en múltiples investigaciones alrededor del mundo, color (100%), textura (98%), consistencia (56%) y humedad (55%), tienen replicación en esta investigación, y dos de ellos son mencionados por el 100% los agricultores, color y textura, el tercero es la humedad (83%), y el último estructura (67%), relacionado con la consistencia; esta información se resume en la Tabla 4-3.

Los agricultores describen que los abonos orgánicos que preparan mantienen altas poblaciones de microorganismos, pero al ser indagados sobre las características de calidad de suelos que reconocen, sorprendentemente son poco mencionados (16,67%), posiblemente por el hecho de que no son organismos que tengan la capacidad de presenciar con los recursos tecnológicos con los que cuentan, y dado que sus prácticas y conocimientos son reflejo de experiencias y observaciones, estos no tienen una injerencia directa en las cualidades o características que mencionan, pero sí que se encuentran de

manera indirecta (Color, productividad, plagas y enfermedades, etc), y son también motivo de su pervivencia, dado que la mayoría de las prácticas agronómicas que realizan están atravesadas por la actividad metabólica de estos organismos.

**Tabla 4-3:** Referentes de diferenciación y calidad de suelos mencionados por agricultores ecológicos de Buga.

Referente	% Agricultores que lo utilizan	Asociado a:
Color	100,00	Diferenciación y Calidad
Textura	100,00	Diferenciación y Calidad
Fertilidad	100,00	Calidad
Calidad	100,00	Calidad
Productividad	100,00	Calidad
Humedad	83,0	Diferenciación y Calidad
Grosor Capa Vegetal	67,0	Calidad
Estructura	67,0	Diferenciación y Calidad
Drenaje	67,0	Diferenciación
Localización	67,0	Diferenciación y Calidad
Pedregosidad	50,00	Diferenciación
Arvenses	50,00	Calidad
Macrofauna	50,00	Calidad
Plagas y Enfermedades	33,33	Calidad
Microorganismos	16,67	Calidad

Según Toledo *et al.*, (2008), la complejidad de obtener referentes de identificación y calidad de suelos y/o tierras dentro de la clasificación local de grupos de productores ecológicos, radica en las variaciones que se pueden encontrar dentro de una misma cuenca, debido a diferentes grupos generacionales, formaciones divergentes, tiempo de experiencia y conocimiento de la unidad productiva. Sin embargo una manera de acercarse a ellas radica en la forma como el grupo de productores valoran los procesos de pérdida y ganancia de suelo. En esta investigación, los campesinos relacionan este concepto con la localización topográfica del suelo: “en la parte baja de las laderas, por procesos de erosión y escorrentía superficial, se ha ganado suelo de las partes altas, encontrándose suelos, según criterio de los agricultores, de “buena calidad”, mientras que en los filos de las laderas, mediante los mismos procesos se ha perdido suelo, lo que a criterio de los agricultores son suelos de “mala calidad”. Otro ejemplo, es lo que denominan suelo de “vaga” o “vagón”, que son suelos que por los procesos mencionados anteriormente, han derivado en la conjunción de la parte baja de dos o más laderas.

Un referente muy importante lo constituye la ubicación topográfica del terreno que define situaciones de riesgo y/o fortalezas locativas que se convierten en criterios de diferenciación manifestados. Como por ejemplo, el color negro del suelo (relacionado con la acumulación de la materia orgánica), estructura “suelta” o “pulpa” (con consistencia) y la importancia de estas características en la fertilidad y producción del sitio. Esto los lleva a precisar algunos parámetros para evaluar la calidad esperada y tomar decisiones de uso.

### **4.3 Cartografía Social**

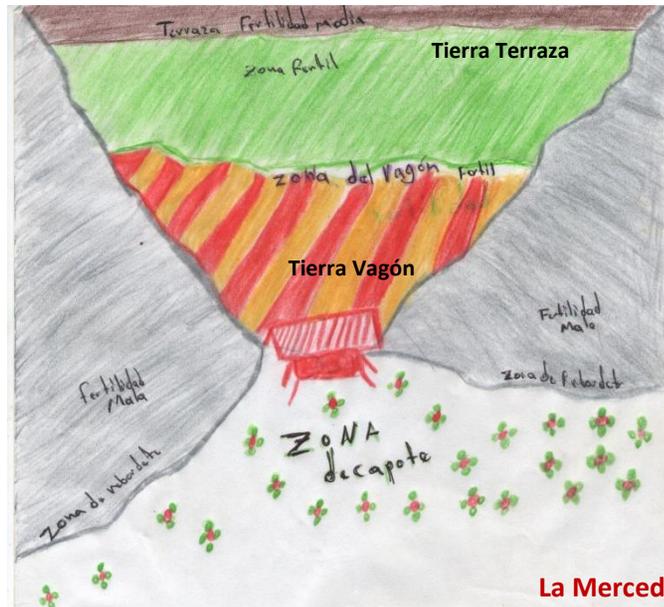
Una de las actividades que ayudaron a caracterizar no solo el territorio de este pequeño grupo de agricultores y de sus familias, fue la realización de los mapas de percepción de sus fincas, con enfoque hacia los suelos, los que consideran como buenos, regulares y/o malos, su distribución, que cultivos establecen, entre otros. Además de los agricultores, por iniciativa propia, recogieron otros factores, ya no solo desde el punto de vista de producción de cultivos, sino también de protección del ambiente, pues ha habido múltiples circunstancias que los han sensibilizado, ideología que tal vez la revolución verde pudo haber erradicado, para pensar no solo en la producción, como está constituida en la zona plana del Valle del Cauca en particular, sino también en la sinergia con otros factores ambientales.

Por ello, no solo plasman en los mapas, la ubicación de los diferentes suelos que hay en las fincas, sino también, zonas, que denominan, de protección, de resguardo y/o de reserva, que se refieren a zonas, que incluso teniendo características similares a suelos destinados a la producción de cultivos, asignadas a bosques primarios, secundarios o bosques sembrados totalmente por ellos, ubicadas en las márgenes de quebradas o directamente en nacimientos de agua. Esta representación de las fincas refleja el establecimiento de las diferentes zonas, en función de la forma más adecuada, con los recursos que poseen, de proteger los servicios ecosistémicos.

La Figura 4-1, plasma la interpretación de calidad de suelos que el señor Juan de Dios Gómez y su sobrino Horacio Espinosa, que habitan en la vereda San Antonio, tienen de la finca que manejan, de acuerdo con el conocimiento y experiencia en la misma. Aunque se observan cinco tipos de suelos, realmente son seis, pues los agricultores olvidaron dibujar

una sección donde se encuentra un tipo de suelo representativo en extensión y mencionado por otros agricultores (finca, El Diamante).

**Figura 4-1:** Finca La Merced, realizado por Juna de Dios Sánchez y Horacio Espinosa (18 de marzo de 2015).



De estos seis tipos de suelos se tuvieron en cuenta para la investigación, la tierra Reseca, es la que no sale en la figura, Terraza y Vagón, por ser representativas de la finca, y además abarcan los tres niveles de calidad referenciados. La “zona de capote” y “zona de rebordete”, son áreas que en el momento no se tenían cultivadas, aunque, “la zona de rebordete”, generalmente se destina al cultivo de maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*).

En la Figura 4-2, se aprecian los suelos que los agricultores que habitan la vereda El Diamante reconocen en sus fincas. En primer lugar, está la representación que la propietaria Cenaida Muñoz y el jornalero Humberto Marulanda, de la finca Villa Camila, en relación a los suelos que identifican en ella, ligada en ambos casos a la experiencia que han recogido durante años en el manejo de la misma, y los conocimientos que de ello han obtenido.

Se pueden establecer al menos tres franjas que representan tres tipos de suelo que los agricultores denominan tierra Vagón, Amarilla y Filo, considerados por ambos, el primero de buena y los dos últimos de mala calidad.

En la zona intermedia entre los suelos denominados, tierra Vagón y Filo, y se encuentra un área considerada de calidad media o regular, pero a la que no le asignan un nombre como tal, por lo que no se tomó esa área en consideración para la investigación, al igual que todas las zonas que no recibieron alguna denominación dentro de los esquemas de las fincas realizadas por los agricultores; esta no denominación de algunos suelos dentro de los esquemas de las fincas, puede deberse a que las características de los mismos no son especialmente observables o fácilmente relacionables con los grupos de características sobre los que tienen experiencia para identificar y que si utilizan en los suelos a los que les otorgan nombres.

En la misma figura, se muestra la concepción que tienen Adíela Castro y su hijo Alex Orozco del agroecosistema que manejan, desde el punto de vista de los suelos y de algunos cultivos que tienen asociados a ellos, siendo muchas más la biodiversidad vegetal, pero señalan a petición del investigador los que corresponden al cultivo principal en cada zona identificada.

En ella se observa, al menos cuatro diferentes tipos de suelos, que para fines de la investigación fueron reducidos a tres, que también fueron identificados en otros de los agroecosistemas visitados. Estos suelos fueron, tierra Arcillosa, Reseca y Amarilla, como muestra representativa de la finca y de los tres niveles de calidad de suelos que los agricultores conciben alta, regular y mala, respectivamente.

En la misma figura, se encuentra el concepto de Argenis Loaiza y Mario Pineda que tienen de su propia finca, La Piragua, y como se distribuye la calidad del suelo según su visión y conocimiento. Establecen al menos cinco tipos de suelos, tres de ellos seleccionados, dada su correlación con dos de los niveles de calidad de suelos establecidos previamente en el conocimiento de los agricultores, siendo la tierra Arcillosa y Negra los suelos de alta o mejor calidad, y la tierra Bosque de un calidad Regular.

Los otros dos tipos de tierra, correspondían uno a una pequeña área donde se sembraban lulos, pero no era representativa para la extensión total del agroecosistema, motivo por el que no se tuvo en cuenta. El otro tipo de suelo se destinaba al uso de un sistema silvopastoril, no se agregó al estudio porque había una marcada línea de los agricultores a designar los tipos de suelo en función de su uso potencial para la agricultura, también influyó que sólo este agroecosistema tenía un área de este tipo en funcionamiento.

**Figura 4-2:** Finca Villa Camila, realizado por Cenaida Muñoz Muñoz y Humberto Marulanda Vera (19 de enero de 2015); El Diamante, realizado por Adíela Castro y Alex Orozco (16 de enero de 2015); La Piragura, realizado por Argenis Loaiza y Mario Pineda (19 de enero de 2015).



En la Figura 4-3, se aprecian los suelos que los agricultores que habitan la vereda Miraflores reconocen en sus fincas. En la primera imagen se muestra el esquema mental que tienen el agricultor Gustavo Suarez y su hijo Manuel Alejandro Suarez, del agroecosistema manejado en la finca El Porvenir, especialmente sobre al tipo de suelos que encuentran en el mismo.

Del esquema se puede precisar, que los agricultores diferencian al menos seis tipos de suelos en su predio, de los cuales se tomaron tres para la investigación, tierra Negra, Bosque y Barrosa, pues comprendían los tres niveles de calidad que establecidos previamente.

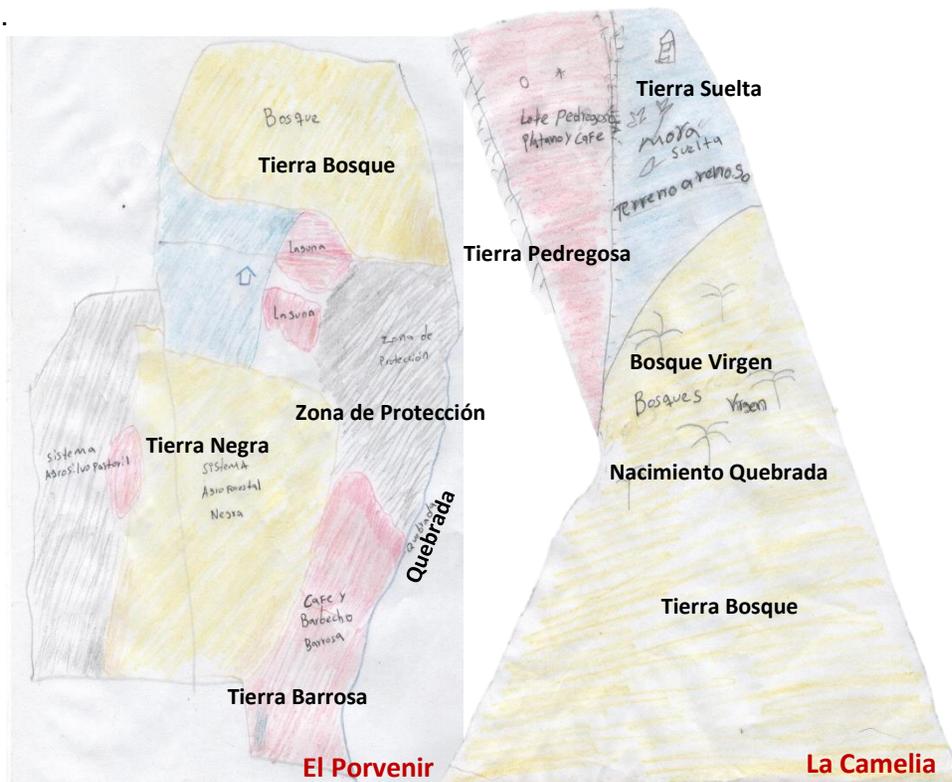
Los otros tipos de suelos, que se encuentran en la “zona de protección”, el sistema agrosilvopastoril y un tercero al cual no denominaron y que se encuentra alrededor de la vivienda, se excluyeron, debido a que, el primero, poseía muchas similitudes con el suelo denominado tierra Bosque; el segundo, un sistema agrosilvopastoril en construcción que aún no se encontraba en funcionamiento y por ende era difícil estimar para el agricultor si había una alta producción de forrajes y árboles que suplieran las necesidades de los animales que busca mantener en esa zona, además como se mencionó anteriormente, la mayoría de los agricultores que hicieron parte de la investigación no tenían sistemas como este, y buscaban señalar más suelos bajo producción estrictamente de cultivos; y el tercero, la poca referencia que se dio del suelo, más allá de su uso para la siembra de huertas y cultivo de flores, no se precisó factores como nivel de calidad, productividad o fertilidad, que los agricultores involucrados en la investigación, usan como referentes para establecer suelos buenos de los que no lo son.

Igualmente, en la segunda imagen, se muestra la conceptualización que el señor Frederman Granobles hace de su finca, La Camelia, una representación de lo que para él constituye la calidad de suelos presentes. Él establece dentro de su experiencia y conocimiento, tres tipos diferentes de suelos, tierra Suelta, Bosque y Pedregosa, cada una representando a un nivel de calidad de suelos, buena, regular y mala, respectivamente.

Se puede visualizar que del total de la finca, la zona en reserva, protegiendo además una quebrada, es el mayor porcentaje, aun bajo las condiciones de poca producción que le puede suponer no hacer uso de este suelo, el agricultor, así como la mayoría de los

agricultores involucrados en la investigación (el único que no lo hace es el señor Juan de Dios, pues no pasa, ni nace una Quebrada cerca de su Finca), tienen como ideología, la protección de un recurso tan importante como es el agua, en mayor o menor medida y con los recursos que cuentan, pues es una zona de gran riqueza hídrica y de un número considerable de nacimientos, que terminan por alimentar los acueductos de las ciudades cercanas, como Buga, y de los cuales dependen en un porcentaje considerable la producción agroindustrial de la zona plana.

**Figura 4-3:** Finca El Porvenir, realizado por Gustavo Suarez y Manuel Alejandro Suarez (19 de febrero de 2015); La Camelia, realizado por Frederman Granobles (19 de marzo de 2015).



Es la conclusión inicial que surge, no sólo desde el dialogo con los agricultores, pues es más difícil para el investigador representarlo en texto, que con los mapas, esquemas, y/o cartografía que realizaron, y esclarecen de forma más eficiente la labor que con gusto cumplen como protectores de estas preciosas fuentes hídricas.

## 4.4 Clasificación de Suelos Establecida por Agricultores Ecológicos de Buga

Existen variadas formas de agrupar la diferenciación y calidad de suelos, pero en general los agricultores agroecológicos de Buga, conceptualizan la diferencia entre “tierras buenas”, “regulares” y “malas”, siendo una clasificación que se estructura a través de su conocimiento de la región y de sus unidades productivas, sin establecer una conexión global, es decir a nivel mayor que el regional, ya que su conocimiento se basa en la experiencia práctica a nivel local. Las tierras de “buena”, “regular” y “mala” calidad, se remiten a las valoraciones que los agricultores conciben del suelo puesto que la asocian a un conjunto de referentes para calificar, evaluar o estimar los rangos de aptitud de cada uno. La clasificación de suelos que logran establecer los agricultores Agroecológicos de Buga, se presenta en la Tabla 4-5.

En este trabajo se presenta la palabra tierra en numerosas ocasiones, la cual se usa para expresar la información proporcionada por los agricultores, pues la usan indistintamente de la palabra suelo, y esta última es usada para referirse al concepto conocido desde la ciencia del suelo.

A continuación se hace una descripción de las tres categorías de suelos y los distintos tipos de tierras que las constituyen, con el fin de ampliar desde la ciencia del suelo el contenido de la Tabla 4-5, que se compone básicamente de información proporcionada por los agricultores. La información del uso de todos los tipos de suelo está en la Tabla 4-4.

### 4.4.1 Tierra de Buena Calidad

- **Tierra Negra**

Relacionada para los agricultores con suelos que encuentran en áreas planas, tales como la cima y parte baja de las laderas, o zonas con un gradiente de pendiente bajo. Las áreas planas ubicadas en la cima y parte baja de laderas, o las zonas con poca pendiente, son poco susceptibles a la erosión, conservando así la capa vegetal, productividad y calidad. Además en este tipo de suelos, los agricultores mencionan que la presencia de arvenses nobles son un referente de su calidad, pues estas arvenses son reflejo de una alta cantidad de nutrientes en el suelo, o bien, su aparición y proliferación muestra un proceso de

recuperación avanzado en suelos anteriormente degradados, entre las arvenses nobles mencionan a *Bidens pilosa* o Papunga, así como *Rumex crispus* o Lengua de Vaca.

El uso del suelo se encuentra principalmente en sistemas agroforestales, cuyo cultivo principal es el Café (*Coffea arabica* L.), asociado a Plátano y Banano (*Musa paradisiaca*), plantas doble propósito, y árboles maderables para proporcionar sombrío. Un menor porcentaje de este tipo de suelo se destina al cultivo de huertas.

- **Tierra Vagón**

Este tipo de suelo se encuentra en la parte baja de dos o más laderas de pendientes pronunciadas; es producto de procesos de pérdida y ganancia de suelo, en donde el suelo de la parte alta de las laderas es arrastrado por escorrentía superficial hacia la parte baja de las mismas, en donde se acumula y por tanto va aumentando el grosor de la capa superficial del suelo, la cual se hace cada vez más rica en nutrientes disponibles para las plantas y por tanto más productiva y fértil.

Es también una característica importante de este tipo de suelo su capacidad para conservar humedad, contenidos altos de partículas de arcilla. Entre las características mencionadas por los agricultores se encuentra el color negro, resultado de acumulación de materia orgánica y un alto contenido de arcillas.

El uso del suelo, al igual que la tierra Negra, se encuentra en sistemas agroforestales, donde el cultivo principal es el Café (*Coffea arabica* L.), asociado a Plátano y Banano (*Musa paradisiaca*), árboles doble propósito, árboles maderables cuyo fin es proporcionar sombrío. Además, se siembra Maíz (*Zea mays*), asociado con Frijol (*Phaseolus vulgaris*). También, se usa el sistema de sombrío en el Café (*Coffea arabica* L.), asociado a Plátano y Banano (*Musa paradisiaca*), Yuca (*Manihot esculenta*) y frutales como la Naranja (*Citrus x sinensis*).

- **Tierra Suelta**

Este tipo de suelo está relacionado con suelos arcillosos, capas superficiales de suelo profundas, ricas en nutrientes y con altos niveles de producción, ubicados en zonas de ladera de pendientes intermedias, que facilitan de esta forma el drenaje y dado que el nivel

de la pendiente no es pronunciado, la erosión por escorrentía superficial y otros factores de pérdida de suelo es poca.

Entre las características más relevantes se encuentran que es un suelo de color negro, suelto y gredoso, que se refiere a la textura, y es de donde toma su nombre; para los agricultores “un suelo suelto y gredoso, se trabaja mejor la tierra, no se pega a las herramientas, permite un fácil crecimiento de las plantas y en temporada de lluvias se mantiene manejable”, de donde se deriva otra de sus características, el buen drenaje, al encontrarse en pendientes con una pronunciación intermedia, facilita el movimiento del agua, pero a la vez la estructura es suficientemente estable como para que no ocurran pérdidas considerables de suelo y permitir un copioso flujo de agua subsuperficial. El uso del suelo está dirigido especialmente al cultivo de Mora y Frijol (*Phaseolus vulgaris*).

- **Tierra Arcillosa**

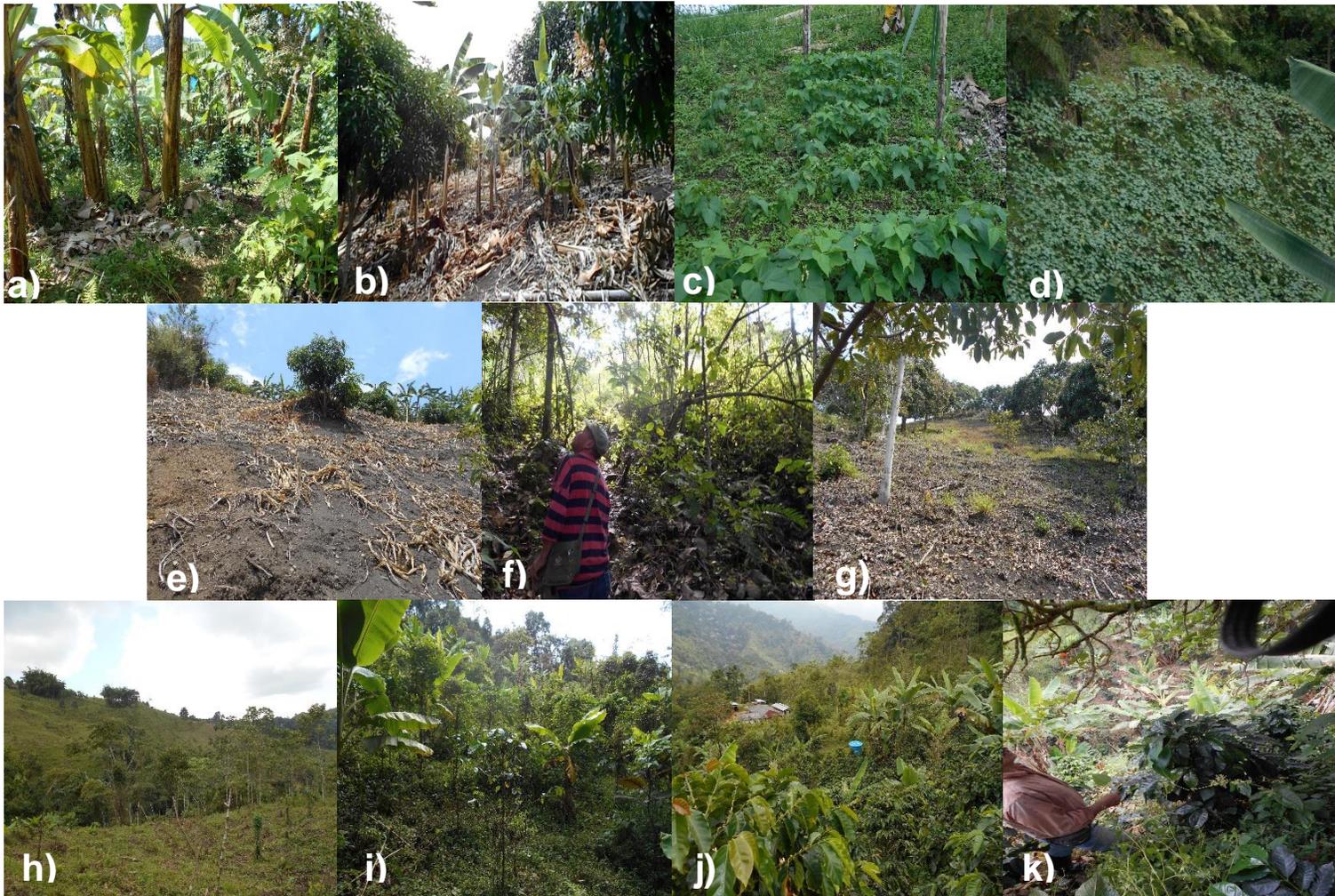
Los agricultores se refieren a este tipo de suelo como una tierra arcillosa, de la cual toma el nombre, ubicada en laderas poco pronunciadas y de color negro, “un suelo muy fértil, apto para los cultivos, ya que producen mucho”, por esta razón los agricultores optan por establecer cultivos para fines económicos, en especial granadilla, que es un cultivo muy exigente y demandante en recursos. El principal cultivo es la Granadilla (*Passiflora ligularis*).

**Tabla 4-4:** Uso establecido por los agricultores en cada tipo de suelo.

Categoría Cultural	Uso del Suelo
<b>Tierra Negra</b>	<p>Sistema Agroforestal: Café (<i>Coffea arábica L.</i>), Plátano y Banano (<i>Musa paradisiaca</i>), Chachafruto (<i>Erythrina edulis</i>), Frijol Guandul (<i>Cajanus cajan</i>), Guayacán (<i>Guaiacum officinale</i>), Guayacán Amarillo (<i>Tabebuia chrysantha</i>), Guayacán Rosado (<i>Tabebuia rosea</i>), Nogal Cafetero (<i>Cordia allidora</i>), Balso (<i>Ochroma pyramidale</i>).</p> <p>Huerta: Chaya (<i>Cnidocolus aconitifolius</i>), Habichuela de Metro (<i>Vigna unguiculata ssp. sesquipedalis</i>), Jengibre (<i>Zingiber officinale</i>), Alpiste (<i>Phalaris canariensis</i>), Cebolla de Larga (<i>Allium fistulosum L.</i>), Tomate Cherry (<i>Solanum lycopersicum var. Cerasiforme</i>), Borraja (<i>Borago officinalis</i>), Achicoria (<i>Cichorium intybus</i>), Rosa (<i>Rosa</i>), Repollo (<i>Brassica oleracea var. capitata</i>), Lechuga (<i>Lactuca sativa</i>), Albaca de Clavo (<i>Ocimum gratissimum</i>), Apio (<i>Apium graveolens</i>), Milenrama (<i>Achillea millefolium</i>), Stevia (<i>Stevia rebaudiana</i>), Uchuva (<i>Physalis peruviana</i>), Achioté (<i>Bixa orellana</i>), Acedera (<i>Rumex acetosa</i>), Frijol Terciopelo (<i>Mucuna pruriens</i>), Curuba (<i>Passiflora tripartita</i>), Habas (<i>Vicia faba</i>), Maíz (<i>Zea mays</i>), Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>), Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>), Lulo (<i>Solanum quitoense</i>), Arracacha (<i>Arracacia xanthorrhiza</i>), Acelga (<i>Beta vulgaris var. cicla</i>), Cebolla Cabezona (<i>Allium cepa</i>), Rábano (<i>Raphanus sativus</i>), Astromelias (<i>Alstroemeria</i>), Azucena (<i>Lilium candidum</i>), Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>), Quínoa (<i>Chenopodium quinoa</i>), Sábila (<i>Aloe vera</i>), Ortiga (<i>Urtica dioica L.</i>), Manzanilla (<i>Chamaemelum nobile</i>), Calendula (<i>Calendula officinalis</i>), Marihuana (<i>Cannabis sativa</i>), y Perejil (<i>Petroselinum crispum</i>).</p>
<b>Tierra Vagón</b>	<p>Café (<i>Coffea arábica L.</i>), Plátano y Banano (<i>Musa paradisiaca</i>), Chachafruto (<i>Erythrina Edulis</i>), Frijol Guandul (<i>Cajanus Cajan</i>), Guayacán (<i>Guaiacum Officinale</i>), Guayacán Amarillo (<i>Tabebuia Chrysantha</i>), Guayacán Rosado (<i>Tabebuia Rosea</i>), Nogal Cafetero (<i>Cordia Allidora</i>), Balso (<i>Ochroma Pyramidale</i>).</p> <p>Maíz (<i>Zea mays</i>), Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>).</p> <p>Café con sombrío: Café (<i>Coffea arábica L.</i>), Plátano y Banano (<i>Musa paradisiaca</i>), Yuca (<i>Manihot esculenta</i>), Naranja (<i>Citrus x sinensis</i>).</p>
<b>Tierra Suelta</b>	Mora ( <i>Rubus glaucus</i> ) y Frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ).
<b>Tierra Arcillosa</b>	Granadilla ( <i>Passiflora ligularis</i> ).
<b>Tierra Terraza</b>	Frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ), Maíz ( <i>Zea mays</i> ), Yuca ( <i>Manihot esculenta</i> ).
<b>Tierra Bosque</b>	Árboles Maderables.
<b>Tierra Reseca</b>	Mango ( <i>Mangifera indica L.</i> ), y Guanábana ( <i>Annona muricata</i> ).
<b>Tierra Barrosa</b>	Café ( <i>Coffea arábica L.</i> ), Chachafruto ( <i>Erythrina edulis</i> ), Escoba Dura ( <i>Malvastrum coromandelianum</i> ) y Gramalote ( <i>Paspalum fasciculatum</i> ).
<b>Tierra Pedregosa</b>	Café ( <i>Coffea arábica L.</i> ), Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> ).
<b>Tierra Amarilla</b>	Café ( <i>Coffea arábica L.</i> ), Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> ) y Yuca ( <i>Manihot esculenta</i> ).
<b>Tierra Filo</b>	Café ( <i>Coffea arábica L.</i> ), Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> ) y Yuca ( <i>Manihot esculenta</i> ).



**Figura 4-4:** Agroecosistema en cada tipo de suelo: a) Tierra Negra. b) tierra Vagón. c) Tierra Suelta. d) Tierra Arcillosa. e) Tierra Terraza. f) Tierra Bosque. g) Tierra Reseca. h) Tierra Barrosa. i) Tierra Pedregosa. j) Tierra Amarilla. k) Tierra Filo.



**Tabla 4-5:** Clasificación de suelos establecida por los agricultores ecológicos de Buga.

Categoría Cultural	Características			
	Localización	Uso principal	Diferenciación	Cualidades anexas
<b>Tierra Negra</b>	Zona plana, ladera con poca pendiente	Bosques, Sistemas Agroforestales (Café, maderables, Plátano, Banano), Huertas	Color negro, pulpa, buena.	<b>Buena.</b> No proliferan plagas ni enfermedades, se encuentran arvenses nobles, como <i>Bidens Pilosa</i> y <i>Rumex Crispus</i> .
<b>Tierra Vagón</b>	Vagón	Frijol, Maíz, Café con sombrío, Plátano, Yuca, Sistemas Agroforestales.	Color negro, buena fertilidad y producción	<b>Buena.</b> Se conserva la humedad del suelo, hay una mayor capa superficial de suelo, alta producción de cultivos.
<b>Tierra Suelta</b>	Ladera con pendientes intermedias	Mora y Frijol.	Color negro, suelta.	<b>Buena.</b> Mayor capa superficial de suelo, y rica en nutrientes.
<b>Tierra Arcillosa</b>	Ladera con poca pendiente	Granadilla.	Suelo arcilloso, color negro.	<b>Buena.</b> Suelo fértil y alta producción de cultivos.
<b>Tierra Terraza</b>	Filos de ladera erosionados	Frijol, Maíz y Yuca.	Color amarillo, rocosa y polvosa, regular fertilidad y producción	<b>Regular.</b> Se encuentra una cantidad considerable de rocas y piedras, no se conserva la humedad, producción es regular
<b>Tierra Bosque</b>	Bosques y reservas	Árboles maderables	Color marrón, suelta, alta cantidad de residuos orgánicos en descomposición.	<b>Regular.</b> Conservan la humedad en periodos de pocas lluvias y periodos de intensas lluvias regulan el entorno, alta biodiversidad.
<b>Tierra Reseca</b>	Ladera erosionada, pendiente pronunciada	Mango y Guanábano	Color marrón, reseca, regular fertilidad y producción	<b>Regular.</b> No se conserva la humedad, capa de suelo superficial, el único cultivo que soporta es el mango.
<b>Tierra Barrosa</b>	Ladera de pendiente media y empobrecida	Café, Chachafruto y cobertura de Arvenses	Color amarillo, barrosa y arcillosa.	<b>Mala.</b> Presencia de gramíneas, suelo húmedo.
<b>Tierra Pedregosa</b>	Ladera con pendientes medianas a altas	Café y Plátano.	Color amarillo, pedregoso, duro.	<b>Mala.</b> Baja fertilidad y producción, las plantas son de menor porte, poco desarrolladas, presentan deficiencias de nutrientes (N).
<b>Tierra Amarilla</b>	Pendientes medianamente pronunciadas.	Café, Plátano y Yuca.	Color amarillo, suelta, capa vegetal delgada.	<b>Mala.</b> Alta incidencia de plagas y enfermedades (nematodos)
<b>Tierra Filo</b>	Pendientes altamente pronunciadas	Café, Plátano y Yuca.	Color marrón claro, suelo erosionado, presencia de algunas piedras.	<b>Mala.</b> Baja producción, crecen arvenses duras (pasto estrella, braquiaria, escoba, gramalote, yaragua, batatilla, grama), poca capa vegetal, muerte de plantas.

#### 4.4.2 Tierra de Regular Calidad

La relacionan con suelos de menor calidad expuestos a procesos de degradación y deterioro de propiedades físicas, químicas y biológicas. Los agricultores reconocen que los suelos de esta categoría, están asociados a procesos fuertes de erosión, principalmente por ser suelos ubicados en zonas de ladera con pendientes pronunciadas, expuestos a la pérdida de la capa superficial de suelo, principalmente por escorrentía superficial. De aquí que los agricultores relacionen esta clase de suelo con zonas con colores marrones y una pequeña capa vegetal.

El manejo que le dan los agricultores a este tipo de suelos, procura por la recuperación de su calidad y de su potencial productivo, estableciendo cultivos como mango (*Mangifera indica* L.), y

Guanábana (*Annona muricata*), “que son árboles con raíces grandes y gruesas que amarran el suelo”, además de sostener una cobertura vegetal, como arvenses, sobre el suelo donde el follaje de los árboles no lo cubre, para evitar su pérdida por el golpe de gotas de lluvia y escorrentía superficial.

- **Tierra Terraza**

Este tipo de suelo comúnmente lo relacionan los agricultores con los ubicados en zonas expuestas relativamente a factores erosivos, como son laderas pronunciadas, y que con el paso del tiempo y el establecimiento de cultivos que carecen de raíces profundas, que no sostienen considerable masa de suelo, facilitan la pérdida de suelo hacia las partes bajas, hasta el punto que se pueden observar rocas y piedras, horizonte mineral, es decir el suelo cuenta con una capa vegetal pobre, desprovisto de buena parte de la materia orgánica y nutrientes con los que contaba, reflejado en colores amarillos, propios de arenas, y una capacidad para retener la humedad inferior a la de las tierras referenciadas por los agricultores como de buena calidad, entre tanto las producciones son sustancialmente menores. Los cultivos que se encuentran en este tipo de suelo, son asociaciones de Frijol (*Phaseolus vulgaris*), con Maíz (*Zea mays*), o cultivado solo alguno de ellos, y Yuca (*Manihot esculenta*).

- **Tierra Bosque**

Si bien la calidad del suelo en los bosques es alta, debido a que contiene una gran biodiversidad, son ricos en materia orgánica y en él son especialmente relevantes los ciclos biogeoquímicos, lo cierto es que una vez el bosque desaparece, este tipo de suelos se transforma rápidamente en un suelo pobre y carente de muchas de las cualidades que tienen las propiedades emergentes fertilidad y productividad.

Esto lo han vivido los agricultores que hicieron parte de la investigación, por lo que le otorgaban al bosque otro tipo de capacidades, como lo son regulación del ciclo del agua y otros elementos del suelo, hábitat de especies silvestres de fauna y flora, fuente para captura de microorganismos estratégicos y funcionales para los cultivos, entre otras.

Pero al referirse a la productividad de los suelos, aun cuando los propios agricultores los perciben como lugares que deben ser conservados y que en algunos casos precisan que no tienen suficiente área en reserva, su conocimiento les otorga la capacidad para saber que es difícil el establecer cultivos en este tipo de suelo, pues deben de generar, en primer lugar una gran

cantidad de sinergias para que la producción sea suficiente como para sopesar de alguna forma la tala de extensas áreas de bosque, áreas que perciben como zonas de protección y de regocijo, ligadas al sentimiento de bienestar.

Aun así la tierra Bosque, posee las suficientes características para ser catalogada por los agricultores como un suelo de buena calidad, pero dadas las condiciones expuestas en los párrafos anteriores, los agricultores lo califican como un suelo del que depende de que tan bien este conservado el entorno, más que de las propiedades con las que cuenta.

Entre las características de la tierra Bosque se menciona su gran capacidad para retener humedad, indispensable en periodos de alta precipitación, tienen capacidad para intervenir en la regulación del ciclo del agua, alta cantidad de micro y macroorganismos, suelos ricos en arcillas y de color marrón oscuro, y con una alta cantidad de residuos orgánicos en descomposición, “mantillo de bosque”, es decir suelos ricos en materia orgánica y que junto a los microorganismos son colectados para luego ser reproducidos y aplicados como fertilizantes orgánicos a los cultivos.

- **Tierra Reseca**

Entre las características de este tipo de suelo, se mencionan que, se encuentra en zonas de pendientes pronunciadas, de color marrón claro, no se conserva la humedad, “una tierra reseca”, capa vegetal superficial; estas características, permiten inferir procesos de erosión. La diferencia más destacable con otros tipos de suelos erosionados, es la no presencia de piedras o rocas, es decir, aun cuando ha sido sometido a procesos de erosión, el horizonte mineral aún no se encuentra en la superficie.

Los agricultores mantiene que en este tipo de suelo es muy difícil que prosperen la mayoría de cultivos, pero mencionan que el mango (*Mangifera indica L.*) y el Guanábano (*Annona muricata*), árboles de gran porte, tienen la capacidad para soportar lo difícil del terreno, posiblemente por su capacidad de enraizamiento, pues amarran el suelo a su alrededor y a su capacidad para soportar suelos con poca humedad, pues toleran muy bien el déficit hídrico en algunos periodos fenológicos; por lo que son estos cultivos los establecidos en este suelo, Mango y Guanábana.

### 4.4.3 Tierra de Mala Calidad

Los agricultores la asocian con suelos que han sobrellevado procesos de fuerte degradación, bien sea por erosión en zonas de ladera con poca cobertura vegetal, en los que ocurren procesos de pérdida de suelo por escorrentía superficial, o el mismo, sumado al uso en sistemas de pastoreo intensivos, cafetales sin sombrero, etc, altamente degradados por malas prácticas de manejo, uso de fertilizantes de síntesis química, aplicación de herbicidas, insecticidas y plaguicidas, que acaban con la biota del suelo y la capacidad del mismo para reponer nutrientes, además de infertilidad asociados a las condiciones pedogenéticas del suelo Vázquez (2008).

- **Tierra Barrosa**

La tierra barrosa, se encuentra en zonas de ladera con pendientes poco pronunciadas, por lo que no ha padecido fuertes procesos de erosión por pérdida de suelo, pero debido al cultivo convencional e intensivo, el suelo ha sufrido una fuerte degradación, su capacidad para soportar el establecimiento y altas producciones de cultivos ha sido reducida, y como señal de la poca productividad de este tipo de suelos, los agricultores mencionan la alta proliferación de arvenses como las gramíneas, que suelen crecer y reproducirse en alta densidad en suelos con problemas de degradación, donde otro tipo de plantas no pueden crecer, a lo anterior se le añade que este suelo posee una gran cantidad de arcillas, y por lo tanto se hace difícil el laboreo, las plantas no logran establecerse adecuadamente, tienden a poseer un menor tamaño, no producir suficientes frutos o no producir en absoluto, aunado a la alta capacidad para retener humedad, lo que provoca problemas fitosanitarios y en algunos casos, un nulo establecimiento de plantas (muerte). El uso del suelo es principalmente Café (*Coffea arabica L.*), asociado con Chachafruto (*Erythrina edulis*), y cobertura de arvenses, generalmente gramíneas, como, Escoba Dura *Malvastrum coromandelianum*) y Gramalote (*Paspalum fasciculatum*).

- **Tierra Pedregosa**

Son suelos que han pasado por procesos de erosión, debido a que se localizan en zonas de ladera con pendientes relativamente pronunciadas, por lo que ha ocurrido pérdidas de suelo, sumado a una pobre capa vegetal, y a presencia de piedras, lo hacen un suelo difícil de trabajar, a la áspero del terreno, con índices de producción bajos, producto de escasos nutrientes disponibles, exteriorizado en el color del suelo, según los agricultores, “el color amarillo de estos suelos, es un indicador de la poca nutrición que dan y la baja capacidad de producción”.

Principalmente se cultivan plantas como Café (*Coffea arabica L.*), asociado con Plátano (*Musa paradisiaca*).

- **Tierra Amarilla**

La característica que resaltan los agricultores de este tipo de suelo es su color amarillo, señal de una cantidad reducida de materia orgánica, aun cuando en opinión de los agricultores, es un suelo arcilloso su capacidad para nutrir diferentes tipos de cultivos es limitada, puesto que al encontrarse en laderas con pendientes de un grado elevado, la pérdida de suelo que ha ocurrido por factores erosivos es importante, y la capa vegetal es bastante superficial por tanto no hay una cantidad de nutrientes minerales adecuados para el buen crecimiento y producción de las plantas. Otra característica resaltable es la alta incidencia de plagas y enfermedades, problemas fitosanitarios presentados debido a la limitada nutrición de las plantas y que facilita diversos ataques y poca respuesta para detener el avance del problema. El cultivo predominante es el Café (*Coffea arabica L.*), asociado al Plátano (*Musa paradisiaca*) y Yuca (*Manihot esculenta*).

- **Tierra Filo**

Este es un suelo que ha pasado por fuertes procesos de erosión, se encuentra en zonas de ladera con altos gradientes de pendiente, por lo que la pérdida de suelo es considerable, lo que responde a que la capa vegetal según los agricultores sea muy superficial, y en algunas zonas incluso, otros horizontes del suelo estén expuestos en la superficie, por lo que se pueden encontrar piedras. Al igual que en las tierras Pedregosa y Amarilla, en este tipo de suelo el cultivo principal es el Café (*Coffea arabica L.*), asociado al Plátano (*Musa paradisiaca*) y Yuca (*Manihot esculenta*).

Entre las características de este tipo de suelo está su color marrón claro, que según los agricultores “es una señal de la poca cantidad de nutrientes que tiene este suelo para soportar los cultivos, no tiene lo orgánico que las plantas necesitan para producir, esta desprovisto de lo esencial, no es apto, y las plantas no pueden crecer en un suelo así, por eso es común que sean de un porte menor y en el caso de que produzcan, no producen suficiente, algunas llegan a morir antes de llegar a la etapa productiva”.

En este tipo de suelo suelen proliferar arvenses que los agricultores denotan como “duras”, resilientes, y que pueden crecer en ambientes difíciles, estas arvenses son de tipo gramínea, pastos que tienen una alta tolerancia a la escasa disponibilidad de materia orgánica y nutrientes;

los agricultores comúnmente abandonan la práctica de la agricultura en estos suelos, pues provocar condiciones que permitan una recuperación es difícil y un gasto de energía y recursos que los agricultores no se pueden permitir sino hay producción, por ello permiten que estas arvenses proliferen en este tipo de suelo, porque en sus propias palabras, “es siempre mejor que el suelo tenga una cobertura de plantas que impidan que se deteriore más a dejarlo desprovisto de ella, pues empeoraría la situación”.

A estas arvenses los agricultores también les otorgan la cualidad de “resecar” el suelo, es decir las gramíneas tienen la capacidad de extraer una alta cantidad de nutrientes, producto de su adaptación a crecer en estos tipos de suelos degradados, que incrementa la degradación química, sin producirse un ciclaje de nutrientes adecuado o la adición de nutrientes requeridos por plantas menos adaptadas, lo que termina por aumentar su nivel de degradación.

También es común que los agricultores finalicen por disponerlo en sucesión natural o barbecho, pues es factible que con el tiempo y permitiendo el ciclo natural o sembrando plantas como chachafruto (*Erythrina edulis*), guandul (*Cajanus cajan*) y otro tipo de leguminosas, el suelo se recupere en alguna medida, permitiendo así la intervención de los agricultores, que con diferentes sistemas de cultivo pueden asegurar una producción rentable y la recuperación del suelo.

Tabla 4-6: Correspondencia entre clasificación cultural y conocimiento académico.

Nombre Local	Referentes Asociados	Conocimiento Agricultor	Académico Formal
Negra Vagón Suelta Arcillosa	Color, Humedad, Grosor capa vegetal, productividad, fertilidad, calidad, macro y microorganismos	El color negro indica que se conserva mejor la humedad del suelo, altos contenidos de materia orgánica y rico en nutrientes.	Horizonte superficial con altos contenidos de Arcilla y MO.
	Drenaje y Textura	Tierra pulpa o arcillosa.	Altos contenidos de Arcilla y MO, buena estructura y porosidad.
	Localización	Zonas planas, pendientes suaves e intermedias y Vagón.	Zonas de ladera con pendiente poco pronunciada, sensación de ser planas; zona inferior de dos o más laderas donde la ganancia de suelo proveniente de la parte alta ha sido considerable.
	Plagas y Enfermedades	Se presentan poca incidencia de patógenos y plagas, debido a que el suelo nutre bien a la planta, hay mayor cantidad de MO.	Plantas bien nutridas tienen una menor probabilidad de ser atacadas por plagas y enfermedades, principalmente por un buen suministro de nutrientes minerales esenciales en el suelo y de un correcto abonado; también a causa del mayor horizonte orgánico.
	Arvenses	Se presenta la proliferación de arvenses nobles, en respuesta suelos de buena calidad o de procesos de recuperación de suelos degradados avanzados.	Presencia de horizontes orgánicos, alta cantidad de nutrientes minerales en el suelo, equilibrio entre las poblaciones de micro y macroorganismos.
Terraza Bosque Reseca	Color, Fertilidad, Producción, Calidad, Grosor Capa Vegetal, micro y macroorganismos.	Colores amarillos y marrones, regular fertilidad, calidad y producción, capa de suelo superficial.	Colores indicativos de meteorización y procesos de alteración del suelo, relacionados con la presencia de óxidos de Fe <sup>3+</sup> combinados con materiales orgánicos, condiciones de niveles bajos y medios de MO, baja fertilidad.
	Localización	Filos de ladera, pendientes pronunciadas.	Ladera, topografía con un alto grado de pronunciación.
	Textura, Pedregosidad	<b>Terraza y Reseca:</b> suelos resecos y polvosos, presencia considerable de rocas y piedras. <b>Bosque:</b> suelta.	Suelos en el rango de los francos, franco arcillosos, presencia por erosión de primeros horizontes minerales.  Franco arenosos, contenidos considerables de arena.
	Humedad y Drenaje.	<b>Terraza y Reseca:</b> No se conserva la humedad. <b>Bosque:</b> Conserva la humedad en periodos secos y en los lluviosos regula el entorno.	Poca conservación de la humedad por la ubicación en zonas de pendiente, y mayor proporción de arenas y cobertura insuficiente.  Conserva mejor la humedad por la alta proporción de cobertura y de materiales orgánicos sobre la superficie del suelo; en periodos de lluvia por sus altos contenidos de arena, permiten la circulación del agua.
Barrosa Pedregosa Amarilla Filo	Color, Fertilidad, Calidad, Producción, Arvenses, Pedregosidad, Plagas y Enfermedades	Color amarillo o marrón claro, baja fertilidad, productividad y calidad, presencia de arvenses duras, presencia de piedras, alta incidencia de plagas y enfermedades.	Colores indicativos de procesos avanzados de meteorización, relacionados con la presencia de óxidos de Fe <sup>3+</sup> , condiciones de niveles bajos y medios de MO, baja fertilidad.  Los desbalances nutricionales de las plantas y que no alcanzan a ser suplidos por el abonamiento, facilitan el ataque de patógenos e insectos.  Suelos empobrecidos donde la incidencia de arvenses altamente resistentes a condiciones pobres en nutrientes se establecen en gran cantidad.
	Localización	Laderas medianamente a altamente pronunciadas.	También en las zonas más erosionadas se observa los horizontes minerales, representados en una alta cantidad de piedras y rocas. Topografía fuertemente quebrada y pendiente de alto grado.
	Humedad	<b>Barrosa:</b> El suelo permanentemente se encuentra húmedo.	Suelo con alta cantidad de arcillas y niveles freáticos altos.
	Textura	<b>Barrosa:</b> Arcillosa. <b>Pedregosa y Filo:</b> Suelta.	Suelo altamente arcilloso.  Franco arcillo arenosos, altas cantidades de arena.

## 4.5 Caracterización de Suelos Desde los Parámetros Científicos

### 4.5.1 Tierra de Buena Calidad

Según los análisis físicos y químicos realizados a muestras de suelo de las zonas que los agricultores consideraban como tierras de buena calidad, se puede destacar, los altos contenidos de materia orgánica que tienen los suelos de esta categoría, y la cual incide de manera importante en otras propiedades del suelo, pues en su estado humificado, posee numerosos radicales funcionales con una alta capacidad de cambio, que facilita la retención de nutrientes minerales y el intercambio de los mismos con la solución del suelo (Vázquez, 2008), y como se puede ver en el análisis, la CIC en estos suelos es alta, lo que aumenta la capacidad del suelo para abastecer de nutrientes a las plantas establecidas en él y además, como algunos de estos suelos se encuentran en zonas con pendientes moderadas, evita la pérdida de minerales a causa de procesos erosivos o lixiviación (Malavolta, 2006).

Otra de las propiedades que la materia orgánica favorece es la estabilidad estructural, que es la resistencia del suelo para soportar la degradación causada por diferentes factores erosivos, facilitando la cementación de las partículas minerales del suelo, formando así agregados de gran cohesión, que resultan beneficiosos también en la aireación del suelo, en su capacidad de infiltración, conducción y retención de agua; esta propiedad del suelo se midió a través del Diámetro Medio Ponderado (DMP), y de acuerdo con los datos obtenidos, el DMP para los suelos ubicados en esta categoría, indican buena estructuración, con excepción de la tierra Vagón (Jaramillo, 2002).

El color también está fuertemente relacionado con los contenidos de materia orgánica en el suelo, aunque puede estar asociado con el mineral de origen, el proceso de pedogénesis y meteorización tiene un papel importante en el resultado final, y aún más su exposición a residuos orgánicos descompuestos o en descomposición. Es común relacionar suelos oscuros con mayores contenidos de materia orgánica, debido a su descomposición y transformación en humus. El color negro en los suelos se asocia además a buena fertilidad (propiedad emergente), debido a la presencia de nutrientes minerales esenciales para las plantas como el  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  y  $\text{K}^{+}$ ; asociado también a una buena estructura, y una alta diversidad y actividad biológica (Cerón, 2001).

**Tabla 4-7:** Análisis de los suelos denominados como de “buena calidad”.

<b>Tipo de Tierra</b>	<b>Tierra Negra</b>	<b>Tierra Vagón</b>	<b>Tierra Suelta</b>	<b>Tierra Arcillosa</b>
<b>pH</b>	5.35	5.57	5.33	4.53
<b>MO (%)</b>	7.46	6.55	6.76	7.79
<b>N (%)</b>	0.78	1.22	0.96	0.55
<b>P disponible (mg/kg)</b>	7.25	8.03	6.67	8.83
<b>Ca (cmol/kg)</b>	11.33	11.47	11.87	11.95
<b>Mg (cmol/kg)</b>	3.34	3.69	3.71	3.04
<b>K (cmol/kg)</b>	2.26	0.36	0.17	0.60
<b>Na (cmol/kg)</b>	0.04	0.52	0.11	0.05
<b>Al (cmol/kg)</b>	0.12	0.18	0.13	0.60
<b>CIC (cmol/kg)</b>	36.53	35.07	36.72	40.27
<b>S (mg/kg)</b>	32.03	34.86	18.60	66.43
<b>B (mg/kg)</b>	0.72	0.66	0.42	0.97
<b>Cu (mg/kg)</b>	0.56	1.44	1.24	0.28
<b>Zn (mg/kg)</b>	5.00	2.32	5.09	14.32
<b>Mn (mg/kg)</b>	25.41	77.68	77.19	18.69
<b>Fe (mg/kg)</b>	4.15	16.13	17.32	2.22
<b>Da (g/cm<sup>3</sup>)</b>	0.89	0.99	0.97	0.96
<b>Arena (%)</b>	39.07	39.55	40.83	35.04
<b>Arcilla (%)</b>	35.16	36.63	37.43	42.03
<b>Limo (%)</b>	25.76	23.83	21.73	19.59
<b>Color Seco</b>	8.68	8.33	10.28	13.75
<b>Color Húmedo</b>	14.05	11.94	6.53	11.32
<b>DMP (mm)</b>	1.01	0.59	1.37	1.25

Según la correlación con la Carta de Color Estándar del Suelo (MACBETH, 1994), en términos generales, la tierra Negra y Vagón corresponden a colores negro parduzco o gris parduzco, la Tierra Suelta a colores marrón grisáceo y la Tierra Arcillosa a colores negro parduzco.

#### 4.5.2 Tierra de Regular Calidad

De acuerdo los análisis físicos y químicos realizados a las muestras de suelo tomadas de las zonas que los agricultores consideraban como suelos de regular calidad se puede destacar, altos contenidos de materia orgánica en la tierra Bosque, mientras que en la tierra Reseca y Terraza los niveles de MO son medios (Tabla 4-8).

Al igual que en los suelos de buena calidad, en esta categoría la CIC es alta, garantizando un mayor abastecimiento de nutrientes minerales a las plantas. Sin embargo los suelos de esta categoría están ubicados sobre pendientes pronunciadas, y por tanto el riesgo de que se generen procesos erosivos es alto.

La estabilidad estructural de estos suelos de acuerdo con su DMP, indica que para la tierra de Bosque, se encuentra en condiciones de buena estructuración, igualmente para la tierra de Terraza, aunque este último se encuentra en el límite, puesto que a partir de niveles inferiores de 0.50 mm, indica una mala estructuración, que es lo que ocurre con la tierra Reseca (Jaramillo, 2002).

De acuerdo con la Carta de Color Estándar del Suelo (MACBETH, 1994), la Tierra Terraza corresponde a colores marrón claro, la Tierra Bosque a colores marrón rojizo opaco, marrón oscuro o marrón claro brillante, la Tierra Reseca por su parte corresponde a colores marrón rojizo opaco o negro rojizo. Colores que se encuentran en variaciones del marrón con tendencia al amarillo y rojo, indicativos de suelos que han tenido procesos avanzados de meteorización, rápida incorporación de materia orgánica, y están asociados a suelos con baja fertilidad, especialmente expuestos a procesos de oxidación, donde predominan especialmente óxidos de Fe<sup>+</sup> (Juárez et al., 2007).

**Tabla 4-8:** Análisis de los suelos denominados como de “regular calidad”.

Tipo de Tierra	Tierra Terraza	Tierra Bosque	Tierra Reseca
<b>pH</b>	5.78	5.21	6.11
<b>MO (%)</b>	4.75	7.63	3.32
<b>N (%)</b>	0.24	0.49	0.68
<b>P (mg/kg)</b>	3.43	1.94	5.13
<b>Ca (cmol/kg)</b>	15.86	12.28	13.54
<b>Mg (cmol/kg)</b>	3.91	3.91	2.56
<b>K (cmol/kg)</b>	0.36	0.56	0.88
<b>Na (cmol/kg)</b>	0.92	0.12	0.47
<b>Al (cmol/kg)</b>	0.10	1.06	0.10
<b>CIC (cmol/kg)</b>	34.60	23.70	39.33
<b>S (mg/kg)</b>	21.46	26.69	27.90
<b>B (mg/kg)</b>	0.69	0.37	1.02
<b>Cu (mg/kg)</b>	1.08	2.18	1.24
<b>Zn (mg/kg)</b>	1.01	7.01	0.89
<b>Mn (mg/kg)</b>	34.35	92.47	20.62
<b>Fe (mg/kg)</b>	9.81	70.42	15.53
<b>Da (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.19	0.96	1.22
<b>Arena (%)</b>	39.36	64.27	44.93
<b>Arcilla (%)</b>	31.74	14.65	19.95
<b>Limo (%)</b>	28.91	21.08	35.11
<b>Color Seco</b>	26.90	24.11	15.21
<b>Color Húmedo</b>	43.69	24.37	19.33
<b>DMP (mm)</b>	0.49	1.13	0.39

### 4.5.3 Tierra de Mala Calidad

Según los análisis físicos y químicos realizados a las muestras de suelo tomadas en las zonas que los agricultores consideraban como suelos de mala calidad se puede destacar, contenidos medios de materia orgánica en las tierras Barrosa, Pedregosa y Amarilla, mientras que en la tierra Filo el nivel de MO es bajo. Estos niveles de MO se correlacionan estrechamente con otras propiedades del suelo, punto 4.5.6. (MO).

La CIC en los tipos de tierra Pedregosa y Amarilla tiene un nivel medio, para la tierra Filo es baja, mientras que para la tierra Barrosa es alta. En esta última se puede establecer que debido al alto contenido de arcillas, las cuales tienen mayor capacidad de cambio al tener naturalmente altas cantidades de cargas negativas, tiene una mejor calidad desde el punto de vista químico que el resto de los tipos de suelos de esta categoría, a las que también se vincula el porcentaje de MO, que si bien es medio, es bastante alto en comparación con los otros tipos (Jaramillo, 2002).

**Tabla 4-9:** Análisis de los suelos denominados como de “mala calidad”.

Tipo de Tierra	Tierra Barrosa	Tierra Pedregosa	Tierra Amarilla	Tierra Filo
pH	4.71	5.72	5.65	5.43
MO (%)	4.29	3.65	3.12	1.73
N (%)	0.51	0.17	0.37	0.32
P (mg/kg)	1.37	2.12	3.67	2.62
Ca (cmol/kg)	6.96	8.00	7.76	5.95
Mg (cmol/kg)	1.66	1.85	2.13	1.93
K (cmol/kg)	0.17	0.41	0.20	0.12
Na (cmol/kg)	0.10	0.07	0.08	0.04
Al (cmol/kg)	0.65	0.19	0.32	0.20
CIC (cmol/kg)	21.50	19.67	17.29	8.37
CICe (cmol/kg)	9.54	10.52	10.49	8.24
S (mg/kg)	25.65	32.79	19.71	24.63
B (mg/kg)	0.20	0.62	0.45	0.35
Cu (mg/kg)	2.69	1.74	1.87	3.74
Zn (mg/kg)	1.74	7.02	4.24	0.99
Mn (mg/kg)	41.93	123.44	33.71	43.29
Fe (mg/kg)	69.35	80.00	51.47	57.36
Da (g/cm <sup>3</sup> )	1.27	1.41	1.39	1.38
Arena (%)	21.58	58.37	54.17	63.50
Arcilla (%)	43.70	23.57	21.50	21.43
Limo (%)	34.73	18.07	24.33	15.07
Color Seco	31.19	29.92	16.87	20.45
Color Húmedo	26.83	40.44	24.71	32.52
DMP (mm)	0.45	0.91	0.78	0.84

Entre tanto, los demás suelos, en especial la tierra Filo, no poseen, ya sea por su material de formación, por el alto proceso de meteorización, por su bajo porcentaje de MO o una combinación de las tres, alta capacidad para intercambiar nutrientes minerales con la solución del suelo, y por ende la capacidad para suministrar nutrientes a las plantas, por ello los agricultores les otorgan a estos suelos menores potencial para soportar cultivos u obtener altas producciones.

De acuerdo con el DPM, todos los suelos tienen una buena estabilidad estructural (>0.50 mm), exceptuando la tierra Barrosa, que posee las mejores cualidades químicas de esta categoría, sin embargo tiene reducidas características desde el punto de vista físico, no hay un equilibrio que permita el buen desarrollo de las plantas (Jaramillo, 2002).

Según La Carta de Color Estándar del Suelo (MACBETH, 1994), la tierra Barrosa corresponde a colores marrón rojizo opaco o naranja, la tierra Pedregosa a colores amarillo naranja o marrón amarillento claro, la tierra Amarilla por su parte corresponde a colores naranja opaco o naranja rojizo pálido y la tierra Filo corresponde a colores naranja y naranja amarillo opaco. Al igual que con las tierras regulares, los colores de suelo de esta categoría, están establecidos como variaciones del marrón en su mayoría con tonalidades rojas y amarillas, propias de suelos de baja fertilidad, debido a procesos de meteorización avanzados, también asociados a procesos de oxidación donde predominan especialmente los óxidos de Fe<sup>+</sup>.

## 4.6 Análisis Estadísticos de Variables Estudiadas

Para el análisis estadístico, se ha asignado un número para referenciar cada tipo de suelo en las figuras, donde se pueden observar su valor promedio, desviación estándar y las convenciones para identificar las diferencias significativas. Las referencias son: tierra Negra (1), Vagón (2), Suelta (3), Arcillosa (4) Terraza (5), Bosque (6), Reseca (7), Barrosa (8), Pedregosa (9), Amarilla (10) y Filo (11). A las figuras se les asignó convenciones para identificar las diferencias significativas entre tipos de suelo, estas son las letras A, B, C, D, E y F cada una representa un grupo donde no se presentaron diferencias significativas. Los colores verde, azul y rojo en las figuras representan las categorías referenciadas por los agricultores, buena, regular y mala calidad respectivamente.

### 4.6.1 Variables Físicas

Las variables medidas tienen relación directa entre sí, pues la Da y DMP están asociadas a los contenidos de arcillas, y MO; menores valores de Da y mayores de DMP, se esperan en suelos con colores oscuros, pues sus contenidos de arcilla, y MO, tienden a ser más altos.

Reflejado en los datos obtenidos, pues los suelos de buena calidad, en general, se encuentran clasificados como Franco Arcillosos (Tabla 4-10), contenidos de arcillas que influye en los valores medios de Da ( $0.9-1.2 \text{ g/cm}^3$ ), también facilitan la formación de agregados estables, de donde se explica la estabilidad moderada (DMP; Tabla 4-12), y junto con los altos valores de MO (4.5.6), influye en sus tonalidades marrones y negras (Tabla 4-11); los de regular calidad, algunos poseen altos contenidos de arcilla y otros de arena (Tabla 4-10), tienen en general valores medios de Da, menor estabilidad que la categoría anterior, y colores marrones claros; en general, los suelos de mala calidad están clasificados como Franco Arcillo Arenosos, que reflejan mayores contenidos de arenas, las que contribuyen a su alta Da ( $>1.2 \text{ g/cm}^3$ ), y a sus valores de DMP, que son variables, pero con tendencia a la inestabilidad (Tabla 4-12), también influenciado los colores claros que poseen, con tonalidades amarillas y rojizas (Tabla 4-11).

- **Densidad Aparente (Da)**

Se presentan diferencias significativas entre los suelos catalogados como de buena y mala calidad, y en general, los de regular calidad tienen similitudes estadísticas con las dos categorías anteriores (Figura 4-5).

- **Textura**

**Tabla 4-10:** Composición textural de los tipos de suelo.

Tipo de Tierra	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Textura
1. Negra	39.07	35.16	25.76	Franco Arcilloso
2. Vagón	39.55	36.63	23.83	Franco Arcilloso
3. Suelta	40.83	37.43	21.73	Franco Arcilloso
4. Arcillosa	35.04	42.03	19.59	Arcilloso
5. Terraza	39.36	31.74	28.91	Franco Arcilloso
6. Bosque	64.27	14.65	21.08	Franco Arenoso
7. Reseca	44.93	19.95	35.11	Franco
8. Barrosa	21.58	43.70	34.73	Arcilloso
9. Pedregosa	58.37	23.57	18.07	Franco Arcillo Arenoso
10. Amarilla	54.17	21.50	24.33	Franco Arcillo Arenoso
11. Filo	63.50	21.43	15.07	Franco Arcillo Arenoso

En las tierras Arcillosa y Barrosa, catalogadas ambas como suelos Arcillosos, la ventaja comparativa de tener mayores contenidos de arcilla, puede representar una dificultad, tenderán a compactarse en periodos de pocas lluvias y/o sequias, o retener altos contenidos de humedad en periodos de alta precipitación, que pueden provocar zonas anaeróbicas en el suelo, perjudicando los procesos metabólicos de microorganismos y plantas (Navarro & Navarro, 2003).

- **Color**

Los suelos de buena calidad poseen colores oscuros, probablemente a sus altos contenidos de MO (4.6.4.2.), en los suelos de regular calidad aparecen tonalidades más claras y que manifiesten presencia de óxidos de  $Fe^{+3}$ ; por otro lado en los suelos de mala calidad, pueden existir altas cantidad de óxidos de  $Fe^{+3}$ , pues es este elemento el que ocasiona tonalidades amarillas y rojizas (Juárez et al., 2007).

**Tabla 4-11:** Análisis del color del suelo.

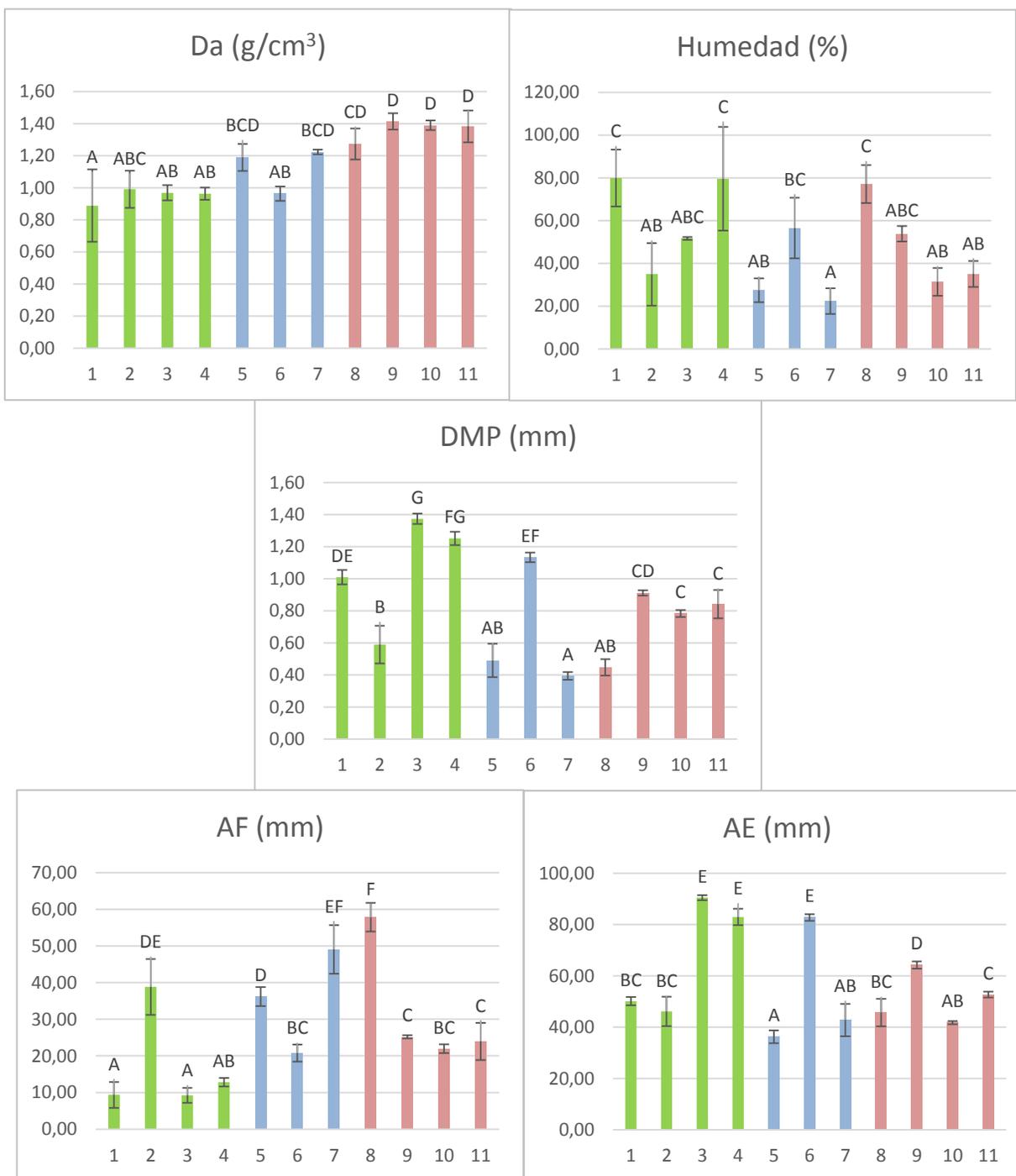
<b>Tipo de Tierra</b>	<b>Color Seco</b>	<b>Color Húmedo</b>
<b>1. Negra</b>	Marrón Amarillo Grisáceo	Negro Marrón
<b>2. Vagón</b>	Gris Parduzco	Marrón Amarillo Grisáceo
<b>3. Suelta</b>	Marrón Amarillo Grisáceo	Gris Parduzco
<b>4. Arcillosa</b>	Negro Marrón	Negro Marrón
<b>5. Terraza</b>	Naranja	Marrón Rojizo Opaco
<b>6. Bosque</b>	Marrón Amarillo Opaco	Marrón
<b>7. Reseca</b>	Gris Parduzco	Marrón Rojizo Opaco
<b>8. Barrosa</b>	Marrón Amarillento Luminoso	Marrón Rojizo Opaco
<b>9. Pedregosa</b>	Naranja Amarillo	Marrón Rojizo Luminoso
<b>10. Amarilla</b>	Naranja Amarillo Opaco	Naranja Opaco
<b>11. Filo</b>	Naranja Opaco	Naranja

- **Diámetro Medio Ponderado (DMP)**

De acuerdo con la Figura 4-5, no hay diferencias significativas entre categorías. Según Le Bissonnais, Y., & Le Souder, C., (1995), el DMP de los suelos de buena calidad puede clasificarse en cuanto a su estabilidad, como Moderadamente Estables y Estables, con excepción de la tierra Vagón que se encuentra en la categoría de Inestable, posiblemente a las condiciones de relieve por las cuales este tipo de suelo se encuentra en la parte baja de las laderas, producto del movimiento desde las partes altas de las mismas, en donde se acumula y por tanto no está completamente estructurado y formando coloides de mayor tamaño; aunque se debe resaltar

que las zonas donde este suelo se encuentra, no tienen gradientes de pendiente altos y poseen buena cobertura vegetal, por lo que no se vería afectado por procesos de erosión (Jaramillo, 2002).

**Figura 4-5:** Da, Humedad, DMP, AF y AE.



**Tabla 4-12:** Características de estabilidad de acuerdo con el DMP.

Tipo de Tierra	DMP (mm)	Estabilidad	Impermeabilidad	Escorrentía y Erosión
<b>1. Negra</b>	1.01	Moderadamente Estable	Común	Riesgo variable en función de los parámetros climáticos y topográficos
<b>2. Vagón</b>	0.59	Inestable	Muy Común	Riesgo frecuente en cualquier situación
<b>3. Suelta</b>	1.37	Estable	Ocasional	Riesgo limitado
<b>4. Arcillosa</b>	1.25	Moderadamente Estable	Común	Riesgo variable en función de los parámetros climáticos y topográficos
<b>5. Terraza</b>	0.49	Inestable	Muy Común	Riesgo frecuente en cualquier situación
<b>6. Bosque</b>	1.13	Moderadamente Estable	Común	Riesgo variable en función de los parámetros climáticos y topográficos
<b>7. Reseca</b>	0.39	Muy Inestable	Sistemática	Riesgo permanente y significativa en todas las condiciones topográficas
<b>8. Barrosa</b>	0.45	Inestable	Muy Común	Riesgo frecuente en cualquier situación
<b>9. Pedregosa</b>	0.91	Moderadamente Estable	Común	Riesgo variable en función de los parámetros climáticos y topográficos
<b>10. Amarilla</b>	0.78	Inestable	Muy Común	Riesgo variable en función de los parámetros climáticos y topográficos
<b>11. Filo</b>	0.84	Moderadamente Estable	Común	Riesgo variable en función de los parámetros climáticos y topográficos

Por otra parte los suelos de regular calidad, tienden a ser Inestables, y con excepción de la tierra Bosque, son bastantes susceptibles, tal como indica la Tabla 4-12, ya que las condiciones topográficas en las que se encuentran, facilitan la constante pérdida de suelo, está sometido a variados procesos de erosión, donde algunos cultivos de ciclo corto que mantienen en la zona no tienen la suficiente configuración de raíces o cobertura, tanto en área como en periodos largos de tiempo, pues el maíz (*Zea mays*) y el frijol (*Phaseolus vulgaris*) se renuevan después de la cosecha. La tierra Reseca que mantiene cobertura de cultivos de mango (*Mangifera indica L.*) y Guanábana (*Annona muricata*), es la zona donde con menor incidencia se presenten procesos erosivos, sin embargo es de resaltar que este tipo de suelo ya presenta importante degradación por erosión.

Los suelos de mala calidad, se encuentran en la categoría de Moderadamente Estable e Inestable; lo que compromete la situación de las tierras Filo y Amarilla, pues son los que se encuentran en las condiciones orográficas más susceptibles.

#### 4.6.2 Variables Químicas

La mayor disponibilidad de N, P, Ca, Mg, K y S, ocurre entre  $5.0 < \text{pH} < 6.0$ , rango en el cual se encuentran la mayoría de suelos de todas las categorías; en cuanto a los microelementos, la mayor disponibilidad de B ocurre a partir de  $5.7 < \text{pH} < 7$ , mientras que Fe, Mn, Zn y Cu, se encuentran considerablemente disponibles a  $\text{pH} < 5.0$ ; por lo que de acuerdo con el pH, solo deberían encontrarse valores altos de B, con excepción de las tierras Arcillosa y Barrosa con  $\text{pH} < 5$ , (Pintón, 2009).

Lo anterior concuerda con los resultados en los suelos de buena calidad, donde, en general, la disponibilidad de estos elementos es mayor que en las otras dos categorías, también relacionado con los mayores contenidos en MO, que es fuente importante de P y bases intercambiables. En las tierras Vagón y Negra, predominan sistemas agroforestales, con alta diversidad, variedades de café (*Coffea arabica L.*), plantas fijadoras de nitrógeno que generalmente están asociadas a hongos micorrícicos, que facilitan el transporte del P y otros nutrientes minerales como Zn y Cu, y en la micorrizosfera, también están asociados a microorganismos solubilizadores de Pi (Reyes, 2013).

También se presentan niveles altos, además de B, de Zn y Mn, y niveles medios y bajos de Cu y Fe respectivamente. En los suelos catalogados como de buena calidad hay mayor cantidad de MO, mejores condiciones de pH que favorecen la solubilización del Fe, y preferibles cualidades físico-químicas (mayor disponibilidad de nutrientes esenciales) para que tanto plantas como microorganismos simbióticos o de vida libre, puedan producir sideroforos y fitosideroforos, y así evitar deficiencias (Hernández, 2013; Pintón, 2009).

Los suelos de regular calidad, poseen alta disponibilidad de Ca, Mg, y K (dado que los contenidos de Al y Na son muy bajos y no repercuten especialmente en esta variable), aunque en general los contenidos de MO, no sean altos. También manifiestan valores altos de B y Mn, y medianos y bajos de Cu, Zn y Fe (Figura 4-6).

La menor cantidad de MO encontrada en los suelos de mala calidad, repercute también en los bajos contenidos de N, P, Ca, Mg y S, lo que está asociado también a procesos de elevada meteorización, degradación por manejo y erosión debido a las condiciones orográficas; además se presentan altos contenidos de Mn y Fe, este último, igualmente característico de suelos ácidos altamente meteorizados, además en ambientes aeróbicos como el suelo, por procesos de

meteorización pueden precipitar a formas insolubles de óxido e hidróxidos de Fe (III), estados no disponibles para las plantas (Cerón & Aristizábal, 2012; Juárez, 2007; Campillo & Sadzawka, 2006).

Los altos contenidos de Fe están también relacionados con la baja disponibilidad de P y Zn, pues los óxidos de Fe los pueden retener. La producción de sideroforos y fitosideroforos puede ocurrir también en estos suelos, pero debido a las limitaciones nutricionales, bajos contenidos de MO y de elementos como P y bases intercambiables, puede acarrear enormes gastos de fotosintatos que en definitiva terminan por afectar la producción de los cultivos (Juárez, 2007).

Es posible que los altos niveles de Mn en todos los tipos de suelo, provoque problemas a las plantas debido a que se encuentra en proporciones de 7 a 12 veces mayores al rango alto (Rodríguez & Morales, 2005).

- **Potencial de Hidrógeno (pH)**

Según FAO (2016), los suelos ácidos, son aquellos que contienen un pH inferior a 5.5; en los suelos estudiados, esta variable, dado la categorización realizada por los agricultores, se encuentra dentro del rango de suelos ácidos y neutros, información estimada por los agricultores, indistintamente de la categorización que les otorgan, para los que todos los suelos se encuentran dentro del rango ácido, haciendo mención solo sobre aquellos que consideraban especialmente ácidos.

- **Materia Orgánica (MO)**

De acuerdo con la correspondencia entre la clasificación local y el conocimiento académico, Tabla 4-6, esta es una de las variables que más integra referentes de identificación usados por los agricultores para determinar la calidad de los suelos (color, textura, productividad, humedad, grosor capa vegetal, macro y microorganismos). En concordancia con el análisis de suelo, hay una correlación entre las dos perspectivas, donde los suelos catalogados como de buena calidad, tienen en general, un porcentaje mayor de MO, que los considerados como de regular y mala calidad (Figura 4-6).

La tierra Bosque se encuentra en la categoría de suelos “regulares”, sin embargo, los procesos de descomposición de residuos orgánicos como hojas, raíces, frutos y ramas, han provocado un aumento considerable de MO en la capa vegetal del suelo (acumulación), que se ven reflejados

en su alto valor (Hernández, 2013). No obstante esto no implica que la tierra Bosque sea, en general, un suelo que deba considerarse como de buena calidad, como ya se explicó en el punto 4.4.2. (Tierra Bosque).

Aunque hay diferencias significativas entre las categorías de suelos de buena y mala calidad, los suelos de regular calidad, con excepción de tierra Bosque que solo tiene similitudes con la primera categoría, presentan similitudes estadísticas con las dos categorías anteriores (Figura 4-6).

- **Nitrógeno (N)**

En general, no se presentan diferencias significativas entre categorías (Figura 4-6). Según la clasificación propuesta por el Manual de Técnicas de Análisis de Suelos (Fernández et al., 2006), todos los suelos presentan niveles altos, por encima de 0.221%. Los suelos catalogados como de buena calidad, tienen una mayor cantidad de N total que los categorizados como de regular y mala calidad.

En los suelos de buena calidad, existe una mayor variedad de cultivos que en los de regular y mala calidad, específicamente, se encuentran plantas de la familia de las leguminosas, fijadoras de N<sub>2</sub>; en las tierras Vagón y Negra, hay Chachafruto (*Erythrina edulis*) y Frijol Guandul (*Cajanus cajan*), en la Suelta se hacen rotaciones entre Frijol (*Phaseolus vulgaris*) y Mora, lo que explica, los mayores valores de esta variable en esta categoría de suelos, además de su bajo nivel de degradación.

- **Fósforo (P)**

Los datos obtenidos, muestran diferencias significativas, en general, entre las categorías de suelos de buena y mala calidad, mientras que los de regular calidad, comparten similitudes estadísticas con suelos de las otras dos categorías (Figura 4-6). El nivel de P en los suelos de buena calidad es medio, mientras que todos los de regular y mala calidad, con excepción de la tierra Reseca ubicada también en un nivel medio, tienen niveles bajos (Hernández, 2013).

El P, al igual que el N y K, es un nutriente primario, limitante para el correcto desarrollo de las plantas en determinadas etapas fenológicas y en su sanidad vegetal, ya que es un componente de los ácidos nucleicos, de los fosfolípidos y del ATP (Fernández et al., 2006; Quintero, 1995). El P inorgánico (Pi) se encuentra mayormente fijado en el suelo y su disponibilidad en la solución

del suelo es baja, la mayoría del P disponible, después de su mineralización, para las plantas es P orgánico (Po) (Cerón & Aristizábal, 2012).

- **Calcio (Ca)**

De acuerdo con análisis estadístico, se encontraron diferencias significativas entre los suelos categorizados como de buena y mala calidad; aun siendo los suelos de regular calidad, estadísticamente similares a los de buena calidad tienen en general una mayor cantidad de Ca (Figura 4-6). Según la categorización para niveles críticos en el suelo para los contenidos de Ca intercambiable, tanto suelos de regular y buena calidad, se encuentran en valores altos de Ca (>6 cmol/Kg), mientras que los suelos de mala calidad, están en un rango medio (3-6 cmol/Kg) (Hernández, 2013; Chavarriaga, 2001; ICA, 1992).

El Ca, según Barber, S., (1995), proviene del material parental, del grado de meteorización y si se han aplicado enmiendas, del nivel de las cantidades aplicadas, por lo que su contenido en el suelo puede variar ampliamente. Por otro lado, el  $\text{Ca}^{+2}$ , lo pueden obtener las plantas de la MO, o en combinación con ácidos húmicos y fosfóricos, en humatos y fosfolípidos cálcicos (Navarro & Navarro, 2003).

- **Magnesio (Mg)**

No hay diferencias significativas entre las categorías de suelos mencionadas por los agricultores (Figura 4-6). Según el Hernández, J. (2013), los niveles de Mg, en las categorías de buena y regular calidad, son altos, mientras que en los de mala calidad, es medio. Debido a que el Mg es un importante elemento de la clorofila, igualmente de enzimas y vitaminas, y participa en la toma de nutrientes, es un mineral esencial para las plantas (Navarro & Navarro, 2003).

La relación Ca/Mg, para las diferentes categorías propuestas por los agricultores (Tabla 4-13), para la mayoría de suelos, independientemente de la categoría asignada, se encuentran en una relación ideal, 2-4, es decir hay disponibilidad para la mayoría de los cultivos de Ca y Mg, exceptuando los tipos Terraza (4,06), Reseca (5,29), Barrosa (4,20) y Pedregosa (4,32), suelos considerados de regular y mala calidad (Hernández, 2013). Esta relación no ideal, manifiesta deficiencias de Mg, lo que no ocurre en ninguno de los suelos catalogados por los agricultores como de buena calidad.

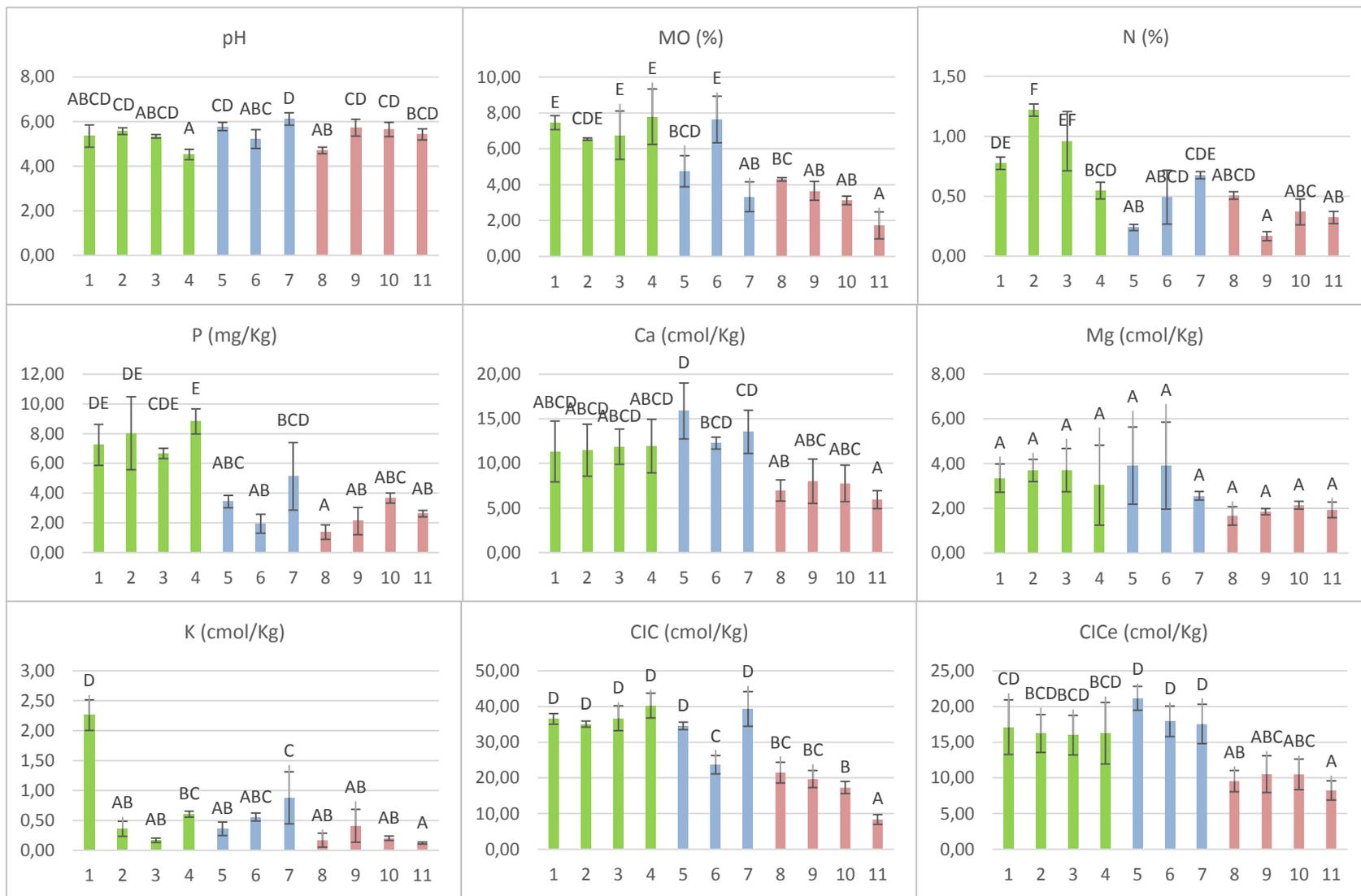
- **Potasio (K)**

No hay diferencias significativas entre categorías (Figura 4-6). Las categorías de suelos de buena y mala calidad, tienen valores bajos, medios y altos; la categoría de suelos de regular calidad tiene valores medios y altos. De acuerdo con la Tabla 4-13, las relaciones Ca/K, no es ideal (ideal=6, deficiencias de K >30), para ningún tipo de suelo, y muestra deficiencias en las tierras Vagón (31,85), Suelta (69,97), Terraza (43,87), Barrosa (40,99), Amarilla (38,63) y Filo (47,95), que pertenecen a las tres categorías propuestas por los agricultores (Hernández, 2013).

**Tabla 4-13:** Relaciones entre las bases intercambiables del suelo.

Tipo de Tierra	Ca/Mg	Mg/K	Ca/K	Ca+Mg/K
<b>1. Negra</b>	3.39	1.48	5.01	6.49
<b>2. Vagón</b>	3.11	10.24	31.85	42.10
<b>3. Suelta</b>	3.20	21.85	69.97	91.82
<b>4. Arcillosa</b>	3.94	5.03	19.79	24.82
<b>5. Terraza</b>	4.06	10.81	43.87	54.68
<b>6. Bosque</b>	3.14	7.02	22.07	29.09
<b>7. Reseca</b>	5.29	2.92	15.44	18.35
<b>8. Barrosa</b>	4.20	9.75	40.99	50.74
<b>9. Pedregosa</b>	4.32	4.52	19.50	24.02
<b>10. Amarilla</b>	3.64	10.62	38.63	49.25
<b>11. Filo</b>	3.08	15.57	47.95	63.51

**Figura 4-6:** Propiedades químicas, pH, MO, macroelementos y CIC.



Igualmente para la relación Mg/K, donde no se presenta relación ideal para ningún tipo de suelo (ideal=3, deficiencias de  $K > 18$ ), y se muestran deficiencias de K en la tierra Suelta (21,85) (Hernández, J., 2013). La relación Ca+Mg/K, muestra que no hay relaciones ideales en ningún tipo de suelo (ideal=10, deficiencias de  $K > 40$ ), y permite mostrar deficiencias de K en tipos de suelo de distintas categorías, Vagón (42,10), Suelta (91,82), Terraza (54,68), Barrosa (50,74), Amarilla (49,25), Filo (63,51) (Hernández, 2013).

De acuerdo con la Tabla 4-13, en las distintas categorías, se presentan deficiencias de K, nutriente importante en la defensa contra patógenos, significativo en las estructuras de tallos y en la calidad de las semillas (Navarro & Navarro, 2003).

- **Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)**

De acuerdo con los resultados obtenidos hay diferencias significativas entre las categorías de buena y regular calidad con las de mala calidad, solo la tierra Bosque se diferencia significativamente de la primera categoría (Figura 4-6). Los rangos de los suelos catalogados como de buena y regular calidad son altos ( $> 30$  Cmol/Kg), a excepción de la tierra Bosque que se encuentra en un nivel medio (10-30 Cmol/Kg); por su parte, los suelos catalogados como de mala calidad oscilan entre el rango medio, solo la tierra Filo se puede catalogar en el rango bajo ( $< 10$  Cmol/Kg) (Hernández, 2013).

Esta variable es de importancia central en la catalogación de suelos con alta fertilidad, pues se relaciona, generalmente, al tipo y a los contenidos de arcillas y MO, a mayor contenido de estas, mayor es el potencial del suelo para intercambiar cationes con la solución del suelo. En la medición de la CIC se aglutina gran parte de la información que puede suministrar un análisis básico de suelos. Para conocer una aproximación más exacta a la realidad del suelo, se puede obtener la capacidad de intercambio catiónico efectiva ( $Ca^{+2} + Mg^{+2} + K^{+} + Na^{+} + Al^{+3} + H^{+}$ ) (Marschner, 2002).

- **Sodio (Na)**

No se observan diferencias significativas entre categorías (Figura 4-7). Todos los suelos se encuentran en niveles óptimos de Na y no reviste problemas para el normal desarrollo de las plantas o para la estructura y agregación del suelo (Hernández, 2013).

- **Aluminio (Al)**

En todos los suelos evaluados no se presentan niveles de toxicidad ( $>2$  Cmol/Kg); el % de Saturación de Al es inferior al 25%, valor de referencia para evaluar problemas con su contenido en el suelo. La relación  $(Ca+Mg+K)/Al > 1$  en todas los tipos de suelos, por lo que no se presentan problemas con el nutriente, es decir se considera que todos los tipos de suelos se encuentran en un rango normal y que por tanto el Al no representa problemas para su manejo (Hernández, 2013).

**Tabla 4-14:** Relación del Al con bases intercambiables del suelo y su porcentaje de saturación.

Tipo de Tierra	Ca+Mg+K/Al	% Sat Al
1. Negra	139.19	0.71
2. Vagón	85.49	1.12
3. Suelta	119.58	0.82
4. Arcillosa	25.89	3.71
5. Terraza	194.80	0.49
6. Bosque	15.75	5.93
7. Reseca	164.31	0.59
8. Barrosa	13.54	6.80
9. Pedregosa	54.39	1.79
10. Amarilla	31.87	3.02
11. Filo	40.00	2.43

No hay alta solubilización de Al, por lo que estos suelos deben tener altos contenidos de  $H^+$  retenidos en el complejo de cambio, provocado, por los contenidos de MOS, que liberan hidrogeniones; sucede con los residuos orgánicos que liberan  $CO_2$ , que se combina con agua y forma ácido carbónico y al ser disociado se convierte en fuente de acidez del suelo; por otro lado, las leguminosas debido a su mecanismo para la fijación de  $N_2$ , liberan hidrogeno a la solución del suelo, contribuyendo también a la gradual acidificación del suelo (Campillo & Sadzawka, 2006).

- **Azufre**

No se presentan diferencias significativas entre categorías (Figura 4-7). La mayoría de suelos presentan valores altos ( $>20$  mg/Kg), exceptuando la tierra Suelta y Amarilla, con niveles medios (10-20 mg/Kg) (Hernández, 2013; Chavarriaga, 2001; ICA, 1992).

El S en las plantas forma parte de los aminoácidos cistina, cisteína, metionina, proteínas de hierro (Fe) y S (ferridoxinas), tioredoxinas, sulfolípidos, cisternas substituidas (Se-cisteínas), ésteres de sulfato (colina), flavonoides, lípidos, glucosinolatos, polisacáridos, sulfónicos y compuestos reducidos. Igualmente de la tiamina, la biotina, la coenzima A, ácido lipóico y enzimas. Aunque no hace parte de la clorofila, sí interviene en su formación (Malavolta, 2006).

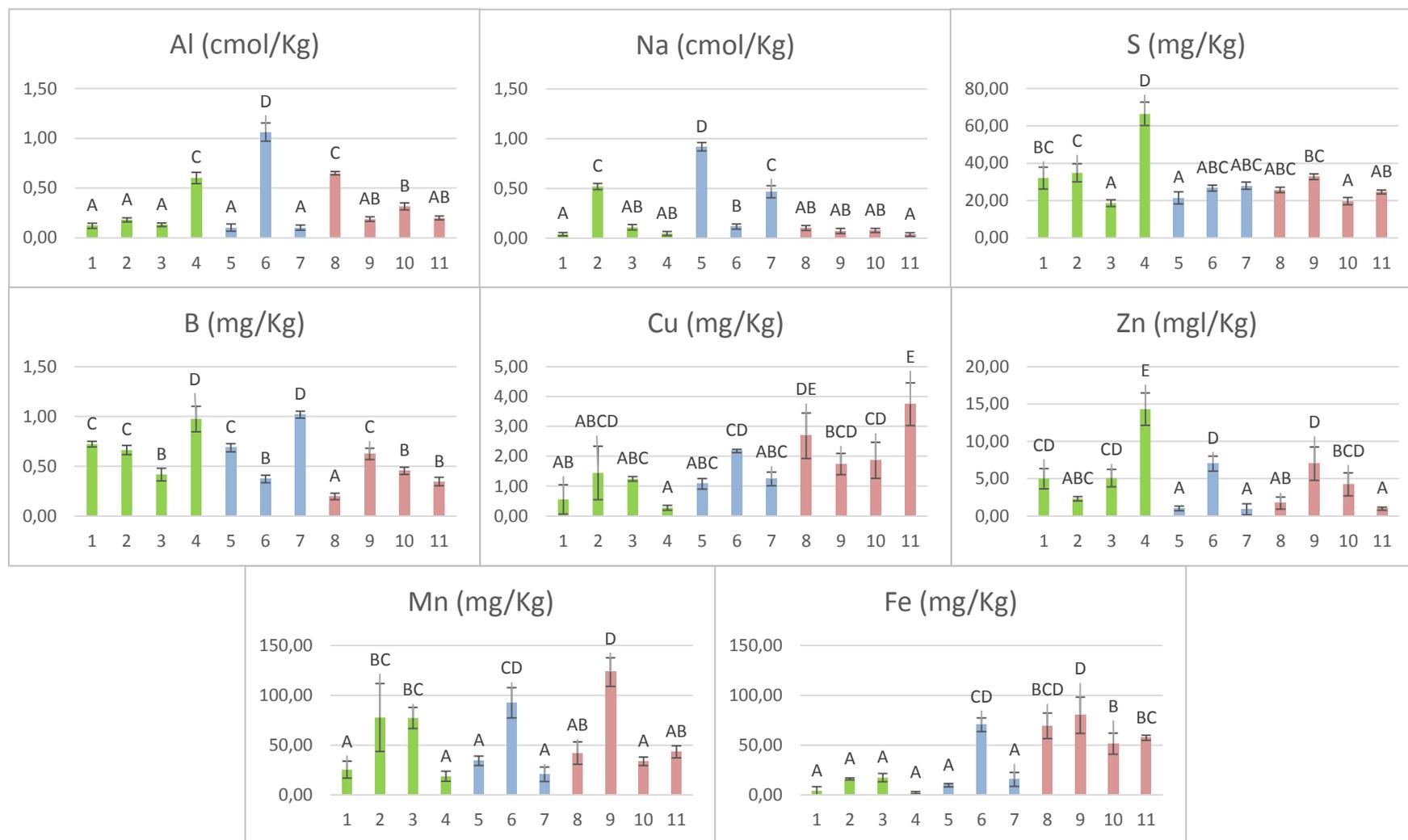
En otras palabras el S está asociado con el crecimiento y la producción. También interviene significativamente en los mecanismos de defensa de las plantas, a través de una amplia gama de metabolitos secundarios (glucosinolatos, GHS, fitoalexinas y posiblemente S<sup>0</sup>), que contienen en su estructura N y S (Hammond-Kosack, K., Jones, J., 2000).

- **Boro**

No se presentan diferencias significativas entre categorías (Figura 4-7). Los suelos de buena y regular calidad, se encuentran en valores altos (>40 mg/Kg), con excepción de Bosque que está dentro del rango medio (20-40 mg/Kg). Los suelos catalogados como de mala calidad, tierra Barrosa y Filo, presentan valores medios; Pedregosa y Amarilla, se encuentran en el rango alto (Hernández, 2013; Chavarriaga, 2001; ICA, 1992).

Las concentraciones totales de B en el suelo varían entre 20-200 mg/kg, mayormente fijado e inaccesible para las plantas. La disponibilidad del B para las plantas depende de la capacidad de adsorción de los coloides del suelo, como óxidos de Fe y Al, minerales arcillosos, MO, hidróxido de magnesio [Mg(OH)<sub>2</sub>] y carbonato de calcio (CO<sub>3</sub>Ca). El aumento de la adsorción depende del aumento en los contenidos de arcilla y el incremento del pH del suelo (Daroub & Snyder, 2007; Yamada, 2000).

**Figura 4-7:** Al, Na, S y microelementos.



- **Cobre**

No hay diferencias significativas entre categorías (Figura 4-7), a pesar de que el grupo de suelos de mala calidad son los que tienen los valores más altos, están dentro del rango medio (1-3 mg/Kg), con excepción de Filo que tiene un nivel alto (>3 mg/kg); todos los suelos de las categorías de buena y regular calidad se encuentran en el rango medio, con excepción la tierra Negra y Arcillosa que están en el nivel bajo (<1 mg/Kg) (Hernández, 2013).

La disponibilidad del Cu en el suelo para la absorción de las plantas, es variable, debido a que puede formar complejos insolubles con la MO, con arcillas o con aniones como  $\text{CO}_3^{2-}$  y  $\text{S}^{2-}$ , dependiendo de algunas características del suelo como el pH, la CIC, y el nivel de la MO. Por otro lado, el Cu incrementa su solubilidad en suelos acidificados por la acción de las plantas, al liberar protones a la rizosfera por medio de las enzimas  $\text{H}^+$ -ATPasas (Palmer & Guerinot, 2009).

- **Zinc**

No hay diferencias significativas entre los diferentes grupos de suelos (Figura 4-7). Por un lado los suelos catalogados como de buena calidad se encuentran en niveles altos (>3 mg/Kg), con excepción de Vagón que está en el nivel medio (1.5-3 mg/Kg); los suelos de regular calidad son más fluctuantes que los primeros, dos se ubican en el nivel bajo (<1.5 mg/Kg), Bosque está en un nivel alto; los suelos de mala calidad, se mueven entre los tres niveles de Zn anteriormente mencionados (Hernández, 2013).

El Zn en la solución del suelo se encuentra como  $\text{Zn}^{+2}$ , de donde las plantas lo absorben mediante difusión. Generalmente en el suelo es poco soluble, si bien las concentraciones en el suelo oscilan entre 50-300 mg/Kg (Ferraris, G., 2010). El Zn es un micronutriente esencial en la nutrición de las plantas, implicado en su metabolismo, haciendo parte en forma funcional, estructural o como cofactor regulador de procesos enzimáticos, entre ellos, la activación de enzimas, síntesis de aminoácidos y fitohormonas (Vázquez, 2006).

- **Manganeso**

En general, no se presentan diferencias significativas entre categorías (Figura 4-7). De acuerdo con los niveles del nutriente en el suelo, todos se encuentran en rango alto (>10 mg/Kg) (Hernández, 2013; Chavarriaga, 2001; ICA, 1992).

Los efectos tóxicos del Mn pueden verse aumentados por las altas temperaturas y por las condiciones nutricionales que prevalecen bajo excesos de este nutriente. El exceso de Mn puede provocar la falsa percepción de deficiencias de otros elementos como Fe, Ca y Mg, debido a desbalances o competencias. Los síntomas de deficiencias de Ca, en presencia de elevadas concentraciones de Mn, son inducidos indirectamente al influir negativamente en la movilización del nutriente dentro de la planta y no por interferir en su absorción (Rodríguez & Morales, 2005).

- **Hierro**

Se presentan diferencias significativas entre las categorías de suelos catalogadas como de buena y mala calidad, y en general, también entre los de regular y mala calidad, solo la Tierra Bosque es estadísticamente similar a estos últimos (Figura 4-7). De acuerdo con los niveles de Fe en el suelo, los suelos de buena y regular calidad se encuentran en niveles bajos (<25 mg/Kg), con excepción de tierra Bosque y todos los suelos de mala calidad que se encuentran en niveles altos (>50 mg/Kg) (Hernández, 2013; Chavarriaga, 2001; ICA, 1992).

De los estados de oxidación presentes en el suelo, las plantas tienen preferencia por el Fe (II) sobre el Fe (III), por lo que a través de la enzima reductasa, es capaz de reducir el Fe (III) que predomina en los suelos aeróbicos. La máxima actividad de la reductasa se ha establecido en un rango de pH entre 4 y 5 (Schmidt & Bartels, 1997).

Además la solubilidad de los óxidos e hidróxidos de Fe (III) en el suelo, está relacionada con el pH, siendo más soluble a pH entre 4-6; depende también del contenido de MO, donde la asociación del Fe con agentes quelantes de la misma produce complejos que aumentan sustancialmente la concentración y movilidad de este nutriente en la solución del suelo. La procedencia de estos agentes quelantes es variable, como la transformación de MO (ácidos fúlvicos, aminoácidos, entre otros), fitosideroforos y sideroforos (Juárez, et al., 2007).

## **4.7 Análisis de Componentes Principales (ACP)**

### **4.7.1 Matriz de Correlaciones**

El pH tuvo una relación inversa con la MO (-0.29) (Tabla 4-17), debido a que la MO humificada libera hidrogeniones a la solución del suelo, aunado a que la descomposición de residuos orgánicos genera CO<sub>2</sub> que combinado con agua forma ácido carbónico, y este al disociarse

aumenta la acidez al suelo; es decir a mayor contenido de MO, menor será el pH (Campillo, 2006).

Las variables en las que influye positivamente el contenido de MO en el suelo son, de acuerdo con el coeficiente de correlación, Mg (0.53), CIC (0.52), % humedad (0.52), DMP (0.52), AE (0.52), Zn (0.49) y Ca (0.48). Y de forma inversa con la Da (-0.79), RRTHh (-0.44), Cu (-0.42) y AF (-0.42). Los resultados obtenidos, aluden a relaciones de la MO con variables vinculadas al intercambio de cationes, macroelementos, la estructura (porosidad) del suelo, y disponibilidad de algunos microelementos, mostrando que a mayores contenidos de MO, se encuentran valores más altos de Mg, CIC y Ca, debido a que la MO realiza grandes aportes de estos al suelo (Marschner, 2002).

Las variables relacionadas con la MO, también lo hacen entre sí, los coeficientes de correlación muestran conexiones positivas entre los valores de N, P y CIC (N y CIC: 0.55; P y CIC: 0.71; N y P: 0.62); las variables anteriores tienen vínculos inversos con la Da (CIC: -0.54; N:-0.51; P:-0.39); lo que indica un estrecho nexo con la capacidad de las arcillas para intercambiar nutrientes con la solución del suelo, indispensables para el metabolismo de los microorganismos implicados en la fijación biológica del N<sub>2</sub> y la solubilización del P (Marschner, 2002).

La relación negativa entre estas variables y la Da, se asocia a que en suelos con alta densidad, el contenido de MO es bajo, afectando de manera directa la CIC, pues la MO está ligada a las propiedades químicas del suelo, siendo una fuente importante de N y otros nutrientes. También es importante en la estabilidad de los agregados del suelo, pues les confiere mayor cohesión, reflejado en el coeficiente de correlación, donde se evidencia que a mayores contenidos de MO mayor es el DMP, y por tanto, mayor es la capacidad del suelo para resistir el embate de factores erosivos (Jaramillo, 2002; Marschner, 2002).

La MO también se relaciona de forma inversa con el color del suelo, bajo la fórmula RRTH, mayoritariamente en húmedo (-0.44). La conversión del color a cantidades numéricas bajo la fórmula RRTH, genera los mayores valores para colores claros y los menores para los oscuros. El color del suelo expresado bajo esta fórmula, también genera relaciones inversas con N, P y CIC, por lo que a mayor cantidad de estos, se obtendrán los valores más bajos con la fórmula, tanto para el color estimado en seco como para el húmedo, es decir cuando se obtienen colores

oscuros, los suelos tienen mayores niveles de CIC, y N y P disponibles (Jaramillo, 2002; Le Bissonnais & Le Souder, 1995).

La fórmula RRTH en seco, genera relaciones positivas con Fe (0.62), con el RRTH en húmedo se presentan relaciones positivas con Fe (0.44) y Da (0.46); es decir, cuanto mayor sea el valor arrojado por la fórmula más alto se encuentran los valores de Fe; en otras palabras, el color del suelo tendrá tonalidades claras (marrón claro, amarillo, rojo), de acuerdo con lo expuesto en el punto 4.5.6. (Hierro); con respecto a la relación con la Da, entre mayor sea su valor, más alto será el número arrojado por la fórmula, lo que significa que el color del suelo tiene tonalidades claras, y dada la relación inversa de la Da con la MO, menor será la cantidad de MO, por tanto mayor cantidad de Fe en estos suelos, significa que más alta se encuentra la Da (Tabla 4-17).

#### **4.7.2 Componentes Principales**

El análisis de componentes principales (ACP) permitió establecer, con base en el porcentaje acumulado de los valores propios (Tabla 4-15), un total de cinco factores o componentes, los cuales permiten explicar el 75.60% de la variabilidad total de los diferentes tipos de suelos.

El primer factor permite explicar el 28.64% de la variabilidad y está conformado principalmente por las variables CIC con una correlación variable-Factor de 0.90, P (0.87), B (0.69), N (0.62), Ar (0.58) y K (0.58) (Tabla 4-16). Estas variables, están relacionadas con la disponibilidad de nutrientes para las plantas y buenas condiciones físicas para su establecimiento, demostrando ser estas características las que más varían dentro de los tipos de suelos muestreados.

El segundo factor permitió explicar el 22.59% de la variabilidad total y estuvo conformado principalmente por variables relacionadas como DMP (0.90), AE (0.87), Zn (0.78), AF (-0.70), Na (-0.66), MO (0.65). Las variables que más aportaron a la conformación del tercer factor, el cual permite explicar el 10.24% de la variabilidad total, fueron: pH (0.65) Mg (0.64), Ar (-0.58), A (0.56), Ca (0.54). El cuarto factor mostró un 7.49% de explicación de la variabilidad de la colección, estuvo conformado principalmente por las variables Al (-0.47) y AF (-0.46). Finalmente las variables que más aportaron para la conformación del quinto factor fueron N (0.55) y Ca (-0.47).

**Tabla 4-15:** Valores propios que explican la variabilidad de los tipos de suelo.

Numero	Valor Propio	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
1	7.4469	28.64	28.64
2	5.8724	22.59	51.23
3	2.6615	10.24	61.46
4	1.9465	7.49	68.95
5	1.7300	6.65	75.60
6	1.3795	5.31	80.91
7	0.9766	3.76	84.67
8	0.7554	2.91	87.57
9	0.6888	2.65	90.22
10	0.5392	2.07	92.29

**Tabla 4-16:** Correlación variable-factor sobre los cinco primeros componentes.

Label variable	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 4	Axis 5
pH	-0.01	-0.51	<b>0.65</b>	0.35	0.04
MO	0.53	<b>0.65</b>	0.21	-0.36	-0.07
N	0.62	-0.10	0.07	-0.35	<b>0.55</b>
P disponible	<b>0.87</b>	-0.05	0.01	0.20	0.22
Ca	0.48	-0.02	<b>0.54</b>	-0.26	<b>-0.47</b>
Mg	0.30	0.30	<b>0.64</b>	-0.18	0.12
K	0.56	0.14	-0.07	0.26	-0.10
Na	0.19	<b>-0.66</b>	0.48	-0.31	-0.21
Al	-0.39	0.64	0.02	<b>-0.47</b>	-0.25
CIC	<b>0.90</b>	-0.06	0.17	-0.16	-0.16
S	0.50	0.31	-0.28	0.14	-0.34
B	<b>0.69</b>	-0.23	0.08	0.34	-0.39
Cu	<b>-0.82</b>	-0.01	-0.06	-0.15	0.31
Zn	0.21	<b>0.78</b>	-0.15	0.12	-0.34
Mn	-0.44	0.38	0.35	-0.24	0.21
Fe	<b>-0.89</b>	0.27	-0.02	-0.14	0.01
Da	-0.58	-0.51	-0.13	0.38	-0.12
hum	0.23	0.61	-0.48	-0.07	-0.06
A	-0.53	0.42	<b>0.56</b>	0.34	0.00
Ar	0.58	-0.24	<b>-0.58</b>	-0.20	0.18
L	0.19	-0.52	-0.27	-0.41	-0.22
Color Seco	<b>-0.69</b>	0.04	-0.13	-0.19	-0.43
Color Húmedo	-0.61	-0.20	-0.05	0.06	-0.40
DMP	0.10	<b>0.90</b>	0.02	0.20	0.10
AF	-0.23	<b>-0.70</b>	-0.04	<b>-0.46</b>	-0.10
AE	-0.06	<b>0.87</b>	0.11	-0.12	-0.02



Tabla 4-17: Matriz de correlaciones.

	pH	MO	N	P	Ca	Mg	K	Na	Al	CIC	S	B	Cu	Zn	Mn	Fe	Da	%hum	A	Ar	L	RRTHs	RRTHh	DMP	AF	AE
pH	1.00																									
MO	-0.29	1.00																								
N	-0.01	0.33	1.00																							
P	0.07	0.35	<b>0.62</b>	1.00																						
Ca	0.28	<b>0.48</b>	0.16	0.25	1.00																					
Mg	0.16	<b>0.53</b>	0.21	0.22	0.40	1.00																				
K	0.03	0.39	0.17	0.38	0.23	0.11	1.00																			
Na	<b>0.43</b>	-0.12	0.19	0.13	<b>0.48</b>	0.23	-0.22	1.00																		
Al	<b>-0.47</b>	0.40	-0.25	<b>-0.49</b>	0.04	0.12	-0.20	-0.33	1.00																	
CIC	0.05	<b>0.52</b>	<b>0.55</b>	<b>0.71</b>	<b>0.60</b>	0.36	<b>0.42</b>	0.38	-0.32	1.00																
S	-0.33	0.36	0.13	<b>0.49</b>	0.12	0.01	0.17	-0.14	0.06	<b>0.41</b>	1.00															
B	0.20	0.08	0.20	<b>0.61</b>	0.38	0.05	0.40	0.33	<b>-0.48</b>	<b>0.69</b>	<b>0.55</b>	1.00														
Cu	-0.13	<b>-0.42</b>	-0.29	<b>-0.68</b>	<b>-0.53</b>	-0.17	<b>-0.52</b>	-0.18	0.32	<b>-0.77</b>	<b>-0.43</b>	<b>-0.68</b>	1.00													
Zn	<b>-0.44</b>	<b>0.49</b>	-0.10	0.13	0.12	0.10	0.13	<b>-0.49</b>	<b>0.46</b>	0.15	<b>0.64</b>	0.16	-0.31	1.00												
Mn	0.01	0.14	0.03	-0.38	-0.14	0.16	-0.36	-0.07	0.36	-0.30	-0.15	<b>-0.41</b>	0.36	0.16	1.00											
Fe	-0.12	-0.25	<b>-0.50</b>	<b>-0.79</b>	-0.41	-0.18	<b>-0.43</b>	-0.37	<b>0.61</b>	<b>-0.81</b>	-0.35	<b>-0.70</b>	<b>0.71</b>	0.06	<b>0.58</b>	1.00										
Da	0.38	<b>-0.79</b>	<b>-0.51</b>	-0.39	-0.32	<b>-0.46</b>	<b>-0.45</b>	0.04	-0.23	<b>-0.54</b>	-0.22	-0.15	0.37	-0.34	-0.07	0.38	1.00									
%hum	<b>-0.62</b>	<b>0.52</b>	-0.08	0.08	-0.15	0.12	<b>0.44</b>	<b>-0.57</b>	0.27	0.13	0.37	-0.07	-0.17	<b>0.44</b>	-0.05	-0.02	<b>-0.46</b>	1.00								
A	0.20	0.01	<b>-0.43</b>	-0.39	-0.10	0.25	-0.16	-0.21	0.36	<b>-0.46</b>	-0.19	-0.26	0.40	0.12	<b>0.47</b>	<b>0.51</b>	0.07	-0.09	1.00							
Ar	-0.32	0.09	<b>0.47</b>	<b>0.55</b>	-0.05	-0.16	0.13	0.11	<b>-0.43</b>	<b>0.45</b>	0.33	0.23	-0.40	-0.01	-0.35	<b>-0.54</b>	-0.18	0.25	<b>-0.86</b>	1.00						
L	0.06	-0.15	0.20	-0.07	0.22	-0.30	0.13	0.28	-0.11	0.26	-0.16	0.12	-0.19	-0.31	-0.38	-0.22	0.08	-0.15	<b>-0.69</b>	0.28	1.00					
RRTHs	-0.16	-0.26	<b>-0.64</b>	<b>-0.69</b>	-0.18	-0.28	-0.38	-0.02	<b>0.41</b>	<b>-0.52</b>	-0.24	-0.38	<b>0.42</b>	-0.02	0.24	<b>0.62</b>	0.32	0.02	0.25	-0.30	-0.08	1.00				
RRTHh	0.00	<b>-0.44</b>	<b>-0.55</b>	<b>-0.63</b>	-0.19	-0.29	-0.25	0.17	0.09	<b>-0.48</b>	-0.23	-0.20	0.39	-0.16	0.21	<b>0.44</b>	<b>0.46</b>	-0.19	0.22	-0.29	0.04	<b>0.50</b>	1.00			
DMP	-0.35	<b>0.52</b>	-0.04	0.07	0.00	0.24	0.16	<b>-0.64</b>	0.40	0.00	0.21	-0.16	-0.12	<b>0.72</b>	0.27	0.10	<b>-0.41</b>	<b>0.46</b>	0.33	-0.15	<b>-0.46</b>	-0.11	-0.23	1.00		
AF	0.17	<b>-0.42</b>	0.03	-0.20	-0.01	-0.21	-0.38	<b>0.52</b>	-0.08	-0.07	-0.18	-0.03	0.26	<b>-0.58</b>	-0.07	0.14	0.35	-0.37	-0.28	0.11	<b>0.41</b>	0.25	0.18	<b>-0.88</b>	1.00	
AE	-0.39	<b>0.52</b>	-0.06	-0.09	0.10	0.22	-0.13	<b>-0.50</b>	<b>0.63</b>	-0.03	0.21	-0.24	0.02	<b>0.69</b>	<b>0.46</b>	0.30	-0.38	0.35	0.36	-0.25	-0.39	0.07	-0.19	<b>0.86</b>	<b>-0.54</b>	1.00

### 4.7.3 Análisis Clúster

El análisis clúster, muestra que con los datos obtenidos en laboratorio se pueden formar tres grupos con los 11 tipos de suelos referenciados por los agricultores (Figura 4-8). El primer grupo, ubicado a la izquierda, contiene los suelos que por sus características fisicoquímicas son considerados de buena calidad, los cuales son los que los agricultores nombraron como tierra Negra y Arcillosa. Por su parte el segundo grupo, en el centro, están los suelos que el análisis estadístico estableció como de regular calidad, está constituido por suelos que los agricultores denominaron tierra Suelta, Vagón, Reseca y Terraza. El tercer grupo, a la derecha, lo conforman aquellos suelos que por sus características fisicoquímicas, el análisis estadístico los cataloga como suelos de mala calidad, en él se encuentran los denominados por los agricultores como tierra Bosque, Barrosa, Pedregosa, Amarilla y Filo.

De acuerdo con este análisis, la percepción de los suelos de buena calidad que los agricultores han construido, es decir las tierras Negra, Vagón, Suelta y Arcillosa, y los análisis fisicoquímicos efectuados, herramienta de uso común en la ciencia del suelo para caracterizar los suelos, no concuerdan completamente, pues de los cuatro tipos de suelos en esta categoría, según criterio de los agricultores, solo dos de ellos poseen esta categorización en el análisis clúster, tierra Negra y Arcillosa, mientras que los otros dos tipos de suelo, se encuentran en la categoría de tierras regulares, es decir hay una concordancia del 50% entre ambas formas de evaluar el suelo (Figura 4-8).

Los suelos que de acuerdo a los análisis fisicoquímicos y estadístico tipo clúster, son de buena calidad, se caracterizan por poseer los promedios más altos en comparación con el promedio total en variables relacionadas con suelos fértiles, como K, %hum, S, P, B, Zn, CIC, MO, Ar y DMP; por otro lado mostraron los menores promedios en algunas variables relacionadas con suelos degradados o de poca fertilidad como Na, RRTGs, Da, Mn, AF, Fe y Cu.

En la categoría de suelos de regular calidad, se encuentran suelos denominados por los agricultores como de buena calidad, tierras Negra y Suelta, y suelos identificados por los agricultores como de regular calidad, tierras Reseca y Terraza. Es decir, de acuerdo con las variables proporcionadas, estos suelos son similares desde el punto de vista estadístico y de análisis de la fertilidad de suelos (Figura 4-8).

Los suelos catalogados como de regular calidad, se caracterizan por tener promedios más altos que el total de los tipos de suelos analizados, en variables como Na, N, pH, Ca y AF, algunas de ellas importantes en la nutrición de las plantas, como lo son el N y el Ca, y la disponibilidad de nutrientes como el pH, por otro lado altos porcentajes en variables como los AF, pueden significar suelos con mala estructuración y posiblemente vulnerables ante procesos erosivos; por otro lado se destacan por poseer bajos promedios en variables como DMP y %hum, indicando mala estructuración y poca capacidad para retener la humedad en el suelo, lo que no favorece el establecimiento de las plantas y su correcto crecimiento, además de facilitar la erosión de estos suelos.

En la categoría de suelos de mala calidad, de acuerdo con los análisis efectuados, se encuentran la tierra Bosque, que a criterio de los agricultores, es un suelo de regular calidad, en esta categoría también se encuentran todos los suelos que los agricultores categorizaron como de mala calidad, las tierras Barrosa, Pedregosa, Amarilla y Filo (Figura 4-8).

Las principales características de los suelos en esta categoría son sus altos promedios en comparación el resto de tipos de suelos, en Fe, Cu y Mn, elementos que en altos niveles se relacionan con suelos poco fértiles, especialmente los altos contenidos de Fe, también altos porcentajes de Da, y color, tanto en húmedo como en seco, relacionada la primera con poca porosidad en suelo, compactación, y la segunda con colores claros, que reflejan también bajos contenidos de MO; por otro lado se caracterizan por sus bajos promedios en elementos importantes para el correcto desarrollo de las plantas como, P, N, Ca, K, igualmente bajo promedio en la CIC, y en los contenidos de Ar.

Aunque el ACP y posterior análisis Clúster, permiten hacer relaciones entre variables y catalogar en grupos los diferentes tipos de suelo, en él no se tuvieron en cuenta las exigencias de los cultivos sembrados en cada uno de los suelos, que puede ser un factor primordial en la percepción de los agricultores, al igual que tampoco se tuvo en cuenta factores biológicos, también importantes desde la percepción de los agricultores.

En la Tabla 4-18, se muestra la categorización realizada tanto por los agricultores, así como la establecida por el análisis Clúster, donde el número 1, corresponde a suelos de buena calidad, 2 a suelos de regular calidad y el 3 a suelos de mala calidad. De la Tabla 4-18 se extrae que la

categorización realizada con el análisis de suelos y posterior análisis estadístico tiene una relación del 72.73% con la categorización realizada por los agricultores.

**Tabla 4-18:** Diferencias entre la percepción de los agricultores y el análisis cluster.

<b>Nombre Tierra</b>	<b>Agricultores</b>	<b>ACP</b>
<b>1. Negra</b>	1	1
<b>2. Vagón</b>	1	2
<b>3. Suelta</b>	1	2
<b>4. Arcillosa</b>	1	1
<b>5. Terraza</b>	2	2
<b>6. Bosque</b>	2	3
<b>7. Reseca</b>	2	2
<b>8. Barrosa</b>	3	3
<b>9. Pedregosa</b>	3	3
<b>10. Amarilla</b>	3	3
<b>11. Filo</b>	3	3

El análisis Clúster y la percepción de los agricultores concuerdan para el grupo de suelos de buena calidad en un 50%; las diferencias entre el análisis estadístico y la percepción de los agricultores, se presenta en todas las categorías de suelos, pero especialmente marcada en suelos que pueden tener una buena calidad, con tendencia a la regular. Es decir las variables utilizadas en el análisis estadístico, permiten inferir que la percepción de los agricultores, tiende a categorizar de manera más acertada los extremos de suelos con mala calidad, pues coincidieron en un 100%, y es limitada en suelos de regular calidad, en la que concuerdan en un 66.67%.

De acuerdo con la Figura 4-8 y la Tabla 4-4, donde se detalla el uso del suelo, es posible establecer que la percepción de los agricultores es válida, para el caso específico de esta investigación, puesto que las valoraciones de los suelos investigados se basan en la respuesta que observan en sus cultivos. Resultados similares se han encontrado en estudios efectuados en el Departamento del Cauca por Cerón, C., (2001), y en suelos de México por Toledo, V., & Barrera- Bassols, N., (2008).

En los cuatro tipos de suelos identificados por los agricultores como de mala calidad y que corresponden con esta percepción en el análisis clúster, tierra Barrosa, Pedregosa, Amarilla y

Filo, se cultivan Café (*Coffea arabica L.*), asociado con otras plantas, como Chachafruto (*Erythrina edulis*) y Plátano (*Musa paradisiaca*), que son plantas referenciadas como micorrícicas obligadas, asociación que les permite ser más eficientes en la absorción de nutrientes en suelos deficientes (Bolaños, M., et al., 2000).

El Café (*Coffea arabica L.*) es un cultivo exigente en nutrientes, buena aireación, Da y Porosidad, baja incidencia en plagas y enfermedades, niveles freáticos fuera de la zona de crecimiento de las raíces de las plantas, entre otras (Bolaños et al., 2000), que llevan a mencionar a los agricultores que estos suelos tienen una mala calidad, expresando que no poseen la capacidad para soportar el cultivo, aunque posiblemente, con manejos más adecuados o la siembra de cultivos con baja exigencias, podrían tener mejores rendimientos y cambiar la percepción del agricultor, aunque debido a esta incertidumbre en su apreciación, también cultivan otras plantas que están más adaptadas a condiciones limitadas de nutrientes, como la Yuca (*Manihot esculenta*).

Por otro lado, el suelo denominado por los agricultores como tierra Bosque, y categorizado como un suelo regular, y que según el análisis clúster, es un suelo de mala calidad, clasificación que está sujeta a las variables fisicoquímicas suministradas, pues no se proporcionó información sobre diversidad de macro y microfauna, topografía, especies arbóreas y de sotobosque presentes, y otras características –que plantean interrogantes que deben ser respondidos mediante investigación– que tal vez representen mejor las observaciones de los agricultores.

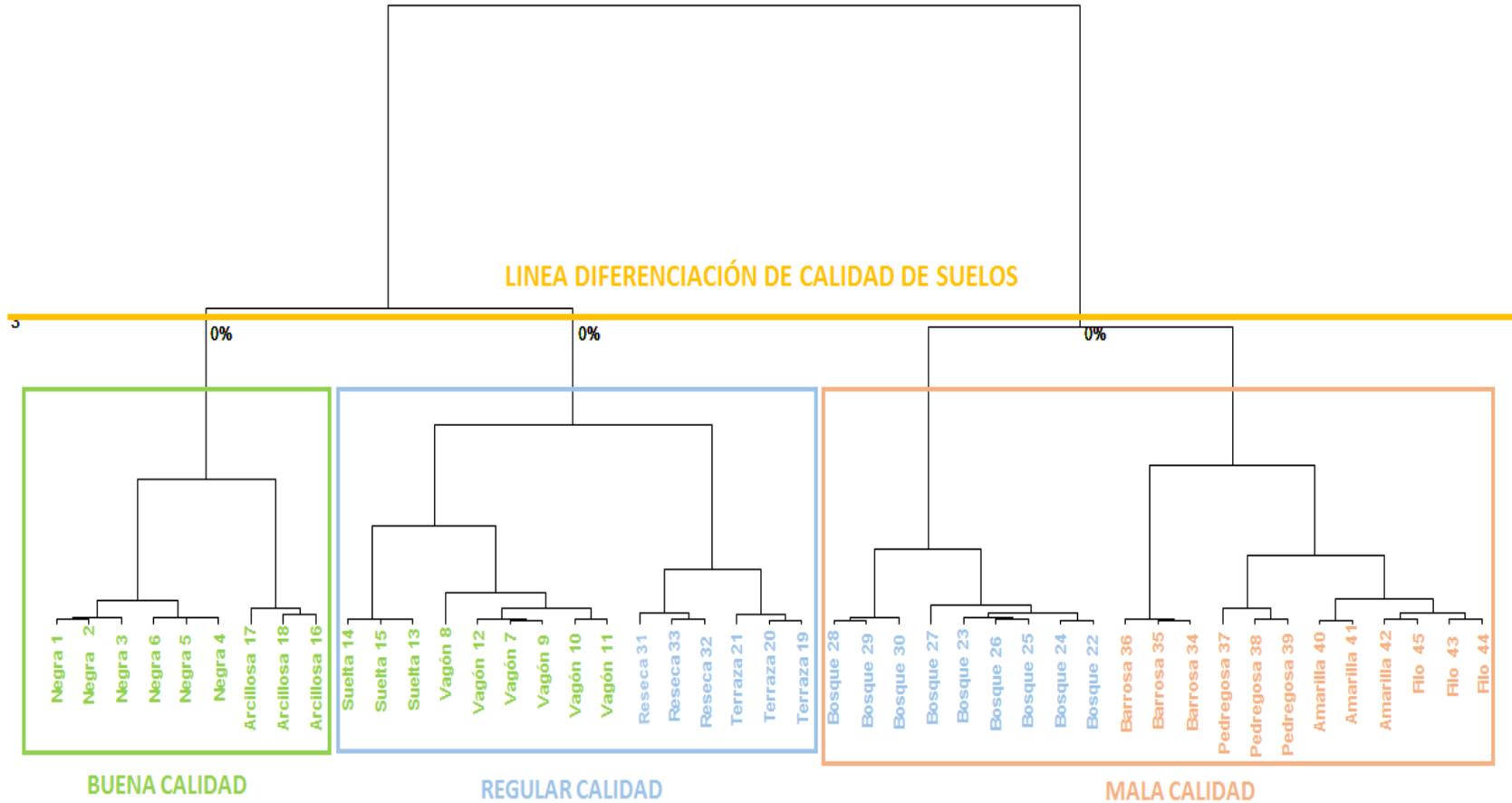
Esta categorización otorgada a la tierra Bosque, está enmarcada y es producto de diferentes percepciones y experiencias, más allá de variables fisicoquímicas, tiene en cuenta macro y microfauna, especies arbóreas, poca erosión del terreno, nacimiento de quebradas, regulación del entorno (ciclo del agua, drenaje, humedad), entre otras, que observan en estas zonas, y que además de tener similitudes con las que observan en suelos que consideran de buena calidad, les proporcionan servicios ecosistémicos importantes, como un regular suministro de agua, regocijo y bienestar, recolección de microorganismos para los abonos orgánicos, entre otras, y que se evidencian no solo en el dialogo, sino también en su propósito de protegerlas, a pesar de tener limitaciones productivas, bajo esta percepción las zonas de Bosques y Protección, que son en las que se encuentra la tierra Bosque, no pueden ser utilizadas para la agricultura.

Sin embargo, la caracterización fisicoquímica de suelos es un insumo importante en la evaluación de la calidad de suelos, pero es necesario complementarla con otras variables, biológicas y orográficas, para dar una estimación más cercana a la realidad.

En la Figura 4-8, Los cuadros verde, azul y rojo agrupan los suelos en las categorías de calidad, buena, regular y mala, respectivamente, de acuerdo con el análisis estadístico, mientras que el color del texto de los diferentes tipos de suelos dentro de los cuadros, verde, azul y rojo, corresponden a la categorización de buena, regular y mala calidad, realizada por los agricultores.

**Figura 4-8:** Conformación de categorías de calidad de suelos, basados en un análisis jerárquico de variables cuantitativas.

Hierarchical Cluster Analysis



## 5.Elementos de Discusión

En el proceso de diferenciación de suelos, que realizan los agricultores que hicieron parte de la investigación, está ligado el conocimiento del territorio, la actividad cotidiana, la experiencia práctica, con la construcción que emerge en el diálogo con su familia, vecinos y con la comunidad, además se comparte y se hereda entre generaciones (Toledo & Barrera-Bassols, 2008; Cerón, 2001).

Los agricultores consideran como suelos de buena calidad las que por sus condiciones orográficas conservan mejor el horizonte orgánico y capa vegetal, y que por tanto no requieren de una mayor aplicación de insumos externos. Bajo esta misma premisa, los agricultores califican los suelos de baja calidad al relacionarlos con la pérdida, por diversos factores erosivos, del horizonte orgánico, y que por tanto deben ser intervenidos fuerte y frecuentemente con insumos externos o directamente son destinados como zonas de barbecho y/o sucesión natural (Aguilera et al., 2014; Barajas, 2012; Alves et al., 2005; Barrera-Bassols & Zinck, 2003; Ericksen & Ardon, 2003).

Además, para los agricultores, los suelos de buena calidad, están relacionados principalmente con colores oscuros, textura arcillosa, conservan la humedad y tienen buena estructura (porosidad), variables relacionadas con los contenidos de MO, pero también con condiciones orográficas de poca pendiente, que permiten su conservación; por otra parte, los agricultores mencionan los suelos de mala calidad en situaciones de pendientes pronunciadas, y los análisis realizados en laboratorio demuestran que son bajos en contenidos de MO. Resultados que concuerdan con numerosas investigaciones realizadas en distintos lugares del mundo (Suliman, 2013, 2010; Vale *et al.*, 2011; Toledo & Barrera-Bassols, 2008; Cerón, 2001).

El conocimiento de los agricultores sobre los suelos de su territorio, se encuentra estrechamente relacionado con la caracterización realizada mediante herramientas de uso científico, para los suelos que ambos coinciden en denominar de mala calidad. Coinciden también en agrupar en otras categorías los suelos de mejor calidad, sin embargo, surgen discrepancias entre ambas apreciaciones, al momento de definir las categorías a las que pertenecen, debido a que se presenta una vaga relación entre lo que califican como suelos de regular y buena calidad.

La divergencia entre el conocimiento de los agricultores y ciencia del suelo, en cuanto a suelos calificados como de regular y buena calidad, en esta investigación, puede estar influenciada principalmente por el uso del suelo, el establecimiento de cultivos exigentes en nutrientes y condiciones físicas del suelo, como el café (*Coffea arabica L.*), a pesar de que cuenten con estrategias para afrontar estas deficiencias, no permite que se consigan buenos rendimientos. Igualmente estaría relacionada con variables que no se cuantificaron, que desde el conocimiento de los agricultores son importantes para calificar la calidad de los suelos, como microorganismos asociados, poblaciones de macroorganismos, plagas y enfermedades, entre otras.

Aunado a que la denominación de suelos de mala calidad, desde el conocimiento de los agricultores, tiene en cuenta situaciones relevantes, como la historia de las fincas, la cual contempla manejo, uso y periodo al que estuvieron sometidos los suelos en el pasado, la aplicación excesiva de agroquímicos, el sobrepastoreo, entre otras, que tuvieron lugar en suelos como la tierra Barrosa, cuyo uso fue sistemas pastoriles intensivos, al igual que las tierras Pedregosa y Amarilla, las cuales mantuvieron un cultivo convencional de café (*Coffea arabica L.*) con gran aplicación de agroquímicos por tres décadas, información que repercute en la percepción del agricultor, al tener la visión de que son suelos degradados, con carencias en cualidades importantes (fertilidad, micro y macroorganismos, entre otras), no aptos para soportar una alta variedad de cultivos, y por lo que el uso del suelo se centra en un número limitado de plantas que conocen pueden establecerse aún bajo estas limitaciones (Tabla 4-4).

Las principales variables que sustentan la calidad del suelo, desde la ciencia, además de las condiciones orográficas, son altos valores de CIC, P, N, DMP, %hum, bajos valores de Da, RRTH (color) tanto en húmedo como en seco, y pH, están relacionados estrecha y

fuertemente con los contenidos de MO, y al analizarlos corresponden con los aportados por los agricultores, localización (relieve), color, altos contenidos de humedad, buen grosor de la capa vegetal, altos rendimientos, fertilidad, calidad, altas poblaciones de macro y microorganismos, buen drenaje y textura, y baja incidencia de plagas y enfermedades, que como ya se mencionó coinciden con investigaciones previas (Suliman, 2013, 2010; Vale et al., 2011; Toledo & Barrera-Bassols, 2008; Cerón, 2001).



## **6. Conclusiones**

Las herramientas tecnológicas empleadas resultaron tener una alta aproximación (72.73%) con la categorización de calidad de suelos realizada por los agricultores de MERCOBUGA.

Los principales referentes de diferenciación de suelos que los agricultores de MERCOBUGA utilizan son: color, textura, fertilidad, calidad y productividad, que empleados junto con la información orográfica, les permiten construir las categorías de la calidad del suelo en su territorio.

Estos referentes utilizados por los agricultores coinciden y se integran principalmente con los contenidos de MO del suelo, a su vez, estrechamente relacionada con la Da, Ar, DMP, %hum, color y CIC, indicadores que pueden ser evaluados con las herramientas tecnológicas de uso frecuente en la investigación científica.



## **7.Recomendaciones**

Considerar la caracterización de los agroecosistemas, más que solo el suelo, para establecer mejores correspondencias entre la categorización realizada por los agricultores y la obtenida a través de la aplicación de metodologías de la ciencia del suelo.

Realizar investigaciones sobre los macro, meso y microorganismos presentes en los suelos referenciados por los agricultores, que ejerzan como bioindicadores de la calidad de los suelos.

Determinar si la categorización de suelos de buena, regular y mala calidad, puede ser usada para la planificación del territorio.

Evaluar las diferencias de conocimiento entre agricultores dedicados a la producción agroindustrial, monocultivos y compararlos con el conocimiento de agricultores ecológicos, y determinar cuál puede acercarse más a ser utilizado para la planificación del territorio.

Establecer investigaciones taxonómicas de los Bosques que se encuentran en los agroecosistemas de cada finca, que permitan una valoración de los servicios ecosistémicos que estos están brindando.



# A. Anexo: Análisis Estadístico

## Análisis de la varianza

### pH

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
pH	45	0,64	0,53	6,19

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6,69	10	0,67	6,03	<0,0001
tt	6,69	10	0,67	6,03	<0,0001
Error	3,77	34	0,11		
Total	10,46	44			

### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,86336

Error: 0,1110 gl: 34

tt	Medias	n	E.E.				
4	4,53	3	0,19	A			
8	4,71	3	0,19	A	B		
6	5,21	9	0,11	A	B	C	
3	5,33	3	0,19	A	B	C	D
1	5,35	6	0,14	A	B	C	D
11	5,43	3	0,19		B	C	D
2	5,57	6	0,14			C	D
10	5,65	3	0,19			C	D
9	5,72	3	0,19			C	D
5	5,78	3	0,19			C	D
7	6,11	3	0,19				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### MO

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
MO	45	0,87	0,83	15,59

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	178,05	10	17,81	22,11	<0,0001
tt	178,05	10	17,81	22,11	<0,0001
Error	27,38	34	0,81		
Total	205,43	44			

### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,32551

Error: 0,8053 gl: 34

tt	Medias	n	E.E.
----	--------	---	------

11	1,73	3	0,52	A					
10	3,12	3	0,52	A	B				
7	3,33	3	0,52	A	B				
9	3,66	3	0,52	A	B				
8	4,29	3	0,52		B	C			
5	4,75	3	0,52		B	C	D		
2	6,55	6	0,37			C	D	E	
3	6,76	3	0,52				D	E	
1	7,46	6	0,37					E	
6	7,63	9	0,30					E	
4	7,79	3	0,52					E	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

## N

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
N	45	0,88	0,84	21,46

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4,35	10	0,43	24,79	<0,0001
tt	4,35	10	0,43	24,79	<0,0001
Error	0,60	34	0,02		
Total	4,94	44			

### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,34322

Error: 0,0175 gl: 34

tt	Medias	n	E.E.						
9	0,17	3	0,08	A					
5	0,24	3	0,08	A	B				
11	0,32	3	0,08	A	B				
10	0,37	3	0,08	A	B	C			
6	0,49	9	0,04	A	B	C	D		
8	0,51	3	0,08	A	B	C	D		
4	0,55	3	0,08		B	C	D		
7	0,68	3	0,08			C	D	E	
1	0,78	6	0,05				D	E	
3	0,96	3	0,08					E	F
2	1,22	6	0,05						F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

## P

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
P	45	0,88	0,84	31,56

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	811,07	10	81,11	24,33	<0,0001
tt	811,07	10	81,11	24,33	<0,0001
Error	113,36	34	3,33		
Total	924,43	44			

### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=4,73203

Error: 3,3342 gl: 34

tt	Medias	n	E.E.	
10	1,00	3	1,05	A
8	1,37	3	1,05	A

6	1,94	9	0,61	A				
9	2,12	3	1,05	A				
11	2,62	3	1,05	A				
7	5,13	3	1,05	A	B			
5	5,38	3	1,05	A	B			
2	8,03	6	0,75		B	C		
4	10,49	3	1,05			C	D	
1	11,75	6	0,75			C	D	
3	13,29	3	1,05				D	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### Ca

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Ca	45	0,80	0,74	21,95

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	665,19	10	66,52	13,51	<0,0001
tt	665,19	10	66,52	13,51	<0,0001
Error	167,46	34	4,93		
Total	832,66	44			

### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=5,75135

Error: 4,9254 gl: 34

tt	Medias	n	E.E.	
8	3,63	3	1,28	A
11	3,95	3	1,28	A
10	4,09	3	1,28	A
9	4,33	3	1,28	A
1	11,33	6	0,91	B
2	11,47	6	0,91	B
3	11,87	3	1,28	B
4	11,95	3	1,28	B
6	12,28	9	0,74	B
7	13,54	3	1,28	B
5	15,86	3	1,28	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### Mg

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Mg	45	0,38	0,20	38,51

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	30,03	10	3,00	2,10	0,0525
tt	30,03	10	3,00	2,10	0,0525
Error	48,62	34	1,43		
Total	78,65	44			

### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=3,09891

Error: 1,4299 gl: 34

tt	Medias	n	E.E.	
8	1,66	3	0,69	A
9	1,85	3	0,69	A
11	1,93	3	0,69	A

10	2,14	3	0,69	A
7	2,56	3	0,69	A
4	3,04	3	0,69	A
1	3,34	6	0,49	A
2	3,69	6	0,49	A
3	3,71	3	0,69	A
5	3,91	3	0,69	A
6	3,91	9	0,40	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

## K

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
K	45	0,95	0,94	26,40

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	19,57	10	1,96	65,43	<0,0001
tt	19,57	10	1,96	65,43	<0,0001
Error	1,02	34	0,03		
Total	20,59	44			

### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,44819

Error: 0,0299 gl: 34

tt	Medias	n	E.E.			
11	0,12	3	0,10	A		
8	0,17	3	0,10	A	B	
3	0,17	3	0,10	A	B	
10	0,20	3	0,10	A	B	
2	0,36	6	0,07	A	B	
5	0,36	3	0,10	A	B	
9	0,41	3	0,10	A	B	
6	0,56	9	0,06	A	B	C
4	0,60	3	0,10		B	C
7	0,88	3	0,10			C
1	2,26	6	0,07			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

## Na

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Na	45	0,99	0,99	13,35

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2,87	10	0,29	331,18	<0,0001
tt	2,87	10	0,29	331,18	<0,0001
Error	0,03	34	8,7E-04		
Total	2,90	44			

### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,07632

Error: 0,0009 gl: 34

tt	Medias	n	E.E.			
11	0,04	3	0,02	A		
1	0,04	6	0,01	A		
4	0,05	3	0,02	A	B	
9	0,07	3	0,02	A	B	
10	0,08	3	0,02	A	B	

8	0,10	3	0,02	A	B		
3	0,11	3	0,02	A	B		
6	0,12	9	0,01		B		
7	0,47	3	0,02			C	
2	0,52	6	0,01			C	
5	0,92	3	0,02				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### AI

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
AI	45	0,99	0,98	12,71

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6,02	10	0,60	225,85	<0,0001
tt	6,02	10	0,60	225,85	<0,0001
Error	0,09	34	2,7E-03		
Total	6,11	44			

### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,13382

Error: 0,0027 gl: 34

tt	Medias	n	E.E.				
7	0,10	3	0,03	A			
5	0,10	3	0,03	A			
1	0,12	6	0,02	A			
3	0,13	3	0,03	A			
2	0,18	6	0,02	A			
9	0,19	3	0,03	A	B		
11	0,20	3	0,03	A	B		
10	0,32	3	0,03		B		
4	0,60	3	0,03			C	
8	0,65	3	0,03			C	
6	1,06	9	0,02				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### CIC

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
CIC	45	0,95	0,94	8,50

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3904,28	10	390,43	65,09	<0,0001
tt	3904,28	10	390,43	65,09	<0,0001
Error	203,93	34	6,00		
Total	4108,21	44			

### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=6,34679

Error: 5,9980 gl: 34

tt	Medias	n	E.E.				
11	8,37	3	1,41	A			
10	17,29	3	1,41		B		
9	19,67	3	1,41		B	C	
8	21,50	3	1,41		B	C	
6	23,70	9	0,82			C	
5	34,60	3	1,41				D

2	35,07	6	1,00	D
1	36,53	6	1,00	D
3	36,72	3	1,41	D
7	39,33	3	1,41	D
4	40,27	3	1,41	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

## S

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
S	45	0,92	0,90	12,02

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5353,14	10	535,31	40,97	<0,0001
tt	5353,14	10	535,31	40,97	<0,0001
Error	444,20	34	13,06		
Total	5797,34	44			

### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=9,36692

Error: 13,0646 gl: 34

tt	Medias	n	E.E.			
3	18,60	3	2,09	A		
10	19,71	3	2,09	A		
5	21,46	3	2,09	A		
11	24,63	3	2,09	A	B	
8	25,65	3	2,09	A	B	C
6	26,69	9	1,20	A	B	C
7	27,90	3	2,09	A	B	C
1	32,03	6	1,48		B	C
9	32,79	3	2,09		B	C
2	34,86	6	1,48			C
4	66,43	3	2,09			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

## B

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
B	45	0,96	0,95	8,84

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2,37	10	0,24	92,28	<0,0001
tt	2,37	10	0,24	92,28	<0,0001
Error	0,09	34	2,6E-03		
Total	2,46	44			

### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,13139

Error: 0,0026 gl: 34

tt	Medias	n	E.E.			
8	0,19	3	0,03	A		
11	0,35	3	0,03		B	
6	0,37	9	0,02		B	
3	0,42	3	0,03		B	
10	0,46	3	0,03		B	
9	0,62	3	0,03			C
2	0,66	6	0,02			C
5	0,69	3	0,03			C

1	0,72	6	0,02	C	
4	0,98	3	0,03		D
7	1,02	3	0,03		D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### Cu

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Cu	45	0,80	0,74	30,90

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	34,12	10	3,41	13,49	<0,0001
tt	34,12	10	3,41	13,49	<0,0001
Error	8,60	34	0,25		
Total	42,72	44			

### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,30315

Error: 0,2529 gl: 34

tt	Medias	n	E.E.					
4	0,28	3	0,29	A				
1	0,56	6	0,21	A	B			
5	1,08	3	0,29	A	B	C		
7	1,24	3	0,29	A	B	C		
3	1,24	3	0,29	A	B	C		
2	1,44	6	0,21	A	B	C	D	
9	1,74	3	0,29		B	C	D	
10	1,87	3	0,29			C	D	
6	2,18	9	0,17			C	D	
8	2,69	3	0,29				D	E
11	3,74	3	0,29					E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### Zn

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Zn	45	0,92	0,89	24,86

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	529,18	10	52,92	38,24	<0,0001
tt	529,18	10	52,92	38,24	<0,0001
Error	47,05	34	1,38		
Total	576,22	44			

### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=3,04842

Error: 1,3837 gl: 34

tt	Medias	n	E.E.					
7	0,90	3	0,68	A				
11	0,99	3	0,68	A				
5	1,01	3	0,68	A				
8	1,74	3	0,68	A	B			
2	2,32	6	0,48	A	B	C		
10	4,24	3	0,68		B	C	D	
1	5,00	6	0,48			C	D	
3	5,09	3	0,68			C	D	
6	7,01	9	0,39				D	

9	7,02	3	0,68	D
4	14,32	3	0,68	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Mn**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Mn	45	0,84	0,79	28,22

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	47030,12	10	4703,01	17,29	<0,0001
tt	47030,12	10	4703,01	17,29	<0,0001
Error	9248,3134	272,01			
Total	56278,43	44			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=42,74065**

Error: 272,0090 gl: 34

tt	Medias	n	E.E.				
4	18,69	3	9,52	A			
7	20,62	3	9,52	A			
1	25,41	6	6,73	A			
10	33,71	3	9,52	A			
5	34,35	3	9,52	A			
8	41,93	3	9,52	A	B		
11	43,29	3	9,52	A	B		
3	77,19	3	9,52		B	C	
2	77,68	6	6,73		B	C	
6	92,47	9	5,50			C	D
9	123,44	3	9,52				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Fe**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Fe	45	0,95	0,94	19,75

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	38090,25	10	3809,02	71,33	<0,0001
tt	38090,25	10	3809,02	71,33	<0,0001
Error	1815,5434	53,40			
Total	39905,78	44			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=18,93706**

Error: 53,3982 gl: 34

tt	Medias	n	E.E.				
4	2,22	3	4,22	A			
1	4,15	6	2,98	A			
5	9,81	3	4,22	A			
7	15,53	3	4,22	A			
2	16,13	6	2,98	A			
3	17,32	3	4,22	A			
10	51,46	3	4,22		B		
11	57,36	3	4,22		B	C	
8	69,35	3	4,22		B	C	D
6	70,42	9	2,44			C	D
9	79,99	3	4,22				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### Da

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Da	45	0,79	0,73	9,98

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,57	10	0,16	13,07	<0,0001
tt	1,57	10	0,16	13,07	<0,0001
Error	0,41	34	0,01		
Total	1,98	44			

### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,28385

Error: 0,0120 gl: 34

tt	Medias	n	E.E.				
1	0,89	6	0,04	A			
4	0,96	3	0,06	A	B		
6	0,96	9	0,04	A	B		
3	0,97	3	0,06	A	B		
2	0,99	6	0,04	A	B	C	
5	1,19	3	0,06		B	C	D
7	1,22	3	0,06		B	C	D
8	1,27	3	0,06			C	D
11	1,38	3	0,06				D
10	1,39	3	0,06				D
9	1,42	3	0,06				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### Arenas

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
A	45	0,69	0,60	20,79

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7420,8310		742,08	7,71	<0,0001
tt	7420,8310		742,08	7,71	<0,0001
Error	3272,6134		96,25		
Total	10693,44		44		

### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=25,42478

Error: 96,2533 gl: 34

tt	Medias	n	E.E.				
8	21,58	3	5,66	A			
4	35,04	3	5,66	A	B		
1	39,08	6	4,01	A	B	C	
5	39,36	3	5,66	A	B	C	
2	39,55	6	4,01	A	B	C	
3	40,83	3	5,66	A	B	C	
7	44,93	3	5,66	A	B	C	
10	54,17	3	5,66		B	C	
9	58,37	3	5,66		B	C	
11	63,50	3	5,66			C	
6	64,27	9	3,27			C	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Arcillas**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Ar	45	0,85	0,80	16,96

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4490,47	10	449,05	19,11	<0,0001
tt	4490,47	10	449,05	19,11	<0,0001
Error	799,10	34	23,50		
Total	5289,57	44			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=12,56349**

Error: 23,5029 gl: 34

tt	Medias	n	E.E.					
6	14,65	9	1,62	A				
7	19,95	3	2,80	A	B			
11	21,43	3	2,80	A	B			
10	21,50	3	2,80	A	B			
9	23,57	3	2,80	A	B	C		
5	31,74	3	2,80		B	C	D	
1	35,16	6	1,98			C	D	
2	36,63	6	1,98				D	
3	37,43	3	2,80				D	
4	42,03	3	2,80				D	
8	43,70	3	2,80				D	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )**Limos**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
L	45	0,46	0,30	27,86

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1302,35	10	130,24	2,91	0,0096
tt	1302,35	10	130,24	2,91	0,0096
Error	1519,23	34	44,68		
Total	2821,58	44			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=17,32295**

Error: 44,6832 gl: 34

tt	Medias	n	E.E.					
11	15,07	3	3,86	A				
9	18,07	3	3,86	A	B			
4	19,60	3	3,86	A	B			
6	21,08	9	2,23	A	B			
3	21,73	3	3,86	A	B			
2	23,83	6	2,73	A	B			
10	24,33	3	3,86	A	B			
1	25,76	6	2,73	A	B			
5	28,91	3	3,86	A	B			
8	34,73	3	3,86		B			
7	35,11	3	3,86		B			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**RRTHseco**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RRTHs	45	0,68	0,58	35,29

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2882,57	10	288,26	7,09	<0,0001
tt	2882,57	10	288,26	7,09	<0,0001
Error	1381,38	34	40,63		
Total	4263,95	44			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=16,51836**

Error: 40,6289 gl: 34

tt	Medias	n	E.E.			
2	8,33	6	2,60	A		
1	8,68	6	2,60	A		
3	10,28	3	3,68	A		
4	13,75	3	3,68	A	B	
7	15,21	3	3,68	A	B	C
10	16,87	3	3,68	A	B	C
11	20,45	3	3,68	A	B	C
6	24,11	9	2,12	A	B	C
5	26,90	3	3,68		B	C
9	29,92	3	3,68		B	C
8	31,19	3	3,68			C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )***RRTHhumedo**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RRTHh	45	0,59	0,47	45,48

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4974,91	10	497,49	4,96	0,0002
tt	4974,91	10	497,49	4,96	0,0002
Error	3413,09	34	100,38		
Total	8388,00	44			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=25,96473**

Error: 100,3849 gl: 34

tt	Medias	n	E.E.			
3	6,53	3	5,78	A		
4	11,32	3	5,78	A	B	
2	11,94	6	4,09	A	B	
1	14,05	6	4,09	A	B	
7	19,33	3	5,78	A	B	C
6	24,37	9	3,34	A	B	C
10	24,71	3	5,78	A	B	C
8	26,83	3	5,78	A	B	C
11	32,52	3	5,78		B	C
9	40,44	3	5,78			C
5	43,69	3	5,78			C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

**DMP**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
DMP	45	0,97	0,96	7,31

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4,09	10	0,41	101,05	<0,0001
tt	4,09	10	0,41	101,05	<0,0001
Error	0,14	34	4,1E-03		
Total	4,23	44			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,16495**

Error: 0,0041 gl: 34

tt	Medias	n	E.E.									
7	0,39	3	0,04	A								
8	0,45	3	0,04	A	B							
5	0,49	3	0,04	A	B							
2	0,59	6	0,03		B							
10	0,79	3	0,04				C					
11	0,84	3	0,04				C					
9	0,91	3	0,04				C	D				
1	1,01	6	0,03					D	E			
6	1,13	9	0,02						E	F		
4	1,25	3	0,04							F	G	
3	1,37	3	0,04								G	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )**AF**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
AF	45	0,94	0,92	15,88

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	9250,71	10	925,07	52,93	<0,0001
tt	9250,71	10	925,07	52,93	<0,0001
Error	594,19	34	17,48		
Total	9844,90	44			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=10,83360**

Error: 17,4762 gl: 34

tt	Medias	n	E.E.									
3	9,24	3	2,41	A								
1	9,37	6	1,71	A								
4	12,84	3	2,41	A	B							
6	20,79	9	1,39		B	C						
10	21,97	3	2,41		B	C						
11	23,95	3	2,41			C						
9	25,21	3	2,41			C						
5	36,19	3	2,41				D					
2	38,81	6	1,71				D	E				
7	49,05	3	2,41					E	F			
8	57,81	3	2,41						F	G		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**AE**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
AE	45	0,98	0,97	5,50

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	15161,95	10	1516,19	140,05	<0,0001
tt	15161,95	10	1516,19	140,05	<0,0001
Error	368,09	34	10,83		
Total	15530,04	44			

**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=8,52683**

Error: 10,8262 gl: 34

tt	Medias	n	E.E.			
5	36,29	3	1,90	A		
10	41,80	3	1,90	A	B	
7	42,83	3	1,90	A	B	
8	45,72	3	1,90		B	C
2	46,17	6	1,34		B	C
1	50,15	6	1,34		B	C
11	52,72	3	1,90			C
9	64,27	3	1,90			D
6	82,77	9	1,10			E
4	82,97	3	1,90			E
3	90,51	3	1,90			E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )**Análisis de Componentes Principales****Summary statistics of continuous variables**

Label variable	Count	Weight	Mean	Standard Deviation	Minimum	Maximum
pH	45	45.00	5.383	0.482	4.350	6.390
MO	45	45.00	5.754	2.137	1.210	10.560
N	45	45.00	0.617	0.331	0.140	1.290
P	45	45.00	4.681	2.863	0.870	10.650
Ca	45	45.00	10.955	3.275	4.960	19.410
Mg	45	45.00	3.105	1.322	1.150	7.330
K	45	45.00	0.655	0.676	0.080	2.700
Na	45	45.00	0.221	0.254	0.020	0.950
Al	45	45.00	0.406	0.369	0.070	1.170
CIC	45	45.00	28.803	9.555	6.810	43.300
S	45	45.00	30.068	11.350	17.490	70.710
B	45	45.00	0.574	0.234	0.160	1.120
Cu	45	45.00	1.627	0.974	0.150	4.560
Zn	45	45.00	4.732	3.578	0.380	16.720
Mn	45	45.00	58.453	35.364	12.490	137.120
Fe	45	45.00	36.991	29.779	0.440	100.010
Da	45	45.00	1.097	0.210	0.660	1.490
%hum	45	45.00	51.840	22.407	18.170	106.950
A	45	45.00	47.188	15.415	19.310	86.120
Ar	45	45.00	28.592	10.842	4.500	45.900

L	45	45.00	23.997	7.918	8.790	39.990
RRTHs	45	45.00	18.062	9.734	4.170	40.000
RRTHh	45	45.00	22.031	13.653	5.000	60.000
DMP	45	45.00	0.871	0.307	0.370	1.410
AF	45	45.00	26.333	14.791	2.640	62.080
AE	45	45.00	59.871	18.577	33.800	91.120

**Control panel of Eigenvalues**Trace of matrix: **26.0000**

Number	Eigenvalue	Percentage	Cumulated Percentage
1	7.4469	28.64	28.64
2	5.8724	22.59	51.23
3	2.6615	10.24	61.46
4	1.9465	7.49	68.95
5	1.7300	6.65	75.60
6	1.3795	5.31	80.91
7	0.9766	3.76	84.67
8	0.7554	2.91	87.57
9	0.6888	2.65	90.22
10	0.5392	2.07	92.29
11	0.4586	1.76	94.06
12	0.3140	1.21	95.27
13	0.2433	0.94	96.20
14	0.1913	0.74	96.94
15	0.1762	0.68	97.62
16	0.1333	0.51	98.13
17	0.1052	0.40	98.53
18	0.0989	0.38	98.91
19	0.0843	0.32	99.24
20	0.0568	0.22	99.46
21	0.0530	0.20	99.66
22	0.0377	0.14	99.80
23	0.0250	0.10	99.90
24	0.0138	0.05	99.95
25	0.0083	0.03	99.99
26	0.0036	0.01	100.00

**Anderson's Laplace intervals (Threshold: 0.95)**

Number	Lower limit	Eigenvalue	Upper limit
1	4.3351	7.4469	10.5588
2	3.4185	5.8724	8.3263
3	1.5493	2.6615	3.7736
4	1.1331	1.9465	2.7599
5	1.0071	1.7300	2.4529

Characterisation by continuous variables  
of clusters of  
CUT "a" OF THE TREE INTO 3 CLUSTERS  
CLUSTER 1 / 3 (Weight = 9.00  
Count = 9)

Characteristic variables	Cluster mean	Overall mean	Cluster Std. deviation	Overall Std. deviation	Test-value	Probability
K	1.709	0.655	0.804	0.676	5.17	0.000
%hum	79.799	51.840	15.129	22.407	4.14	0.000
S	43.497	30.068	17.058	11.350	3.92	0.000
P	7.773	4.681	1.327	2.863	3.58	0.000
B	0.806	0.574	0.136	0.234	3.29	0.001
Zn	8.107	4.732	4.620	3.578	3.13	0.001
CIC	37.778	28.803	2.650	9.555	3.12	0.001
MO	7.569	5.754	0.800	2.137	2.82	0.002
Ar	37.453	28.592	4.498	10.842	2.71	0.003
DMP	1.088	0.871	0.121	0.307	2.34	0.010
Na	0.042	0.221	0.015	0.254	-2.33	0.010
RRTHs	10.371	18.062	6.172	9.734	-2.62	0.004
Da	0.913	1.097	0.174	0.210	-2.91	0.002
Mn	23.168	58.453	7.482	35.364	-3.31	0.000
AF	10.529	26.333	3.145	14.791	-3.54	0.000
Fe	3.504	36.991	3.236	29.779	-3.73	0.000
Cu	0.463	1.627	0.393	0.974	-3.96	0.000

CLUSTER 2 / 3 (Weight = 15.00  
Count = 15)

Characteristic variables	Cluster mean	Overall mean	Cluster Std. deviation	Overall Std. deviation	Test-value	Probability
Na	0.507	0.221	0.259	0.254	5.29	0.000
CIC	36.157	28.803	2.856	9.555	3.61	0.000
N	0.863	0.617	0.382	0.331	3.47	0.000
pH	5.674	5.383	0.303	0.482	2.83	0.002
Ca	12.844	10.955	2.884	3.275	2.71	0.003
P	6.257	4.681	2.424	2.863	2.58	0.005
AF	34.421	26.333	14.306	14.791	2.56	0.005
B	0.690	0.574	0.197	0.234	2.33	0.010
DMP	0.685	0.871	0.360	0.307	-2.84	0.002
Zn	2.325	4.732	1.605	3.578	-3.15	0.001
Al	0.141	0.406	0.041	0.369	-3.38	0.000
Fe	14.983	36.991	4.048	29.779	-3.47	0.000
%hum	34.243	51.840	13.356	22.407	-3.68	0.000

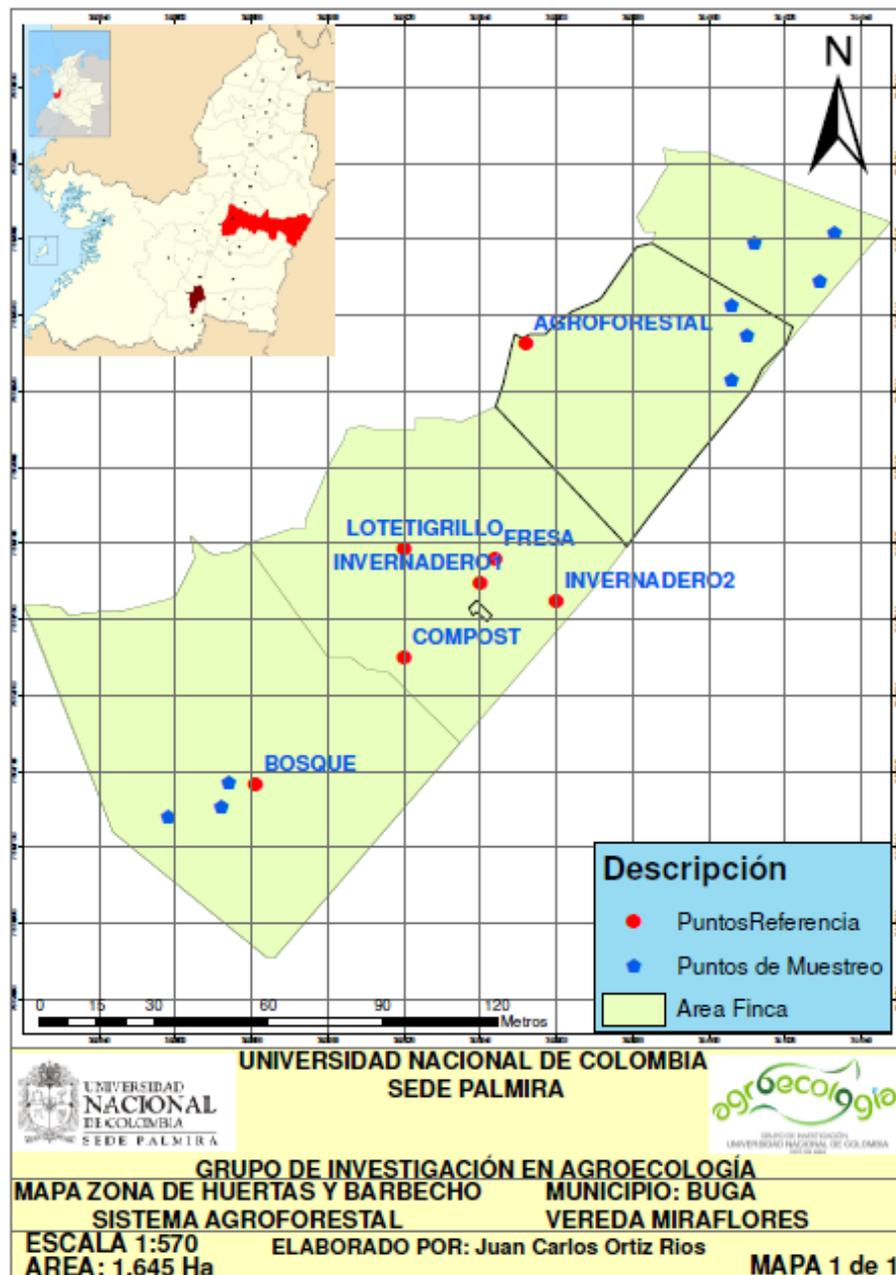
CLUSTER 3 / 3 (Weight = 21.00  
Count = 21)

Characteristic variables	Cluster mean	Overall mean	Cluster Std. deviation	Overall Std. deviation	Test-value	Probability
Fe	67.061	36.991	12.382	29.779	6.27	0.000
Cu	2.368	1.627	0.738	0.974	4.72	0.000
Al	0.649	0.406	0.389	0.369	4.09	0.000
RRTHs	24.395	18.062	7.104	9.734	4.04	0.000
A	55.773	47.188	18.323	15.415	3.46	0.000
Da	1.193	1.097	0.210	0.210	2.84	0.002
RRTHh	28.230	22.031	12.199	13.653	2.82	0.002

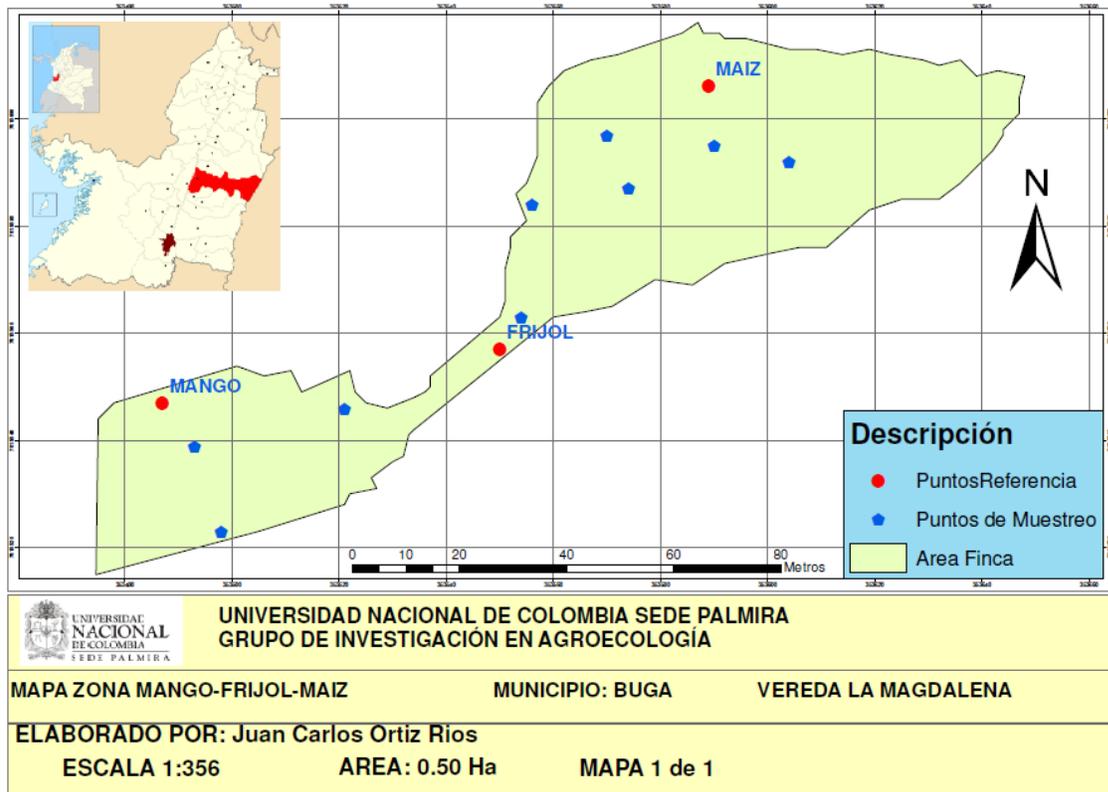
---

Mn	74.254	58.453	33.694	35.364	2.77	0.003
K	0.367	0.655	0.209	0.676	-2.64	0.004
Ca	9.357	10.955	2.854	3.275	-3.03	0.001
Na	0.092	0.221	0.036	0.254	-3.13	0.001
Ar	22.021	28.592	10.953	10.842	-3.76	0.000
N	0.407	0.617	0.187	0.331	-3.94	0.000
B	0.391	0.574	0.125	0.234	-4.84	0.000
P	2.229	4.681	0.855	2.863	-5.31	0.000
CIC	19.704	28.803	5.555	9.555	-5.91	0.000

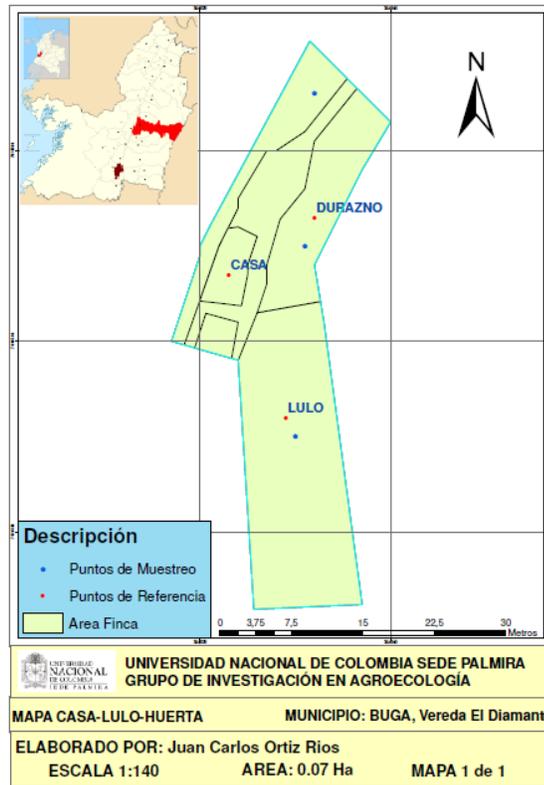
## B. Anexo: Mapas



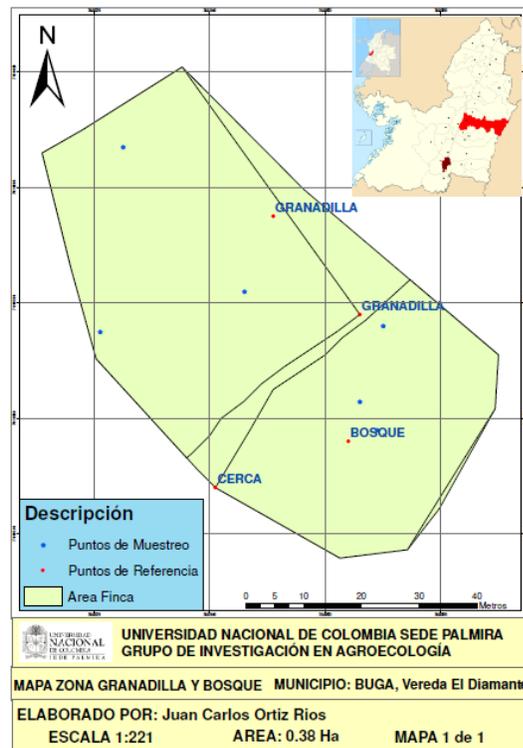
Mapa 1. Mapa de la Finca El Porvenir, vereda Miraflores.



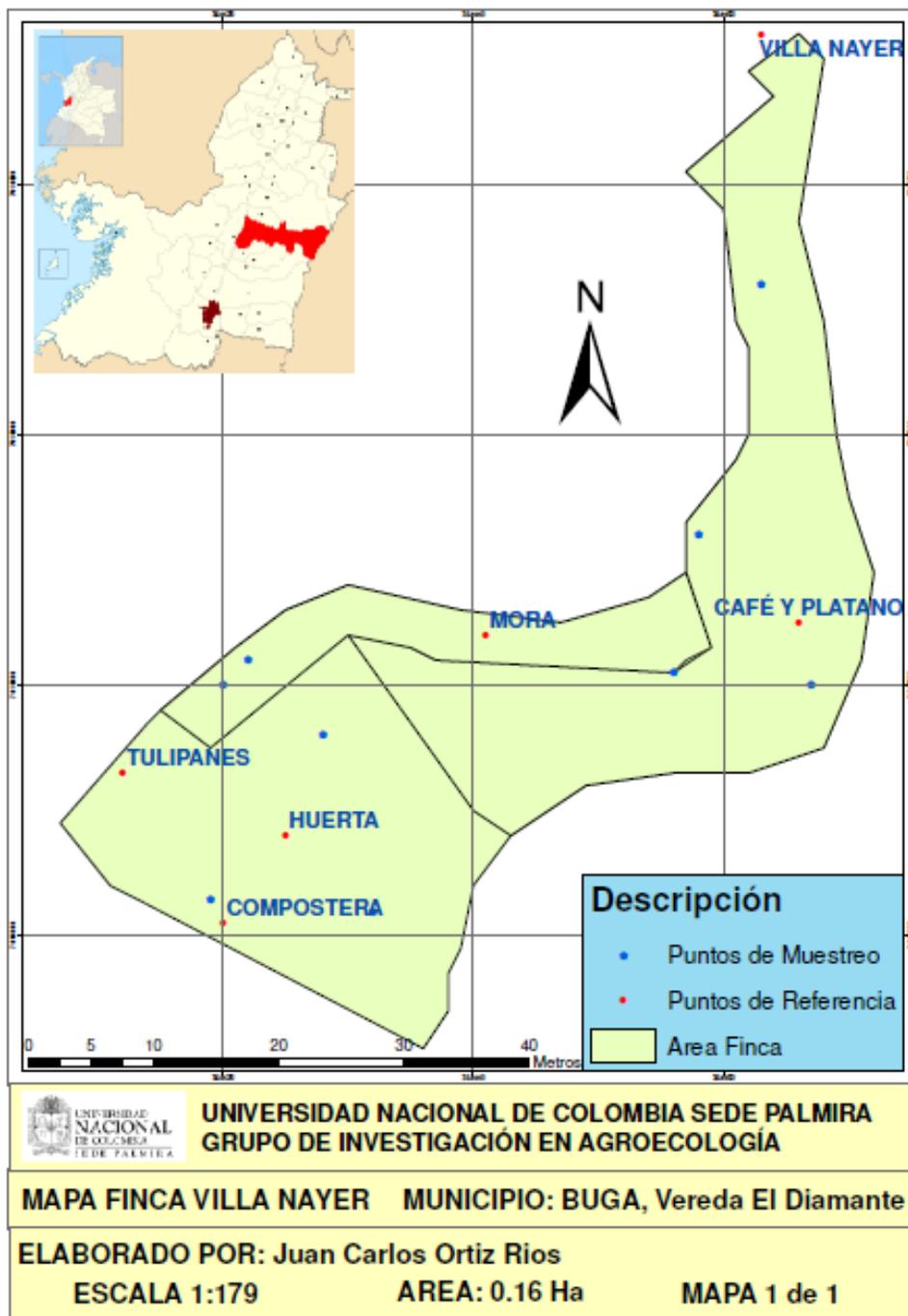
Mapa 2. Mapa de la Finca La Merced, vereda San Antonio.



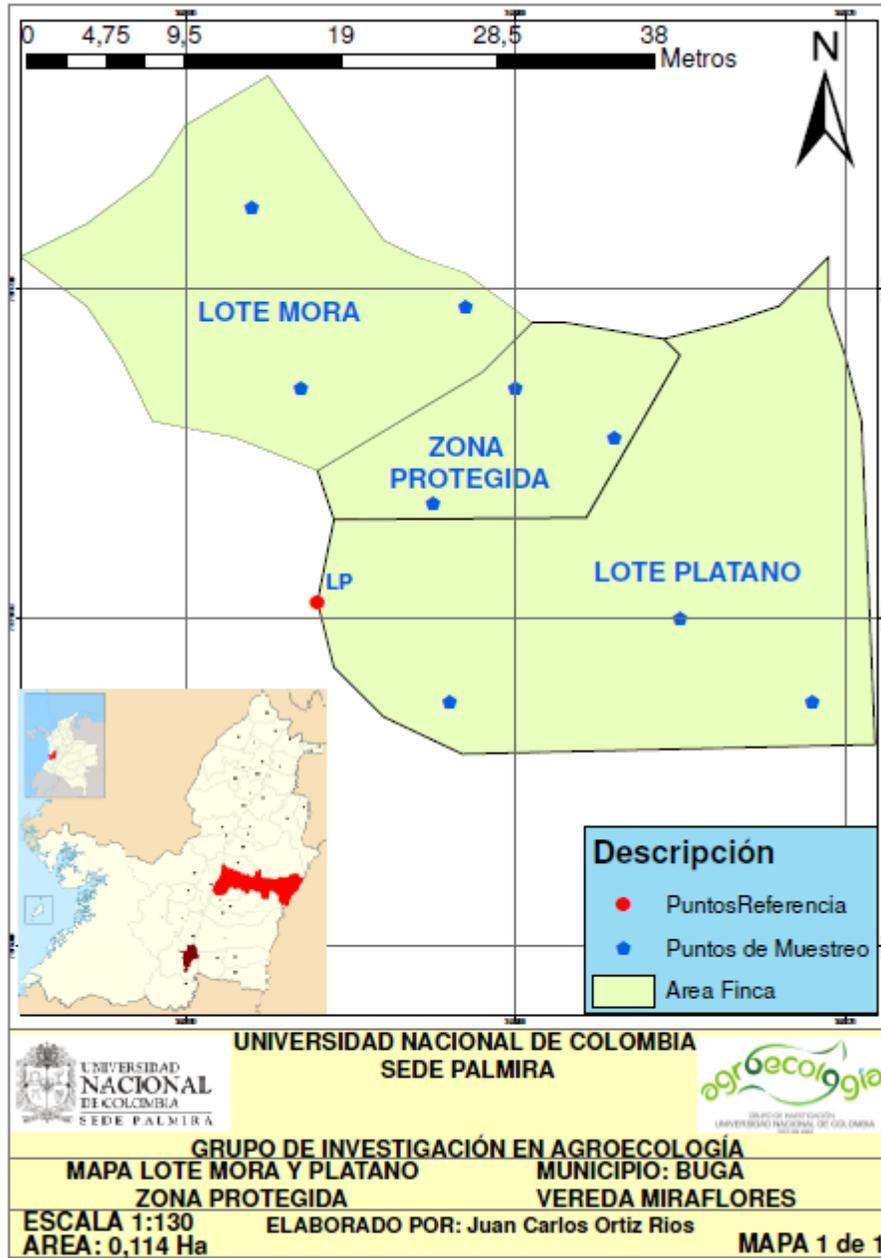
Mapa 3. Mapa Finca La Piragua, Zona 1, vereda El Diamante.



Mapa 4. Mapa de la Finca La Piragua, Zona 2, vereda El Diamante.



Mapa 5. Mapa de la Finca Villa Camila, vereda El Diamante.



Mapa 6. Mapa de la Finca La Camelia, vereda Miraflores.



## Bibliografía

Aguilera, E., Martínez, F., Deantonio, L., Hernández, G., Araujo, G., Ortiz, L., Rojas, E., Sánchez, D., Boshell, F. (2014). La construcción cartográfica como herramienta para la identificación de nichos productivos de bajo riesgo agroclimático. CORPOICA. En: IV seminario internacional y VIII simposio nacional de agroecología. Santa Rosa de Cabal, Risaralda, Colombia. 175p.

Alves, A., Marques, J., Queiroz, S., Silva, I., Ribeiro, M. (2005). Caracterização etnopedológica de Planossolos utilizados em cerâmica artesanal no agreste paraibano. Rev. Bras. Ci. Solo, Viçosa. v. 29. 379-388p.

Altieri, M. (1994). Bases agroecológicas para una producción agrícola sustentable. Agricultura Técnica. v. 54(4). 371-386p.

Altieri, M. (1999). Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable; New York: Nordan-Comunidad. 325p.

Altieri, M., y Nicholls, C. (2002). Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica). v. 64. 17-24p.

Andrews, S., Carroll, C. (2001). Designing a soil quality assessment tool for sustainable agroecosystem management. Ecological Applications. v. 11. 1573–1585p.

Barajas, A. (2012). Etnopedología en la reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo, municipio de La Huacana, Michoacán, México. Tesis de Pregrado, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. 58p.

Barber, S.A. (1995). Soil nutrient bioavailability; a mechanistic approach. John Wiley y Sons. New York. 414p.

Barrera-Bassols, N., & Zinck, J.A. (2003). Ethnopedology: a world view won the soil knowledge of local people. WINKLER PRINS, A.M.G.A & SANDOR, J.A., eds. Ethnopedology. Geoderna. v. 111. 171-195p.

Bolaños, M., Rivillas, C., Suarez, S. (2000). Identificación de micorrizas arbusculares en suelos de la zona cafetera Colombiana. Cenicafé. v. 51(4). 245-262p.

Campillo, R., & Sadzawka, A. (2006). La acidificación de los suelos. Origen y mecanismos involucrados. Manejo de los recursos naturales en el sistema de incentivos para la recuperación de suelos degradados de la Araucanía. Serie Actas. v. 38. 44-60p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Carillanca, Temuco, Chile. Recuperado de <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR33853.pdf>.

Cerón, C. (2001). Uso, manejo y clasificación local del suelo entre agricultores de la microcuenca Potrerillo, Cauca, Colombia. Tesis de Posgrado, Universidad Nacional de Colombia, Colombia. 120 p.

Cerón, L., Aristizábal, F. (2012). Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos. Artículo de revisión. Rev. Colomb. Biotecnol. v. 14(1). 285-295p.

Chavariaga, W. (2001). Interpretación del análisis de suelos. Universidad de Caldas. 35p.

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC). (2011). Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (POMCH) del Río Guadalajara. Dirección de Planeación. Recuperado de [http://www.cvc.gov.co/images/CVC/Gestion\\_Corporativa/Planes\\_y\\_Programas/Planes\\_de Ordenacion\\_y\\_Manejo\\_de\\_Cuencas\\_Hidrografica/Guadalajara/POMCH%20Guadalajara.pdf](http://www.cvc.gov.co/images/CVC/Gestion_Corporativa/Planes_y_Programas/Planes_de Ordenacion_y_Manejo_de_Cuencas_Hidrografica/Guadalajara/POMCH%20Guadalajara.pdf).

Daroub S., Snyder, G. (2007). The chemistry of plant nutrients in soil. Datnoff, L., Elmer, W., Huber, D. eds. Mineral nutrition and plant disease. EEUU, St. Paul, APS Press. 1-7p.

Ericksen, P. y Ardon, M. (2003). Similarities and differences between farmer and scientist views on soil quality issues in central Honduras. *Geoderma*. v. 111. 233-248p.

Fernández, L., Rojas, N., Roldan, T., Ramírez, M., Zegarra, H., Hernández, R., Reyes, J., Hernández, D., Arce, J. (2006). Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados. Instituto Mexicano del Petróleo (IMP). México, DF. 180p.

Ferraris, G. (2010). Micronutrientes en cultivos extensivos, necesidad actual o tecnología para el futuro? Desarrollo rural INTA E.E.A. Pergamino, Argentina. <http://www.profertilnutrientes.com.ar/images/archivos/559.pdf>.

Harris, J. (2003). Measurements of the soilmicrobial community for estimating the success of restoration. *European Journal of Soil Science*, 801–808p.

Hammond-Kosack, K., Jones, J. (2000). Response to plant pathogens. Buchannan, B., Gruissem, W., Jones, R. (Eds). *Biochemistry & Molecular Biology of Plants*. Rockville: American Society of Plant Physiologists. 1102-1156p.

Hernández, J. (2013). Edafología y Fertilidad. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente. Recuperado de [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/201612/Mod\\_EDAF\\_Y\\_FERT\\_2013.pdf](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/201612/Mod_EDAF_Y_FERT_2013.pdf).

ICA. (1992). Fertilización de diversos cultivos. Quinta aproximación. Manual de Asistencia Técnica N<sup>o</sup> 25, Centro de investigaciones, Tibaitatá, Bogotá. 64p.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2000). Los análisis físicos y químicos en la cartografía edafológica del INEGI: Guía normativo-metodológica. México. 37p.

Jaramillo, D. (2002). Introducción a la Ciencia del Suelo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Medellín, Colombia. 619p.

Juárez, M., Cerda, M., & Sánchez-Sánchez, A. (2007). Hierro en el sistema suelo-planta. Departamento Agroquímica y Bioquímica. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante. Recuperado de <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/HIERRO.pdf>.

Klingebiel, A.A. & Montgomery, P.H. (1961). Land capability classification. Washington: USDA. Agriculture Handbook. 210. 21p.

Le Bissonnais, Y., & Le Souder, C. (1995). Mesurer la stabilité structurale des sols pour évaluer leur sensibilité a la battance et a l'érosion. Etude et Gestion des Sols. v. 2(1). 43-56p.

Leyva, R., Baldaquín, P., Ruz, R., Ayala, Y., Pupo, F. (2010). Integración de saberes para la determinación de indicadores de calidad del suelo en la provincia de Las Tunas. OB ACTAF. Universidad de Las Tunas.

Macbeth Division of Kollmargen Instruments Corporation. (1994). Munsell Soil Color Charts. Munsell Color. Recuperado de <http://www.masterplan.southsuburbanairport.com/Environmental/pdf2/Part%20%20-%20References/Reference%2016%20Munsell%20Color%20Charts/MunsellColorChart.pdf>.

Malavolta, E. (2006). Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres. 638p.

Marschner, H. (2002). Mineral Nutrition of Higher Plants. Second Edition. Academic Press. London, United Kingdom. 889p.

Matos, L. (2008). Conhecimentos na análise de ambientes: A pedologia e o saber local em comunidade Quilombola do norte de Minas Gerais (Tese). Universidade Federal de Viçosa. Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas. Viçosa, Brasil.

Medina, M. (2015). Abecé de la reforma rural. {En línea}. {27 enero de 2016}. Disponible en: (<http://www.elespectador.com/noticias/economia/abece-de-reforma-rural-articulo-604774>)

Méndez, L. (2012). Aproximación al conocimiento Etnoedafológico cho'í en Huitiupán, Chiapas y Tacotalpa, Tabasco, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Intercultural del Estado de Tabasco.

Michelena, R., Irurtia, C., Eiza, M., Carfagno, P., Pirolo, T. 2010. Manual de procedimientos de análisis físico de suelos. Proyecto AEGA 224012. Castelar, Argentina. 10p.

Mora, D. (2014). Estudio de caso: Contribución de la red de mercados agroecológicos campesinos del Valle del Cauca, Colombia, a la soberanía y seguridad alimentaria de la región. 72p.

Navarro B., & Navarro G. (2003). Química agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Segunda edición. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 487p.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2016). Suelos ácidos. Recuperado de <http://www.fao.org/soils-portal/manejo-del-suelo/manejo-de-suelos-problematicos/suelos-acidos/es/>.

Ortiz-Solorio, C., & Gutiérrez Ma. del C. (1999). Evaluación taxonómica de sistemas locales de clasificación de tierras. Terra. v. 17(4). 277-286p.

Ortiz-Solorio, C., y Gutiérrez Ma. del C. (2001a). La etnoedafología en México una visión retrospectiva. Etnobiología. v. 1. 44-62p.

Ortiz-Solorio, C. y Gutiérrez Ma. del C. (2001b). Mexican ethnopedology: the experience in soil mapping. Academie Royale des Sciences d'Outre-mer. Bruselas. 107-136p.

---

Ortiz, M., y Borjas, B. (2008). La Investigación Acción Participativa: aporte de Fals Borda a la educación popular. *Espacio Abierto*. v. 17(4). 615-627p.

Oudewater N, Martin A (2003). Methods and issues in exploring local knowledge of soils. *Geoderma*. v. 111. 387-401p.

Palmer, C., Guerinot, M. (2009). Facing the challenges of Cu, Fe and Zn homeostasis in plants. *Nat. Chem. Biol.* v.5. 333-340p.

Paneque, V., Calaña, J., Calderón, M., Borges, Y., Hernández, T., Caruncho, M. (2010). Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). La Habana, Cuba. 160p.

Payton, R., Barr, J., Martin, A., Sillitoe, P., Deckers, J., Gowing, J., Hatibu, N., Naseem, S., Tenywa, M., Zuberi, M. (2003). Contrasting approaches to integrating indigenous knowledge about soils and scientific soil survey in East Africa and Bangladesh. *Goderma*. v. 111. 355-386p.

Pinton, R. (2009). The rhizosphere: management of soil plant interaction for a sustainable agriculture. Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali. Università degli Studi di Udine. 76p.

Quintero, R. (1995). Fertilización y nutrición. CENICAÑA. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia, Cali, CENICAÑA. 153-177p.

Ramírez, F., Hernández, A., Ávila, C., Retureta, A. (2008). Clasificación de suelos en el sistema Zoque-Popoluca en Veracruz, México. *Sociedades rurales, producción y medio ambiente*. v. 8(16). 51-76p.

Reyes, I., (2013). La micorriza arbuscular (MA) centro de la rizosfera: comunidad microbiológica dinámica del suelo. Recuperado de <https://www.engormix.com/MA-agricultura/articulos/micorriza-arbuscular-centro-rizosfera-t4638/p0.htm# = .>

Ribeiro, H. (2009). Contribuição da etnopedologia no planejamento da ocupação e uso do solo em assentamentos rurais (Tese). Universidade Federal de Viçosa. Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de plantas. Viçosa, Brasil.

Rodríguez, M., & Morales V. (2005). Toxicidad por manganeso en huertas de mango en Venezuela. Recuperado de <http://nla.ipni.net/article/NLA-3075>.

Sánchez, P., Ortiz, C., Gutiérrez Ma. Del C., Gómez, J. (2002). Clasificación campesina de tierras y su relación con la producción de caña de azúcar en el sur de Veracruz. Terra. v. 20. 359-369p.

Schmidt, W.; Bartels, M. (1997). Topography of the NADH-linked ferri-chelate (turbo) reductase in plasma membrane from *Plantago* roots. Abstracts of the IX International Symposium on iron nutrition and interactions in plants. University of Hoheneim. Stuttgart. Germany. 58p.

Suliman, S. (2010). Qualidade do solo: Construindo o conhecimento em propriedades agrícolas familiares produtoras de fumo orgânico (Tese). Universidade Federal de Pelotas. Programa de Pós-graduação em Agronomia, Área de Concentração: Solos. Pelotas, Brasil.

Suliman, S. (2013). Capacidade de Uso das Terras: analogias e contradições entre o conhecimento acadêmico e o não acadêmico em áreas de agricultura familiar de base ecológica (Tese). Universidade Federal de Pelotas. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Programa de Pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Pelotas, Brasil.

Thompson, J.A., & Bell, J.C., (1996). Color index for identifying hydric conditions for seasonally saturated mollisols in Minnesota. Soil Science Society of America Journal. v. 60. 1979-1988p.

Toledo, V. (2000). Indigenous knowledge on soils: an ethnoecological conceptualization. Barrera-Bassols, N., & Zink J.A. Ethnopedology in a worldwide perspective: An annotated bibliography. Netherlands: ITC. 1-9p.

Toledo, V., Barrera-Bassols, N. (2008). La Memoria Biocultural: La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales. Barcelona. Icaria editorial. 227p.

Toledo, V., Alarcón, P. (2012). La Etnoecología hoy: Panorama, avances y desafíos. Etnoecología. v. 9(1). 1-16p.

Vale, J., Leitão, M., Ramos, P., Lima, D. (2011). Solos da Amazônia: etnopedologia e desenvolvimento sustentável. Agroambiente. v. 5(2). 158-165p.

Vázquez, M. (2006). Micronutrientes en la agricultura. AACs, Argentina. 79-111p.

Vázquez, M. (2008). Preguntas y respuestas sobre Agricultura Sostenible. Una contribución a la transformación de los sistemas agrícolas sobre bases agroecológicas. 21 p.

Vélez, I., Rativa, S., Varela, D. (2012). Cartografía social como metodología participativa y colaborativa de investigación en el territorio afrodescendiente de la cuenca alta del río Cauca. Cuadernos de Geografía. v. 21 (2). 59-73p.

Winklerprins, A.M.G.A. (1999). Local soil knowledge: a tool for sustainable land management. Soc. Nat. Res. v. 12. 151-161p.

Winklerprins, A.M.G.A., & Barrera-Bassols, N. (2004). Latin American ethnopedology: a vision of its past, present, and future. Agriculture and Human Values, v. 21. 139-156p.

Yamada, T. (2000). Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas? POTAFOS: Informações Agronômicas. v. 90. 8-13p.

Zagal, E., Sadzawka, A. (2007). Protocolo de métodos de análisis de suelos y lodos. Comisión de normalización y acreditación de la sociedad chilena de la ciencia del suelo, servicio agrícola y ganadero. Chile. 103p.